

Заключение. При разработке нового пищевого продукта необходимо помнить, что потребители обращают внимание только на те свойства продукта, которые отвечают их ожиданиям. Поэтому тщательный учет желаний потребителей является основой успешного продукта. От оптимизации продукта в процессе разработки мало пользы, если оптимизируется "неправильный продукт". Знание и правильное применение QFD методологии является залогом объективности полученных результатов. Применяя QFD методологию при разработке продукта, объективно устраняются ненужные свойства продукта, при проектировании процесса производства продукта вносятся меньше изменений в продукт и продукт соответствует реальным желаниям потребителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Егоров, Б. В. Применение методологии развертывания функции качества при разработке нового пищевого продукта / Б. В. Егоров, М. Р. Мардар // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*, 2013. – №3(20). – С. 68-73.
2. Hauser, J. The House of Quality / J. Hauser, D. Clausing // *Harvard Business Review*, 1988. – Vol.66. – Issue 3. – P.63-73.
3. Янковская, В.С. Разработка квалиметрической модели прогнозирования показателей качества и безопасности творожных продуктов: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / В.С. Янковская– М., 2008. – 224 с.
4. Дунченко, Н. И. Квалиметрическое прогнозирование показателей при разработке инновационных продуктов / Н. И. Дунченко, И. Н. Игонина // *Компетентность*, 2013. – № 8(109). – С. 38-41.
5. Зенькова, М.Л. Квалиметрическая модель прогнозирования показателей качества консервированных вторых обеденных блюд с добавлением пророщенного зерна пшеницы / М.Л. Зенькова, Д.А. Бабич // *Вестник МГУП: научно-методический журнал / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»*; редкол.: А.В. Акулич (гл.ред.) [и др.] – Могилев, 2018. – № 1 (24). – С.49-54.

УДК 691.9.048.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛАХ

*аспирант Касач Ю.И., доктор техн. наук, профессор Чигринова Н.М., Бурдейная Д.Г.,
ФММП БНТУ, г. Минск*

Резюме – рассмотрены особенности нанесения полимерных слоев различных составов на металлическую основу с профилированной электроискровым методом поверхностью.

Ключевые слова: 3D-печать, соединение металл-полимер, электроискровое профилирование.

Введение. Повышенные требования к изделиям производственных отраслей экономики создает запрос на материалы, обладающие широким спектром функциональных характеристик. Использование многокомпонентных соединений, составленных из разнородных материалов, может обеспечить их более успешное функционирование в эксплуатационных условиях. Так, например, соединение таких разнородных материалов, как металл, обладающий необходимой прочностью и жесткостью, и полимер, имеющий высокие антифрикционные свойства и коррозионную стойкость, становится все более актуальным еще и за счет более низкого веса такой композиции, чем полностью металлические, что является одним из определяющих успешность работы такого материала факторов во многих отраслях современных производств.

Основная часть. В работе рассмотрены особенности нанесения методом 3D печати полимерных материалов различного состава [1] на профилированную методом электроискрового легирования металлическую поверхность. Эксперимент проводили, используя три вида токопроводящей полимерной проволоки, для которых были подобраны основные режимы 3D печати на металлической основе, предварительно профилированной методом электроискрового легирования, что, по нашим предположениям, должно способствовать более надежному закреплению полимера на металле.

В качестве образцов были использованы пластины из Стали 45, поверхность которых обрабатывали твердосплавным анодом состава ВК6 методом электроискрового легирования (ЭИЛ) на серийном оборудовании в диапазоне от минимальных до максимальных значений электровоздействия, обеспечивая таким образом рельеф с различной высотой микронеровностей (табл.1)[2].

Таблица 1 – Режимы ЭИЛ

Режим	Напряжение на электродах, В	Сила тока, А	Высота микронеровностей, Ra, мкм
Мягкий	9-13	0,8-1,2	3,2
Жесткий	30-48	2-2,5	20,0

Известно, что в процессе 3D печати происходит экструзия полимера из сопла принтера на платформу печати [2], роль которой в данном исследовании выполняют стальные образцы с рельефным покрытием из ВК6, полученным согласно указанным в табл.1 режимам ЭИЛ-обработки.

