



Научноёмкие технологии в машиностроении. 2022. №8 (134). С. 27-30.
Science intensive technologies in mechanical engineering. 2022. №8 (134). P. 27-30.

Научная статья
УДК 621.373.826
doi: 10.30987/2223-4608-2022-8-27-30

Современные проблемы развития аддитивных технологий в машиностроении

Александр Григорьевич Григорьянц¹, д.т.н.,
Александр Васильевич Лутченко², руководитель комплекса
¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия
²Курчатовский институт, г. Москва, Россия
¹mt12@bmstu.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
²Lutchenko_AV@nrcki.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Аннотация. Рассмотрены основные этапы развития технологий аддитивного производства в МГТУ им. Н.Э. Баумана, отражающие становление этого прогрессивного технологического процесса в России. Представлена необходимость серийного производства отечественных установок.

Ключевые слова: аддитивная технология, стереолитография, послойное порошковое выращивание, лазерные комплексы

Для цитирования: Григорьянц А.Г., Лутченко А.В. Современные проблемы развития аддитивных технологий в машиностроении // Научноёмкие технологии в машиностроении. – 2022. – №8 (134). – С. 27-30.
doi: 10.30987/2223-4608-2022-8-27-30

Original article

Modern problems of technological development of additive techniques in mechanical engineering

Alexander G. Grigoryants¹, Dr. Sc. Tech.,
Alexander V. Lutchenko², head of the complex
¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia
²Kurchatov Institute, Moscow, Russia
¹mt12@bmstu.ru
²Lutchenko_AV@nrcki.ru

Abstract. The main stages of the development of additive manufacturing technologies at Bauman Moscow State Technical University, reflecting the formation of this progressive manufacturing activity in Russia, are viewed. The need for mass production of domestic installations is demonstrated.

Keywords: additive technique, stereolithography (SLA), layer powdery growth, laser complexes

For citation: Grigoryants A.G., Lutchenko A.V. Modern problems of technological development of additive techniques in mechanical engineering. / Science intensive technologies in Mechanical Engineering, 2022, no.8 (134), pp. 27-30.
doi: 10.30987/2223-4608-2022-8-27-30

В 1990-х г.г. прошлого века на кафедре «Лазерные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана начало развиваться новое научно-практическое направление – трёхмерное изготовление деталей с помощью лазерного излучения, которое в настоящее время называется аддитивные технологии. Эти технологии предполагают формирование детали путём последовательного «наращивания» материала слой за слоем. Данные технологии являются высокоинновационными по своей сути, поскольку сами позволяют генерировать новые технологии, в частности изготовление деталей из новых композиционных материалов, интерметаллидов, керамики и т.д. в различных сочетаниях, обеспечивающих качественно новый уровень свойств. Разработка этих методов предусматривает целый комплекс исследований как в области металлургии и технологий, так и в части разработки оборудования и программного обеспечения.

Одной из первых работ в этом направлении явилось создание установок и разработка технологии выращивания деталей методом лазерной стереолитографии. На кафедре была создана принципиально новая установка, которая защищена соответствующими патентами. Совместно с институтом физической химии РАН разработана фотополимеризующая перспективная композиция, которая также защищена патентом. Лазерная стереолитография позволяет получать высокоточные пластиковые модели путём отверждения жидких фотополимеров лазерным излучением. В последующем полученная пластиковая деталь может быть использована по назначению, либо использоваться в качестве выплавляемой модели для изготовления металлической детали [1].

Большим шагом вперёд в развитии научных исследований, обучении студентов и подготовки высококвалифицированных кадров на кафедре явилась разработка аддитивных технологий выращивания деталей из металлических порошков. Эти технологии начали осваиваться в мире сравнительно недавно, в начале XXI века. На кафедре развиваются два основных направления в аддитивной технологии – это коаксиальное лазерное плавление (КЛП) и селективное лазерное плавление (СЛП).

В установке КЛП выращивание каждого плоского слоя, на которое «разбивается» конструкция любой сложной объёмной детали,

осуществляется подачей порошка коаксиально, т.е. соосно лазерному излучению. В качестве научных направлений этого процесса исследованы газодинамические потоки порошков и газов при вылете из сопла, а также их взаимодействие с подложкой. На этой основе созданы оптимальные конструкции сопел и установлены научно-обоснованные технологические режимы выращивания деталей из различных материалов.

