



Рис. 7. Небольшая гибкая система. Усовершенствованный монитор кислорода включает цветной сенсорный экран-контроль. Прибор поддерживает регистрацию данных и сертификацию сварных швов. Показания точны до 10 промилле

Заключение. Основным преимуществом 3D печати является то, что она открывает возможности для производства изделий со сложным дизайном, в противном случае это не может быть практичным или экономичным решением. С точки зрения применений для WAAM и DMLS/DMEBS сварочная версия наиболее подходит для более тяжелых и крупных продуктов, в то время как по-

рошковая альтернатива лучше всего применяется там, где изделия небольшие и сложные по форме.

Многие сплавы должны быть защищены от загрязнения во время операции сварки. Формирование оксидов металлов может снизить коррозионную стойкость и повлиять на механические свойства. Использование эффективной бескислородной среды инертного газа имеет важное значение.

Список литературы

1. Cancer patient receives first 3D printed sternum and rib cage. Orthopaedics and Spine, July 2017.
2. Direct metal laser sintering, Bertol et al, Materials & Design, 2010.
3. Laser-Based Additive Manufacturing Processes. Woodhead Publishing, 2018.
4. World's first class approved 3D printed propeller. International Institute of Marine Surveying, May 2017.
5. Design for Wire and Arc Additive Layer Manufacture. Mehnen et al. 20th CIRP Design Conference, Nantes April 2010.
6. Wire & Arc Additive Manufacturing. Williams et al, Materials Science & Technology 2016 Vol 32.
7. Williams S. WAAM Current and Future Developments. Additive Manufacturing for Aerospace, Defence and Space conference. London, March 2016.
8. Damen shipyards release further details about world's first 3D printed propeller. 3D Printing Industry. September 2017.
9. Wire+arc additive manufacturing vs. traditional machining from solid: a cost comparison. Martina F.
10. Huntingdon Fusion Techniques Ltd, UK.

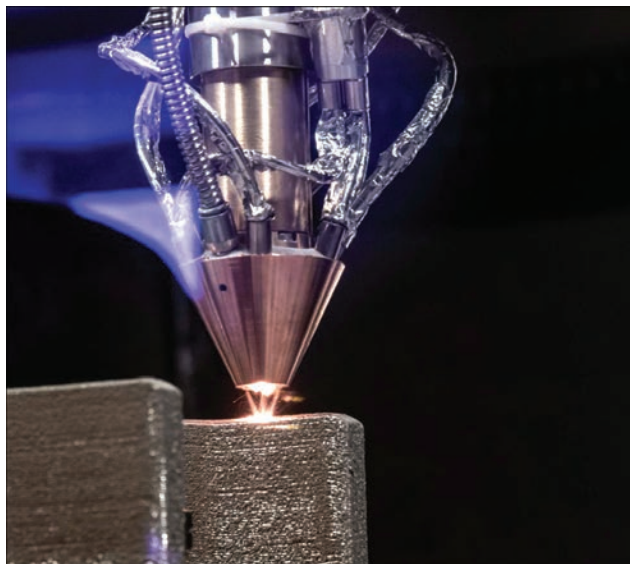
М. Флетчер (по материалам «White Paper»)

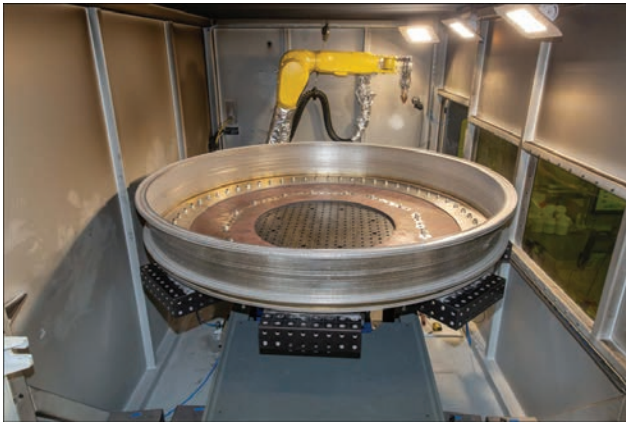
НОВЫЙ ПРОЕКТ В ОБЛАСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С апреля 2017 г. Санкт-Петербургский государственный морской технический университет является головным исполнителем в России крупного комплексного проекта в сфере аддитивных технологий — «Создание производства точных крупногабаритных заготовок из высокопрочных и жаростойких сплавов на основе гибридных ми-

крометаллургических процессов формообразования для перспективных двигателей авиационно-космической, наземной и морской техники».

