
СТРАТЕГИИ И ИННОВАЦИИ

УДК 339 JEL L61 O14 O33

DOI 10.26425/1816-4277-2018-3-28-32

Антропова Марина Юрьевна
аспирант, ФГБОУ ВО «Государственный
университет управления», Москва
e-mail: marinaantropova-inime@mail.ru

РАЗВИТИЕ МИРОВОГО РЫНКА НИКЕЛЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Цель исследования – выявление методов применения аддитивных технологий (англ. *additive manufacturing, AM*) на основе порошковой металлургии. Рассмотрены технологии 3D-печати на основе металлопорошков при помощи AM-машин с применением никеля. Дано теоретическое обоснование основных перспективных направлений использования технологий искусственного интеллекта в металлургии. Предложено совершенствовать методы стандартизации исходных материалов для аддитивных технологий в металлургии. Проанализированы современные тенденции развития мировой экономики, которые указывают на трансформацию мирового рынка никеля под влиянием инновационных технологий.
Ключевые слова: искусственный интеллект, аддитивные технологии, порошковая металлургия, 3D-принтеры, никель.

Antropova Marina
Postgraduate student, State University
of Management, Moscow
e-mail: marinaantropova-inime@mail.ru

DEVELOPMENT OF THE WORLD NICKEL MARKET UNDER THE INFLUENCE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Abstract. The aim of the study is to identify methods of application of additive technologies based on powder metallurgy. The technologies of 3D printing based on metal powders with AM-machines (additive manufacturing) with nickel are discussed. The theoretical substantiation of the main perspective directions of using of artificial intelligence technologies in metallurgy has been made. It is proposed to develop methods for standardization of raw materials for additive technologies in metals. The modern tendencies of the world economy development which indicate the transformation of the world nickel market under the influence of innovative technologies has been analyzed.
Keywords: artificial intelligence, the technology of additive manufacturing, powder metallurgy, 3D printers, nickel.

Инициатива по цифровой повестке в сфере промышленности в рамках Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС) основывается на мировом опыте цифровой трансформации промышленности, в частности, по аналогии с различными инициативами интеграционных объединений, к примеру, Европейского союза (далее – ЕС) и крупных зарубежных транснациональных корпораций (далее – ТНК) [8]. Первыми проектами цифровой трансформации промышленности в рамках ЕАЭС являются аддитивное производство (англ. *additive fabrication, additive manufacturing*; далее – АМ) и 3D-принтеры, которые находят свое применение в металлургической отрасли. В ряде стран мира также были приняты цифровые стратегии: «Цифровая Европа 2020» (ЕС), «Индустрия 4.0» (Германия), «Интернет плюс» (Китай). Также крупные ТНК, такие как General Electric, Intel, SAP реализуют стратегии развития в концепции «Индустрия 4.0», «Интернет плюс» [6].

Анализ мирового опыта цифровой трансформации промышленности показывает, что основными идеологиями в данном направлении стали такие концепции, как «Индустрия 4.0» (Industry 4.0), «Умное производство» (Smart Manufacturing), «Цифровое производство» (Digital Manufacturing), «Открытое производство» (Open Manufacturing) [6]. Выделяют такие основные технологические тренды в сфере цифровой трансформации промышленности как: технологии индустриального Интернета вещей; внедрение робототехники; облачные технологии; создание единой информационной системы от оборудования до министерства; технологии больших данных для формирования аналитики; безбумажные технологии (переход на электронный документооборот); применение инженерного программного обеспечения для проектирования моделей от зарождения идеи до эксплуатации;

применение аддитивных технологий, 3D-печати; применение сервисов по автоматической поставке сырья и готовой продукции; применение беспилотных технологий в транспортных системах; применение мобильных технологий для мониторинга процессов на производстве; реализация промышленных товаров через Интернет [6; 8].

Широкое развитие технологий искусственного интеллекта в настоящее время связано с четвертой промышленной революцией, которая оказывает влияние на мировое хозяйство в целом, в том числе и на металлургию [5; 11]. Металлургические компании активно внедряют информационные системы, направленные на повышение эффективности производства. С помощью новых технологий производства можно рассчитать, например, отклонения от нормы расходов материала или общее количество потребляемого сырья.

Распространение технологий 3D-печати находит свое применение в развитых странах мира, но на данное время не может полностью конкурировать с традиционными методами обработки металлов в силу высокой стоимости металлических порошков, требований к диаметру используемых частиц, ожидаемого качества готовой продукции. Аддитивные технологии стремительно развиваются, заставляя двигаться вперед порошковую металлургию [3]. Поэтому она непрерывно эволюционирует наряду с другими отраслями промышленности. Появляются как крупные, так и малые заводы, связывающие свою деятельность с применением в производстве технологий искусственного интеллекта. Аддитивные технологии (АМ) все больше внедряют в производство металлургических компаний, развивается порошковая металлургия при участии АМ-машин [1].