Весьма перспективной представляется возможность создания нового композиционного материала из стали с добавлением карбида титана. Получить такой композит литейной технологией невозможно, так как титан не смешивается со сталью. Традиционно композиционные материалы данного типа получают методом порошковой металлургии. Однако при этом существует ряд технологических ограничений по составу материала, по форме образца, по его свариваемости и др. То есть такой порошковый композиционный материал не обладает полностью свойствами конструкционного материала.

На кафедре были получены детали из нового композиционного материала, состоящего из порошков стали и карбида титана, КЛП – технологией. Как показали металлографические исследования и механические испытания, материал имеет изотропные свойства, пределы текучести и прочности, твёрдость не уступающую стали, но имеет сниженную массу на 20...40 %. Является перспективным в качестве замены традиционных сталей для деталей специального назначения в авиационной промышленности, работающих в условиях интенсивного износа при повышенных температурах.

Для реализации технологии КЛП в отечественной практике разработан, изготовлен и введён в эксплуатацию комплекс прямого выращивания деталей из порошковых материалов методом послойной лазерной наплавки. Комплекс имеет механизмы вращения и перемещения, обеспечивающие 5D технологию выращивания детали в любом пространственном положении. Комплекс оснащён лазером со средней выходной мощностью 3,0 кВт, размер лазерного пятна может изменяться от 300 до 3000 мкм. Размер выращиваемых деталей 400×400×400 мм, максимальный вес до 500 кг, скорость перемещения по осям до 40,0 м/мин.

Для постоянного контроля параметров процесса комплекс оснащён датчиками слежения и системами обратной связи, благодаря чему достигается высокая точность и воспроизводимость операций. Для подготовки технологического процесса и управления комплексом создано специальное программное обеспечение. Таким образом, в современных терминах это полностью цифровая технология, осуществляемая без управления оператором.

В настоящее время наибольшее распространение получила аддитивная технология СЛП. В установках СЛП порошок насыпается на поверхность и затем расплавляется лазерным лучом. На кафедре была разработана и изготовлена установка СЛП-110. Размер изготавливаемых деталей 110×110×110 мм. Установка имеет герметичную камеру с контролируемой атмосферой в процессе выращивания и систему удаления из камеры побочных продуктов плавления. Минимальная толщина единичного слоя составляет 20 мкм. Перемещение кинематических систем, ножей и зеркал полностью синхронизировано и вся система обладает высокой надёжностью и стабильностью. Программное обеспечение позволяет программировать технологический процесс на стадии обработки трёхмерной модели детали, использовать различные алгоритмы технологических приёмов выращивания, проводить эмуляцию всего процесса.

Последующее усовершенствование этого комплекса осуществлено в установке СЛП-250 с увеличенными размерами камеры и изготавливаемых деталей 250×250×300 мм и целым рядом других новаций. Установка СЛП-250 в течение нескольких последних лет успешно используется для промышленного производства на одном из передовых машиностроительных предприятий страны. На кафедре отработаны полностью автоматизированные технологические процессы производства сложных изделий из коррозионностойких и инструментальных сталей, алюминиевых, никелевых, титановых, медных сплавов, композиций кобальта и хрома [3].

На кафедре был спроектирован и изготовлен оригинальный многоцелевой лазерный комплекс с автоматической сменой технологических оптических головок для обработки деталей с помощью различных технологий (резка; сварка; наплавка; аддитивная технология; термообработка). Для

всех технологических процессов используется один источник лазерного излучения мощностью 3,0 кВт. С помощью специального захвата «рука» робота берёт со стойки требуемую оптическую головку и переносит её к месту обработки. Гибкость настройки и возможность использования лазерного излучения с различными технологическими головками позволяют организовать быструю переналадку и высокое качество обработки для широкого ряда материалов. Автоматическая система на основе программного обеспечения позволяет получить высокую воспроизводимость процесса и упростить систематизацию широкой номенклатуры изделий. Эта установка передана в эксплуатацию на ведущее машиностроительное предприятие страны.

