

УДК 621.892.2

## РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

**Николай Владимирович Воронин<sup>1</sup>**

аспирант

voronin.nikolay.1994@yandex.ru

**Иван Сергеевич Филатов<sup>1</sup>**

кандидат технических наук, доцент

**Юрий Викторович Родионов<sup>1,2</sup>**

доктор технических наук, профессор

rodionow.u.w@rambler.ru

**Дмитрий Вячеславович Никитин<sup>1,2</sup>**

кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

<sup>2</sup>Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В данной работе описаны варианты разрабатываемой технологии магнитотермического армирования полимерных изделий, разновидности установок для каждого варианта и показаны возможности их применения.

**Ключевые слова:** полимерные материалы, магнитотермическое армирование, детали машин, сельское хозяйство.

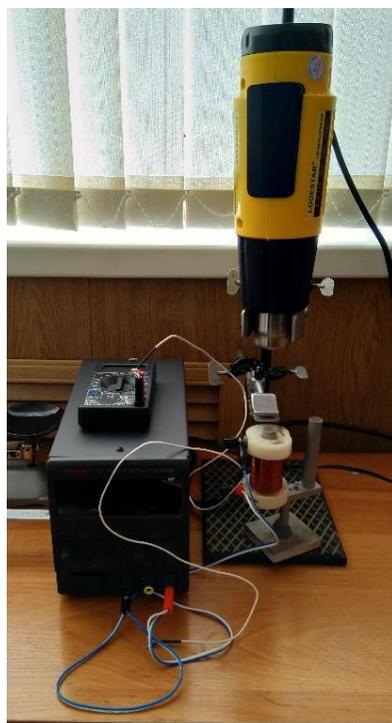
Используемые все чаще в качестве силовых элементов приводов транспортных и сельскохозяйственных машин детали из полимеров, изнашиваются гораздо интенсивнее аналогичных по назначению изделий из сталей и сплавов. В то же время полимерные изделия имеют ряд достоинств по сравнению с металлическими:

- лучшая технологичность;
- меньшая стоимость производства;
- отсутствие возможных дефектов изделий из сплавов – таких, как ликвация, крупнозернистость, коробление при термообработке и др.

Поэтому перспективным является возможность совмещения достоинств полимерных изделий с износостойкостью изделий из металлических сплавов. Это возможно сделать, внедрив металлический порошок в поверхность полимерной детали либо после ее изготовления, либо на стадии формования.

Исходя из вышесказанного, существуют две разновидности разрабатываемой исследователями ТГТУ экспериментальной установки для улучшения поверхностных характеристик полимерных деталей из термо- и реактопластов.

Первая разновидность экспериментальной установки для прототипирования технологии показана на рис. 1.



*Рисунок 1* - Экспериментальная установка для прототипирования технологии магнито-термического упрочнения

Она состоит из вертикальной штанги с установленными на ней держателями генератора теплового потока, держателя модифицируемых образцов, катушки-электромагнита и регулируемого источника постоянного тока для питания катушки. Генератор теплового потока и образец полимера могут перемещаться в широких диапазонах относительно друг друга и электромагнита. Генератор теплового потока имеет трехступенчатую настройку расхода воздуха и электронную настройку температуры. Температура в месте контакта металлических частиц и поверхности полимера измерялась электронным термометром с термопарой типа ХК.

Необходимо отметить, что в качестве внедряемого материала возможно использовать только ферромагнетики (железо, никель, кобальт и др.) из-за наличия в составе установки магнитной системы. Также ограничивается и размерность порошков – не более 50 мкм из-за ухудшения итогового качества поверхности и, как следствие, более продолжительной ее доводки. Данный порошок внедрялся в

поверхность образцов из полипропилена «Бален 01270» в виде квадратов со стороной 30 мм и толщиной 1,4 мм, что обеспечивает четкую фиксацию образцов в держателе и позволяет провести насыщение поверхности металлом в любой удобной точке. С целью повышения свободной энергии поверхности образцы матировались до шероховатости поверхности Rz40...Rz80.