Аддитивный метод отличается от традиционного послойным построением модели. Для этого каждый слой материала изделия закрепляется после предыдущего и соединяется между собой путем спекания, полимеризации или плавления. Концепция существования и применения аддитивных технологий строится на цифровых технологиях, где основную роль играет построение компьютерной модели изготавливаемого изделия (САД-модель; англ. computer aided design – система автоматизированного проектирования) [1]. Все стадии получения изделия из необходимого материала находятся в единой технологической цепочке и реализуются последовательно от зарождения идеи до получения готовой продукции.

В настоящее время все больше внедряются технологии печатания изделий из металла при помощи 3D-принтеров на основе 3D-моделей [10]. Особо ускоренными темпами развивается порошковая металлургия, где одним из основных используемых металлов является никель. Сами порошки представляют собой шаровидные сыпучие материалы из металла диаметром частиц до 1 мм. Строгих и общих требований к металлическим порошкам нет, однако компании-производители АМ-машин заранее заявляют перечень материалов, с которыми будут работать. Это связано с тем, что разные машины предназначены для порошков определенного состава. Величина диаметра частиц, предполагаемых для использования, также влияет на работу АМ-машин.

Никель является одним из основных компонентов, используемых в порошковой металлургии. С его помощью создаются порошки с применением других металлов (медь, титан и др.), необходимых для получения определенного эффекта. Компании стараются закупать порошок у одного производителя, поскольку никто не гарантирует что приобретя материал одного производителя и добавив к этому количеству такой же материал другого производителя в конечном итоге получится изделие одинакового качества. На наш взгляд, необходимо совершенствовать методы по стандартизации исходных материалов для аддитивных технологий в металлургии. К примеру, в США существует специальный институт – National Institute of Standards and Technology (NIST), контролирующий ключевые аспекты стандартизации использования материалов в аддитивных технологиях [3].

Выделяют общие требования к металлическим порошкам: шаровидная форма композитного материала, необходимого для использования при помощи аддитивных технологий. В таком случае частицы более плотно прилегают друг к другу, а в процессе сцепляются с минимальным сопротивлением. Также существует общее требование к машинам, используемым для работы с металлическими порошками: соблюдение техники безопасности, наличие противопожарной системы и системы предупреждения возгораний [7].

В основном АМ-машины для порошковых металлов основаны на процессах лазерного синтеза. Лазер сплавляет частицы порошка друг с другом, формируя тело детали. Очевидно, что чем меньше размер диаметра используемых частиц, тем лучше произойдет сцепление. При работе лазера, однако, используется большой одномоментный объем энергии, металл плавится, кипит, частицы расплава разбрызгиваются, материал частично портится. Со стороны это выглядит как образование искр. Если используемый порошок слишком мелкий (например, диаметром менее 10 мкм), то при работе лазера некоторые частицы будут вылетать, что приведет к появлению шероховатости детали.

Учитывается и тот момент, что при плавлении лазером некоторые частицы вылетают и могут сцепиться с уже сплавленными участками поверхности детали, внутри камеры, где происходит работа, создается направленный поток воздуха, похожий на ветер. С его помощью, частицы, вылетающие при работе лазера, сдуваются в сторону.

Изделия из металлических порошков применяют в мировой энергетике, авиа- и судостроении, военной, космической индустрии. Например, что касается никелевых порошков, то его компоненты находят свое применение в производстве магнитов (Al-Ni-Co), режущих инструментов (Cu-Mn-Ni), сплавах для пайки (Ni-Ti-Si-B), структурных компонентах и покрытиях (Ni-алюмиды), катализаторах (Ni-Ce), порошках для плазменного напыления (Ni-Cr-Fe-Si-B), антикоррозионных покрытиях (Ni-Cr-Mo-B), топливных элементах (Ni-лантаноиды), МИМ-технологиях (англ. metal injection molding – инжекционный метод литья металла) (нержавеющая сталь 304/316) [1; 2].

На мировом рынке аддитивных технологий происходят существенные изменения. В частности, наблюдается процесс кооперации: происходит слияние и поглощение компаний-производителей АМ-машин. По всему миру образуется сеть оказания услуг на глобальном уровне, ввиду объединения центров оказания услуг в области аддитивных технологий. Изменения связаны также и с процессом специализации, когда компании развивают наиболее конкурентоспособные направления, сворачивая свой бизнес в малопродуктивных для них областях. Аналогичные процессы наблюдаются также в сфере разработки, производства и поставок модельных материалов. Отдельные компании-производители металлических порошков уже выделяют в отдельный сегмент производство металлопорошков для аддитивных технологий (например, Sandvik Osprey, LPW Technology, Raymor Industries Inc.).