Для практической реализации разработок кафедры в МГТУ им. Н.Э. Баумана создано малое инновационное предприятие «Московский центр лазерных технологий» (МЦЛТ). Предприятие является научно-инжиниринговым центром, аккумулирующим последние достижения в области лазерной техники и технологии. Центр является разработчиком множества технологических процессов обработки материалов. Проводятся исследования для конкретных технологических запросов предприятий, подбираются и изготавливаются лазерные комплексы и установки на заказ, осуществляется подготовка и переподготовка инженеров высшей квалификации и операторов для последующей их работы на производстве заказчика. В основе деятельности Центра многочисленные научные и технологические разработки кафедры – более 100 полученных патентов и авторских свидетельств, а также интеллектуальный потенциал профессорско-преподавательского состава кафедры. Сотрудниками Центра являются преподаватели кафедры, аспиранты, инженеры и студенты [2].

В МГТУ им. Н.Э. Баумана на нашей кафедре впервые в стране открыта новая учебная специальность для подготовки инженеров – «Аддитивные технологии». Накопленный кафедрой потенциал в разработке техники и технологии аддитивного производства позволил разработать учебный план, учебные программы, лабораторные работы и создать условия для подготовки инженеров по новому научному направлению.

Разработанные образовательные программы по лазерной обработке и по аддитивному производству вошли в Государственный

образовательный стандарт по подготовке дипломированных специалистов, бакалавров и магистров. По этим образовательным программам уже более 20 лет проводится обучение в 23 вузах страны.

Сотрудники кафедры опубликовали свыше тысячи статей в стране и за рубежом по лазерной технике и технологии. Заметным вкладом в теорию и практику лазерной обработки, стали опубликованные порядка 30 монографий и учебных пособий государственного издания, в том числе переведённые на английский и китайский языки и изданные за рубежом. За 40 лет работы на кафедре подготовлено 5 докторов наук и 72 кандидата наук.

Сотрудники кафедры удостоены высоких Государственных наград: премий Ленинского комсомола, Государственная премия СССР, премии Правительства РФ в области науки и в области образования.

В настоящее время кафедра «Лазерные технологии в машиностроении» – это коллектив высококвалифицированных специалистов, способных осуществлять на высоком уровне подготовку бакалавров, инженеров, магистров и выполнять научные исследования и новые разработки лазерной техники и технологии. Изготавливаются усовершенствованные комплексы селективного лазерного плавления и проводится подготовка к серийному производству этих лазерных комплексов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьянц, А.Г., Шиганов, И.Н., Мисюров, А.И. Технологические процессы лазерной обработки. Учебное пособие для вузов. / Под редакцией А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.

2. Григорьянц, А.Г. Научная школа на кафедре «Лазерные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сборник статей // Технология машиностроения, 2011. – № 11. – С. 5-73.

3. Григорьянц, А.Г., Шиганов, И.Н., Мисюров, А.И. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении: Учебное пособие: Под редакцией А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 278 с.

4. Grigoryants, A.G., Kazaryan, M.A., Lyabin, N.A. Laser Precision Misprocessing of Materials, CRS Press, Boca Raton, London, New-York. – 2019, 427 p.

REFERENCES

1. Grigoryants A.G., Shiganov I.N., Misyurov A.I. Technological features of laser processing / Textbook for universities. Edited by A.G. Grigoryants. – M.: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2006. – 664 p.

2. Grigoryants A.G. Scientific school at the Department of «Laser technologies in Mechanical Engineering» of Bauman Moscow State Technical University / Collection of articles // Technology of Mechanical Engineering, 2011. - No. 11. – pp. 5-73.

3. Grigoryants A.G., Shiganov I.N., Misyurov A.I. Laser additive technologies in mechanical engineering: Textbook: Edited by A.G. Grigoryants/M.: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2018 – 278 p.

4. Grigoryants A.G., Kazaryan M.A., Lyabin N.A. Laser Precision Misprocessing of Materials, CRS Press, Boca Raton, London, New-York. – 2019, 427p.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.05.2022; одобрена после рецензирования 27.05.2022; принята к публикации 30.05.2022.

The article was submitted 17.05.2022; approved after reviewing 27.05.2022; assepted for publication 30.05.2022.