Нанесение полимерного слоя методом 3D печати требует соблюдения определенных условий, а именно: создание трехмерной модели образца металлической основы, разработка прототипа приспособления в виде четырех уголков для установки образца с целью соблюдения высокой планарности с поверхностью стола принтера [3]. В соответствии со стандартной технологией 3D печати принтер работает по траектории, соответствующей предварительно рассчитанной цифровой модели, печатая слой за слоем [4]. При выборе оптимальных режимов печати полимерного слоя руководствовались необходимостью обеспечения оптимальной температуры экструдера и поверхности стола с закрепленным на нем экспериментальным образцом для равномерного нанесения полимерной струи на всю профилированную металлическую поверхность, с исключением коробления наносимого слоя полимера, образования пузырей и кратеров и его налипания на края выходного отверстия сопла. Составы используемых в работе полимерных композиций и режимы 3D печати приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Составы полимерных композиций и режимы работы принтера

Вид полимера	Температура стола, С°	Температура сопла, С°
Акрилонитрилбутадиенстирол(ABS пластик)	110	230
Полиэтилентерефталат (PETG пластик)	75	230
Термопластичный полиуретан(TPU пластик)	50	215

На рисунке 1 представлен внешний вид поверхности с нанесенными в диапазоне оптимальных режимов 3D печати пластиками, использованных для проведения экспериментов и исследований.



Рисунок 1 – Внешний вид поверхности после 3D печати использованных видов полимеров

Известно, что к основными факторами, влияющими на адгезию металл-полимерных соединений, относятся микрорельеф поверхности металлической подложки, температурный режим при нанесении пластика, подогрев металлической подложки [5-7]. В процессе проведения экспериментов по нанесению на профилированную металлическую поверхность полимеров изучаемых составов было установлено, что при одинаковых условиях и режимах печати характер нанесения полимеров разного состава значительно отличается. Так, полиэтилентерефталат (PETG пластик) не закрепился на поверхности металлической подложки в независимости от величины ее рельефа (рисунок 2, а). Несмотря на то, что при подборе режимов печати данный вид пластика показал наименьшую степень усадки и пониженную деформацию, первые слои данного полимера не сцеплялись с металлической основой. После 3D печати термопластичного полиуретана (TPU пластик) (рис.2,б) оказалось, что данный полимер надежно сцепляется с металлической основой образца, полученного на более жестких режимах ЭИЛ и имеющего более выраженный рельеф поверхности. Однако при перенесении полимерных слоев TPU пластика образовывались кратеры и несплошности. Было установлено, что эти дефекты вызваны в значительной степени потерей конфигурации отверстия сопла: чем меньше был диаметр сопла, тем быстрее оно теряло свою работоспособность вследствие налипания полимера на края отверстия и его приходилось заменять.

Наилучшую сцепляемость с металлической основой показал акрилонитрилбутадиенстирол (ABS пластик) (рис.2,в). При этом подтвердились наши предположения, что на металлической поверхности с более выраженным рельефом реализуется более качественное соединение полимера и металла: отслоения полимерного покрытия наблюдались только по краям обрабатываемой поверхности.



Рисунок 2 – Внешний вид образцов с нанесенными методом 3D печати полимерами разного состава

При изучении особенностей 3D печати различных полимеров на профилированную металлическую поверхность было также установлено, что на характер соединения полимера и металла серьезное влияние оказывает скорость перемещения сопла относительно обрабатываемой поверхности: чем она ниже, тем менее

качественное соединение образуется. Кроме того, на качество соединения влияют также и температурные параметры процесса. В зависимости от типа 3D принтера подогрев предметного стола осуществляется только до определенной температуры (45-60 °С), достаточной лишь для разогрева первых слоев полимера, вытекающего из сопла принтера и оседающего на обрабатываемую поверхность. Однако такая температура слишком мала для необходимого разогрева металлического образца, не позволяя обеспечить необходимую смачиваемость полимером его профилированной поверхности. В результате сцепляемость слоев полимера и металла снижается.