Говоря о производстве российских металлических порошков для аддитивных технологий, следует отметить, что лишь их малая часть производится в России, а большая закупается за рубежом, что наглядно подтверждает неразвитость отечественного рынка аддитивных технологий.

Автоматизация и роботизация производства расширяют свой спектр действий, но на современном этапе не обойтись и без участия человеческого фактора. Представляется возможным заменить человека в работе с опасными операциями, которые будут делать роботы, так как требования к технике безопасности и здоровья персонала на металлургических предприятиях весьма высоки. Все также будут востребованы инженеры-металлурги, но со знанием не только теоретических основ процесса, но и четким пониманием бизнес-системы, а также инженеры-программисты – создатели искусственного интеллекта, который будет управлять всеми процессами идеального завода. Материаловедение как фундаментальное знание будет переходить на глобальную интернет-платформу так же, как и трейдинг, управление поставками, финансами. Необходимо отметить, что службы персонала не только не теряют своей значимости, но, напротив, будут одним из ключевых факторов успешного бизнеса в перспективе.

Уровень роботизации в мировой металлургии немного меньше, чем в других отраслях производства. В передовых отраслях, таких как автомобилестроение, к примеру, использование роботов растет высокими темпами. На сегодняшний день роботы применяют в черной металлургии для отбора проб жидкой стали, контроля ее уровня, замера температуры в плавильнях, а также при скачивании шлака, нанесения и снятия огнеупорных покрытий. Небольшую долю робототехники используют в цветной металлургии и литейной промышленности. Например, компания «Уралэлектромедь», которая является одной из ведущих в Европе и единственной в России по производству медных электролитических порошков, планирует в ближайшее время установить в цехе электролиза новую машину, которая будет осуществлять промывку медных катодов, их сдирку, пакетирование с обвязкой стальной лентой. Ее производительность будет на 40 % выше по сравнению с имеющимся оборудованием [9].

В целом применение аддитивных технологий в металлургии положительно влияет на процесс производства, а именно: производство деталей при помощи 3D-принтеров протекает намного быстрее, нежели производство традиционными методами; уменьшается разрыв между конструкторской идеей и созданием готовой продукции; изменяются также и концепции промышленного производства путем создания мини-заводов с аддитивной машиной, производящей необходимые изделия по мере необходимости; хранение данных в цифровом виде, необходимых для запуска производства; возможность корректировки модели на любом этапе САД-файла; в силу постоянных изменений и внедрения инноваций на мировом рынке металлов, аддитивные технологии имеют свойство быстрого адаптирования к условиям.

Очевидно, что 3D-печать из металлов имеет большой потенциал для процесса производства, что существенно упрощает отношения производителей и потребителей. Тем не менее, трехмерная печать с помощью «неметаллов» может способствовать замене материалов из металлов и оказывать негативное влияние на металлургическую отрасль.

В настоящее время металлическая трехмерная печать демонстрирует серьезные перспективы для металлургических компаний и потребителей, но аддитивные технологии являются дорогостоящими и не охватывают такой масштаб, который необходим для массового производства. В результате металлическая трехмерная печать в основном ограничивается прототипированием для промышленного дизайна и высококачественным, индивидуальным, мелкосерийным производством для таких отраслей, как здравоохранение и аэрокосмическая промышленность. Если аддитивные технологии станут более экономичными и эффективными, будут доступны новые возможности для горнодобывающих и металлургических компаний использовать эти технологии в производстве [4].

Компании с небольшим производством металлов могут использовать рынок 3D-печати для продажи новых продуктов, таких, как материалы для 3D-печати (например, из серебра, титана или стального порошка). По мере того, как технологии улучшаются и снижаются затраты, горнодобывающие и металлургические компании могут рассматривать возможность продажи сырья либо в качестве поставок в компании по производству 3D-принтеров, либо непосредственно для клиентов и потребителей. Таким образом, они могут стать интегрированными компаниями по производству металлов и 3D-печати.

В то же время, с совершенствованием 3D-печати, в горнодобывающей и металлургической промышленности будет ожидать увеличение замещения материалов для 3D-принтеров, способных использовать другие материалы помимо металлов. В настоящее время пластмассы, полимеры, углеродное волокно и другие заменители металлов используют в проектировании и на ранних стадиях производства. В силу особенностей молекулярные характеристики делают их более легкими для работы при низких температурах, чем металлы, они представляют собой серьезную конкуренцию.

