

УДК 621.892.2

**РАЗВИТИЕ И МОДИФИКАЦИЯ МАГНИТО-ТЕРМИЧЕСКОГО  
МЕТОДА УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ИЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ  
ПОЛИМЕРОВ**

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

аспирант

voronin.nikolay.1994@yandex.ru

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

кандидат технических наук, доцент

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

доктор технических наук, профессор

rodionow.u.w@rambler.ru

**Щегольков Александр Викторович<sup>1</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 рассматриваются возможности по использованию метода магнито-термического упрочнения поверхности деталей машин из термопластичных полимеров и раскрываются перспективы модифицирования поверхности изделий из термопластичных и терморезистивных полимеров в процессе получения изделий.

**Ключевые слова:** полимерные материалы, поверхностное упрочнение, магнитотермия.

Изделия из полимерных материалов все чаще используются как заменители металлических. Несмотря на явные технологические преимущества перед металлами, у полимеров существуют ограничения по использованию в узлах трения на высоких скоростях и повышенных нагрузках. Это связано со спецификой структуры полимеров и их свойств – таких, как малая износостойкость вследствие низкой твердости, а также подплавление поверхности в случае локального перегрева при трении. Вместе с этим полимеры имеют низкий коэффициент трения и высокую химическую стойкость, что делает их высокоэффективным антифрикционным материалом и дает возможность их использования в агрессивных средах.

Выходом из данной ситуации может стать диффузия металлических частиц в ультрадисперсном состоянии в рабочие поверхности полимерных изделий.

Согласно данным, указанным в ранее проведенных работах [1], доказана возможность внедрения частиц ферромагнетика в поверхности деталей из термопластичных полимеров. Схема установки, на которой проводились эти исследования, изображена на рисунке 1.

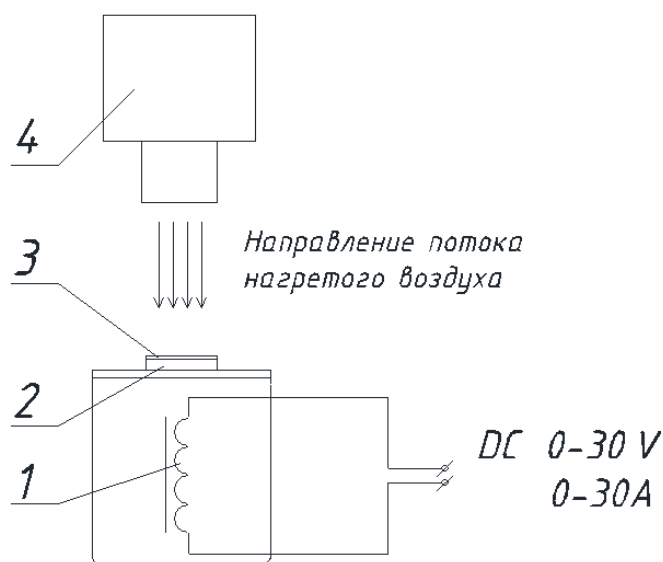


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки: 1 – магнитная система (катушка со стальным сердечником); 2 – образец; 3 – слой ферромагнитного порошка; 4 - теплогенератор

Вместе с этим можно отметить, что удовлетворительные результаты появляются на заранее подготовленных плоских поверхностях [2, 6], что не всегда бывает удобно при улучшении поверхности изделий сложной формы – таких, например, как втулки и подобные им детали. Одним из возможных методов решения данной задачи может быть изготовление изделия из полимеров, в которые перед заливкой, экструзией или спеканием добавляется порошок ферромагнитных частиц. Формование изделия ведется в специальной форме из немагнитного материала, на которую действует магнитное поле, направленное в сторону рабочей поверхности детали. Помещение в форму находящегося в жидком состоянии полимера с ферромагнитными частицами вызовет перераспределение этих частиц по объему изделия с повышением их концентрации на рабочей поверхности. Таким образом создается эффект «направленной ликвации» с возможностью управления перераспределением концентрации частиц ферромагнетика. Данный метод может быть использован при изготовлении изделий из полимеров, находящихся в жидкой фазе.

В случае, если изделия изготавливаются из полимеров, находящихся в высоковязком состоянии, возможно изменение этого метода. Оно заключается в том, что равномерно распределенные частицы ферромагнитного материала размещаются на поверхности будущего изделия с фиксацией их магнитным полем на соответствующих стенках формы. Подобная технология может быть использована и при получении изделий как из термопластов, так и из терморезистивных пластиков.

В настоящее время активно прорабатываются теоретические предпосылки и изготавливается экспериментальная база для проведения опытов.

Технология магнито-термической модификации полимерных изделий требует дальнейшего совершенствования с целью ее применимости для различного вида материалов и изделий из них [3-6]. Для этого проводятся многочисленные

эксперименты и нарабатывается база экспериментальных данных. Также формируются критерии оценки эффективности данного метода.

*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.*

### **Список литературы:**

1. 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 [и др.] // Наука в центральной России. - 2020. - № 3 (45). - С. 85-97.

2. Новая конструкция жидкостнокольцевого вакуумного насоса / Ю.В. Родионов, Ю.Т. Селиванов, Д.В. Никитин [и др.] // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2019. - № 6. - С. 22-25.

3. Resource-saving production technology of products made of polymeric material: problem and solution // D.Y. Kobzev, P.V. Kombarova, A.N. Blokhin [et al.] / В сборнике: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018 Conference proceedings, 2018. - С. 275-280.

4. D. D. L. Chung. Thermoelectric polymer-matrix structural and nonstructural composite materials. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research. Volume 1, Issue 1. October 2018, Pages 61-65. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2018.04.001>

5. Junjie Chen, Baofang Liu, Xuhui Gao. Thermal properties of graphene-based polymer composite materials: A molecular dynamics study. Results in Physics, Volume 16, March 2020, Article 102974. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2020.102974>

6. Воронин Н.В., Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Филатов И.С. Влияние шероховатости поверхности конструкционных материалов на их биологическую и коррозионную активность / Н.В. Воронин, Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, И.С.

Филатов // Сборник научных трудов Седьмой Международной научно-практической конференции СЭТТ-2020. - М.: ООО "Мегаполис", 2020. - С. 196-200.

**UDC 621.892.2**

**DEVELOPMENT AND MODIFICATION OF THE MAGNETO-THERMAL METHOD OF HARDENING MACHINE PARTS MADE OF THERMOPLASTIC POLYMERS**

**Voronin Nikolai Vladimirovich<sup>1</sup>**

graduate student

voronin.nikolay.1994@yandex.ru

**Filatov Ivan Sergeevich<sup>1</sup>**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Rodionov Yuri Viktorovich<sup>1,2</sup>**

Doctor of Technical Sciences, Professor

rodionow.u.w@rambler.ru

**Schegolkov Alexander Viktorovich<sup>1</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 discusses the possibilities of using the method of magneto-thermal hardening of the surface of machine parts made of thermoplastic polymers and reveals the prospects for modifying the surface of products made of thermoplastic and thermosetting polymers in the process of producing products.

**Key words:** polymer materials, surface hardening, magnetic-thermal.

*The work was carried out within the framework of the RFBR grant "Development of a method for magnetic-thermal hardening of polymers with ferromagnetic powders of various dispersities for machine parts of a wide range of applications", competition "Graduate Students", 2020, contract no. 20-33-90298 / 20.*