Для создания высокотехнологичного производства в СПбГМТУ разрабатывается технологический процесс прямого лазерного выращивания точных титановых заготовок с размером до 2,1 м.





Также проектом предусмотрены: разработка, изготовление и ввод в эксплуатацию на площадке предприятия–партнера технологической установки прямого лазерного выращивания.

В настоящее время в Институте лазерных и сварочных технологий СПбГМТУ изготовлена и испытывается уникальная, не имеющая аналогов роботизированная установка прямого лазерного выращивания крупногабаритных заготовок. Двухкоординатный рабочий стол грузоподъемностью 1,5 тыс. кг позволяет обрабатывать изделия диаметром более 2 м.

Технологический инструмент перемещается с помощью шестиосевого промышленного робота-манипулятора. Для увеличения досягаемости робот установлен на дополнительную линейную ось. Таким образом, кинематическая схема установки имеет девять синхронно управляемых осей, что обеспечивает возможность выращивания изделий сложной пространственной конфигурации.

Герметичная камера позволяет создать контролируемую рабочую атмосферу с содержанием кислорода менее 100 ppm. Система подачи порошка имеет 2 колбы объемом по 5 л и обеспечивает расход порошка до 5 кг/ч. При этом встроенный функционал позволяет контролировать количество порошка в колбе, информировать оператора о необходимости загрузки порошка, а также переключать подачу порошка с колбы на колбу в автоматическом режиме по заданному алгоритму. На данный момент это самая крупногабаритная машина в линейке аддитивных установок, разработанных в СПбГМТУ.

После проведения предварительных испытаний установка будет передана предприятию-заказчику. Пуско-наладочные работы на территории заказчика запланированы на май 2019 г. В настоящее время организовано обучение специалистов заказчика.

Иллюстративным фрагментом результатов этого проекта является получение заготовки внеш-

него кольца авиационного двигателя, изготавливаемого из отечественного титанового сплава. Максимальный диаметр заготовки превышает 2 м, масса достигает 80 кг.

В ходе предварительных испытаний технологического процесса прямого лазерного выращивания был изготовлен первый опытный образец данной детали. Это, без преувеличения, уникальный опыт (не только российский, но и мировой).

Изготовлению этого образца предшествовали полномасштабные всесторонние теоретические и экспериментальные исследования: были разработаны математические модели процесса, проведено большое количество металлографических исследований, томографии и рентгенографии образцов, механических испытаний, определены оптимальные режимы и стратегии выращивания, изготовлено несколько макетов.

Разработка технологии шла совместно с разработкой технологической установки. Таким образом, технологические особенности учитывались при проектировании оборудования, а технические характеристики оборудования учитывались при разработке технологии.

В ходе выращивания опытного образца было применено несколько новых технических решений, которые в настоящее время находятся в стадии правовой защиты. Например, выращивание горизонтальным лазерным лучом, использование «динамической» подложки для борьбы с образованием трещин, технологические приемы увеличения производительности процесса, прогнозирование термических деформаций и их учет в технологической модели изделия при генерации управляющей программы для обеспечения требуемой точности построения.

Внедрение технологии прямого лазерного выращивания позволяет значительно снизить производственную себестоимость изготовления деталей такого класса за счет снижения временных затрат (выращивание заняло чуть больше 130 ч), повышения коэффициента использования материала, снижения затрат на последующую механическую обработку.

При этом механические свойства выращенного материала не уступают металлопрокату и значительно превосходят свойства литья, что подтверждено результатами механических испытаний, проводимых как в лабораториях университета, так и в лабораториях организаций-партнеров, а также в независимых лабораториях, включая Центральную заводскую лабораторию.

Реализация проекта рассчитана на срок до декабря 2019 г.

А. Бутенин, пресс-секретарь СПбГМТУ