Библиографический список

1. Глазьев, С. Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики / С. Ю. Глазьев // Экономическая наука современной России. – 2012. – № 2. – С. 27-42.
2. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш // ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». – М., 2015. – 220 с.
3. Аналитическое исследование: Мировой рынок робототехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://robotforum.ru/assets/files/000_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototekhniki-\(yanvar-2016\).pdf](http://robotforum.ru/assets/files/000_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototekhniki-(yanvar-2016).pdf) (дата обращения 21.02.2018).
4. Информационно-аналитический отчет «Анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств-членов Евразийского экономического союза»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: goo.gl/bkHhn9 (дата обращения 21.02.2018).
5. Никель: Металлические порошки для аддитивных технологий от российского производителя: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metalbulletin.ru/board/02405166026/> (дата обращения 21.02.2018).
6. Официальный сайт Норникеля: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.normickel.ru/> (дата обращения: 21.02.2018).
7. Официальный сайт АО «Уралэлектромедь»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elem.ru/ru/> (дата обращения: 21.02.2018).
8. Официальный сайт Евразийского экономического союза: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eaeunion.org/> (дата обращения: 21.02.2018).
9. Порошковая металлургия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.elem.ru/ru/activity/primary_production/poroshkovaya-metallurgiya-/](http://www.elem.ru/ru/activity/primary_production/poroshkovaya-metallurgiya/) (дата обращения: 21.02.2018).
10. «Промышленность 4.0»: создание цифрового предприятия. Основные результаты исследования по металлургической отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pwc.kz/en/publications/new-2016/metal-key-finding-rus.pdf> (дата обращения 21.02.2018).
11. Четвертая индустриальная революция и металлургия: мнение профессионалов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2017/07/11/chetvertaya-industrialnaya-revolyuetsiya-i-metallurgiya-mnenie-professionalov/> (дата обращения 21.02.2018).

References

1. Glaz'yev S. Yu. Sovremennaya teoriya dlennykh voln v razvitiy ekonomiki [*The modern theory of long waves in the development of the economy*]. Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii [*Economic science of modern Russia*], 2012, I. 2. pp. 27-42.
2. Zlenko M. A., Nagaytsev M. V., Dovbysh V. M. Additivnyye tekhnologii v mashinostroyeni [Additive technologies in mechanical engineering]. Moskva, 2015, pp. 220.
3. Analiticheskoye issledovaniye: Mirovoy rynek robototekhniki [*Analytical study: Global Robotics Market*]. Available at: [http://robotforum.ru/assets/files/000_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototekhniki-\(yanvar-2016\).pdf](http://robotforum.ru/assets/files/000_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototekhniki-(yanvar-2016).pdf) (accessed 21.02.2018).
4. Informatsionno-analiticheskoy otchet «Analiz mirovogo opyta razvitiya promyshlennosti i podkhodov k tsifrovoy transformatsii promyshlennosti gosudarstv-chlenov Yevraziyskogo ekonomicheskogo soyuza» [*Information and analytical report «Analysis of the world experience in the development of industry and approaches to the digital transformation of industry of the member states of the Eurasian Economic Union»*]. Available at: goo.gl/bkHhn9 (accessed 21.02.2018).
5. Nikel': Metallicheskie poroshki dlya additivnykh tekhnologiy ot rossiyskogo proizvoditelya [*Nickel: Metallic powders for additive technologies from the Russian manufacturer*]. Available at: <https://www.metalbulletin.ru/board/02405166026/> (accessed 21.02.2018).
6. Ofitsial'nyy sayt Normikelya [*Official site of Norilsk Nickel*]. Available at: <https://www.nornickel.ru/> (accessed 21.02.2018).
7. Ofitsial'nyy sayt AO «Uralektromed'» [*Official site of JSC «Uralelectromed»*]. Available at: <http://www.elem.ru/ru/> (accessed 21.02.2018).
8. Ofitsial'nyy sayt Yevraziyskogo ekonomicheskogo soyuza [*Official site of the Eurasian Economic Union*]. Available at: <http://www.eaeunion.org/> (accessed 21.02.2018).
9. Poroshkovaya metallurgiya [*Powder Metallurgy*]. Available at: [http://www.elem.ru/ru/activity/primary_production/poroshkovaya-metallurgiya-/](http://www.elem.ru/ru/activity/primary_production/poroshkovaya-metallurgiya/) (accessed 21.02.2018).
10. «Promyshlennost' 4.0»: sozdaniye tsifrovogo predpriyatiya Osnovnyye rezul'taty issledovaniya po metallurgicheskoy otrasli [*«Industry 4.0» the creation of a digital enterprise The main results of the study on the metallurgical industry*]. Available at: <https://www.pwc.kz/en/publications/new-2016/metal-key-finding-rus.pdf> (accessed 21.02.2018).
11. Chetvertaya industrial'naya revolyutsiya i metallurgiya: mneniye professionalov [*The Fourth Industrial Revolution and Metallurgy: The Opinion of Professionals*]. Available at: <http://integral-russia.ru/2017/07/11/chetvertaya-industrialnaya-revolyutsiya-i-metallurgiya-mnenie-professionalov/> (accessed 21.02.2018).