Заключение. Получение гибридного соединения металла с полимером на металлической основе с использованием аддитивных технологий электроискровой обработки и 3D печати требует соблюдения нескольких условий: четкого выбора состава полимера и обеспечения необходимого рельефа металлической основы, реализации требуемого нагрева контактной зоны «струя-металл», четкого выбора диаметра и температуры разогрева сопла и предметного стола принтера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Расходные материалы для моделирования методом послойного наплавления (FDM/FFF) [Электронный ресурс]. – 2020.– Режим доступа <http://3dsfera.by/articles/materialy-dlya-3d-pechati/>: – Дата доступа 20.06.2020.
2. Чигринова, Н.М. Инновации в электроискровых технологиях: теория и практика /Н.М.Чигринова //Монография.– Минск, «Бестпринт»2018.–262 с.
3. Тонкости 3D-печати. Часть 2. Теория и практика. [Электронный ресурс]. – 2018.– Режим доступа <https://3dtoday.ru/blogs/filamentarno/the-intricacies-of-3d-printing-part-2-theory-and-practice/>: – Дата доступа 20.06.2020.
4. Моделирование изделий из полимерных материалов методом 3D-печати [Электронный ресурс]. – 2015.– Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-izdeliy-iz-polimernyh-materialov-metodom-3d-pechati/viewer>: – Дата доступа 20.06.2020.
5. Ермакова В.А., Гасперович Е.В., Ермаков А.И., Литвяк В.В. Исследование прочностных характеристик изделий, полученных методом 3D-печати из PLA. НАУКА и ТЕХНИКА. 2022;21(2):107-113. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-107-113>
6. Адсорбция полимеров на твердых поверхностях [Электронный ресурс]. – 2017.– Режим доступа https://studopedia.su/10_105955_adsorbtsiya-polimerov-na-tverdih-poverhnostyah.html: – Дата доступа 29.01.2020.
7. Методы соединения разнородных материалов: металлы и полимеры//SemanticScholar[Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: TECHNQUESFORJOININGDISSIMILARMATERIALS: METALSANDPOLYMERS | SemanticScholar – Дата доступа: 20.02.2022.
8. Шандров Б.В., Варганов М.В., Зинина И.Н. Экспериментальные исследования влияния технологических факторов на прочность адгезионных соединений / Сборка в машиностроении и приборостроении. –Брянск. 2001.– С. 77 - 80.

УДК 005.7

ТЕХНОЛОГИИ – ПРОДВИЖЕНИЮ СПОРТА

Ю. В. Ларкина, УО БГЭУ, г. Минск

Резюме – выявляется актуальность внедрения спортивными учреждениями практики дистанционной спортивно-оздоровительной работы. Инструментом предлагается создание интерактивного онлайн-ресурса, содержащего комплексную информацию для самостоятельного физического и духовного совершенствования населения.

Ключевые слова: физическая культура и спорт, спортивное учреждение, коммуникации, аудитория, спортивно-оздоровительная работа, дистанционный формат

Введение. Пандемия COVID-19 потребовала оперативного внесения корректив в коммуникационные процессы организаций, и отечественные учреждения физической культуры и спорта не стали исключением. Традиционно ориентированные на личное присутствие потребителей спортивных услуг, спортивные учреждения столкнулись с необходимостью адаптации к ситуации социального дистанцирования.

Основная часть. Задачам развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь уделяется самое пристальное внимание. Повышение общего уровня здоровья населения входит в число основных национальных интересов, в связи с чем разработка эффективных инструментов популяризации спорта особенно актуальна. Государственная программа «Физическая культура и спорт на 2021-2025 годы» определяет долю постоянно занимающихся физической культурой и спортом 25,3-26,8% в общей численности населения. На достижение планируемых показателей могут оказать влияние эпидемиологические риски. Так, принцип социального дистанцирования подразумевает сокращение 3/4 контактов вне дома, общение с помощью средств связи, отказ от посещения занятий в спортивных клубах и тренажерных залах, даже с минимальным количеством участников. В условиях же строгого локдауна – жестких ограничительных мер по перемещению граждан, спортивным учреждениям может потребоваться полный переход в дистанционный формат. Целесообразность освоения организациями практики онлайн-коммуникаций не следует рассматривать лишь в качестве упреждающей меры по минимизации рисков неблагоприятной обстановки. Пандемия обнажила и ускорила принятие одного из