Во время экспериментов образцы располагались на сердечнике электромагнита с целью максимального использования энергии магнитного поля, в поверхность внедрялся порошок никеля размерностью 40 мкм, подаваемая на многослойную катушку мощность составляла в среднем 40 Вт (см. таблицу 1), что обеспечивало среднюю напряженность магнитного поля на поверхности образца 42 кА/м, намагничивающая сила катушки составила 1920 А·в. Это обеспечивало проникновение частиц внедряемого порошка в поверхность на глубину 25-30 мкм и последующее их стабильное удержание в верхнем слое полимера. Плотность заполнения частицами поверхности составила не менее 50%.

Во втором варианте частицы порошка внедряются в поверхность полимера непосредственно в процессе получения изделий формованием. Внедряемый порошок располагался на внутренней поверхности металлической формы, удерживаемый магнитным полем либо электромагнита (как в первом варианте), либо коаксиальных постоянных магнитов. На этапе формования полимер под давлением воздействовал на стенки формы, фиксируя в поверхностном слое металлические частицы. Данный вариант технологии достаточно универсален и подходит для модифицирования поверхности как термопластичных, так и терморезистивных полимеров. В процессе проведения эксперимента внедренные на глубину не менее 30 мкм частицы никеля удерживались без выкрашивания при абразивном воздействии на полимер металлической поверхности и царапая ее. Это свидетельствует о том, что полимерная поверхность получила поверхностную износостойкость не ниже, чем у металлического сплава.

В данном случае установка состоит из модифицированной пресс-формы с магнитной системой для удержания на ее рабочей поверхности внедряемых в полимер частиц, пресса для формования изделий и печи для нагрева пресс-формы. Также стоит отметить, что в случае использования постоянных магнитов стоит учитывать возможное снижение их магнитных свойств вследствие нагрева от пресс-формы.

Разработанные технологии модифицирования полимерных поверхностей позволяют проводить улучшение поверхностных свойств изделий из термопластов как на этапе изготовления изделия, так и уже готовых изделий. Модифицированная технология также может быть использована для получения металлизированной поверхности изделий из реактопластов в процессе формования изделия. В настоящее время обе технологии дорабатываются под использование в промышленных целях и расширения спектра модифицируемых материалов.

### **Список литературы:**

1. Исследование магнитотермического поверхностного армирования полимерных материалов / Ю.В. Родионов, Н.В. Воронин, И.С. Филатов, Д.В. Никитин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2021. № 7. С. 37-39.
2. Конструктивные пути и принципы автоматизации повышения эффективности жидкостно-кольцевых вакуум-насосов / Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, М.А.С. Махмуд, Р.С. Горюшин // Научные достижения высшей школы 2020: сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск. 2020. С. 99-105.
3. Современное состояние использования и производства деталей и узлов из полимеров для техники агропромышленного комплекса / Н. В. Воронин, Ю. В. Родионов, И. С. Филатов, Д. В. Никитин // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции "Цифровизация агропромышленного

комплекса". В 2-х т. Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ». 2020. Том 2. С. 29-34.

4. Теоретические исследования контактных и изгибных напряжений лопаток рабочего колеса и корпуса жидкостнокольцевого вакуумного насоса из полимеров / Н.В. Воронин, Ю.В. Родионов, А.И. Скоморохова, Д.В. Никитин, П.А. Галкин, И.С. Филатов // Наука в центральной России. 2020. № 3 (45). С. 85-97.

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ «Разработка метода магнитно-термического упрочнения полимеров ферромагнитными порошками различной дисперсности для деталей машин широкого спектра применения», конкурс «Аспиранты», 2020 г. № договора 20-33-90298/20.*

UDC 621.892.2

**DEVELOPMENT OF AN INSTALLATION FOR REINFORCING  
POLYMER AGRICULTURAL PARTS**

**Nikolay V. Voronin<sup>1</sup>**

graduate student

voronin.nikolay.1994@yandex.ru

**Ivan S. Filatov<sup>1</sup>**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Yuri V. Rodionov<sup>1,2</sup>**

Doctor of Technical Sciences, Professor

rodionow.u.w@rambler.ru

**Dmitry V. Nikitin<sup>1,2</sup>**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup>Tambov State Technical University

Tambov, Russia

<sup>2</sup>Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** This paper describes the variants of the developed technology of magnetothermal reinforcement of polymer products, the types of installations for each variant and shows the possibilities of their application.

**Key words:** polymer materials, magnetothermal reinforcement, machine parts, agriculture.