

НАНОРАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ ИЗМЕНЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ МАГНИТОСТРИКЦИОННОЙ ПРИРОДЫ

А.Н. Болотов, О.О. Новикова

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»

170026, Россия, Тверь, наб. А. Никитина, 22

alnikbltov@rambler.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2023.15.670

Аннотация: В работе проведены исследования изменения топографии поверхности детали из магнитоотрицательного магнитопласта под воздействием магнитного поля. Теоретический анализ показал, что в композиционных материалах при использовании магнитоотрицательных частиц дисперсностью $10^{-4} \div 10^{-6}$ м изменение параметров шероховатости поверхности возможно в диапазоне $10^{-7} \div 10^{-9}$ м в зависимости от магнитоотрицательных констант наполнителя. Экспериментально определены локальные изменения топографии поверхности магнитопласта в магнитном поле напряженностью около 560 кА/м, и проведена оценка интегральных изменений, характеризующих поверхность в целом. Для эксперимента выбран композиционный материал, содержащий порошок материала $TeFe_2$, имеющего уникально высокую линейную магнитоотрицательность ($\lambda_s = 2 \cdot 10^3$). Установлено, что эффект изменения нанощероховатости поверхности проявляется особенно существенно для относительно гладких поверхностей и зависит от состава, концентрации, размеров и ориентации микродисперсного магнитного наполнителя. Для изучаемых поверхностей магнитопластов, изменение высотных параметров шероховатости превышает 5%. В абсолютных значениях изменение топографии поверхности составляет десятки нанометров. В прецизионном машиностроении обнаруженный эффект можно использовать для управления фрикционными характеристиками, в частности для бесконтактного изменения силы трения, регулирования поступления малых доз различных химически активных газов, изменения динамики процессов смачивания твердых поверхностей.

Ключевые слова: магнитоотрицательность, магнитопласт, магнитное поле, топография поверхности, шероховатость поверхности, композиционный материал.

1. Введение

В последнее время возрастает интерес к изучению влияния магнитного поля на физико-химические процессы, протекающие при трении и изнашивании различных по свойствам и составу материалов при различных условиях на контактирующих поверхностях [1-7]. Это связано с тем, что необходимо прогнозировать надежность и долговечность трибоузлов в условиях воздействия на них электромагнитных полей, а также с потребностью поиска простых и эффективных методов улучшения их свойств.

В работе [6] изучено образование и развитие трещин в образце из ферромагнитного материала, находящегося в намагниченном состоянии. Показано, что магнитное состояние материала поверхности трения наиболее существенно влияет на процесс его хрупкого или квазихрупкого разрушения, если трещины раскрываются перпендикулярно вектору

намагниченности. Работа [7] посвящена изучению влияния магнитного поля на процесс образования частиц адгезионного износа. Показано, что магнитостатические силы могут значительно затруднить отделение частиц износа и привести к уменьшению интенсивности адгезионного износа. Это происходит в результате возрастания в магнитном поле механических напряжений необходимых для удаления частицы поверхности в месте схватывания микронеровностей.

Повышенный интерес к проблеме влияния магнитного поля на процессы, протекающие при контактном взаимодействии, объясняется и тем, что на практике начинают применяться магнитожидкостные узлы трения, в которых магнитное поле служит для управления движением магнитного смазочного материала через зону фрикционного контакта [8]. Применительно к таким механическим системам анализ роли магнитного поля при трении сделан в работе [9].

Однако, при всем многообразии работ, посвященных исследованию влияния магнитного поля на физико-механические свойства материалов в процессе трения, в настоящее время нет единого мнения по этому вопросу и необходимо проводить дополнительные исследования.

Известно, что все магнитные материалы обладают магнитострикционными свойствами [10]. Магнитострикция – это физическое явление, которое заключается в изменении размеров и объема тела при его намагничивании. Численно магнитострикция характеризуется величиной λ которая показывает относительные изменения размеров тела в магнитном поле. Максимальное значение линейной магнитострикции λ_s изменяется в широких пределах от 10^{-6} для основных ферромагнетиков до 10^{-3} для специальных сплавов [10]. Объемная магнитострикция существенно меньше линейной.

В технических устройствах обычно используют детали из магнитопластов, содержащих магнитострикционный порошок и связующий магнитный компонент. Понятно, что такая деталь изменяет свои размеры в магнитном поле. Однако в научной литературе до сих пор не обсуждалась возможность изменения топографии поверхности детали из магнитострикционного магнитопласта под воздействием магнитного поля. Априори отрицать существование магнитострикционного эффекта изменения топографии поверхности нельзя. Если эффект подтвердится, то он может найти применение, например, в триботехнических системах, в вакуумной и медицинской технике для плавного регулирования топографии поверхностей.

Цель работы состояла в обнаружении и изучении влияния магнитострикционного эффекта на топографию полимерного композиционного материала, находящегося в магнитном поле.

2. Анализ эффекта магнитострикционного изменения топографии поверхности

Большинство практически значимых для триботехники магнитных материалов имеют поликристаллическую структуру и состоят из отдельных блоков с разориентированными относительно друг друга кристаллографическими осями. В магнитном поле образующие поверхность трения блоки будут испытывать магнитострикционное изменение формы и размеров. Величина магнитострикции нелинейно зависит от напряжённости и направления поля по отношению к оси легкого намагничивания. Из-за разориентации блоков отдельные участки поверхности будут по-разному упруго деформироваться и может произойти изменение топографии поверхности на микроуровне. Для материалов на основе железа относительная линейная магнитострикция имеет порядок 10^{-4} – 10^{-5} , а объёмная менее 10^{-5} [10]. Полагая размеры блоков порядка 10^{-3} – 10^{-5} м, можно ожидать изменения топографии поверхности на уровне субмикрощероховатости.

Очевидно, что на образце из композиционного материала, содержащего в относительно мягкой матрице твёрдые частицы с магнитострикционными свойствами эффект изменения шероховатости может быть выше, чем на монолитном поликристаллическом образце. Тогда, если образец не текстурирован с целью создания определённой кристаллографической ориентации частиц, то среднее изменение ΔR некоторого параметра топографии поверхности R в зависимости от величины поля может оцениваться следующим неравенством:

$$0 \leq \Delta R \leq \left(\frac{2}{3} \lambda_{100} + \frac{3}{5} \lambda_{111} \right) d, \quad (1)$$

где λ_{100} и λ_{111} константы магнитострикции вдоль кристаллографических направлений [100] и [111] соответственно, d – средний размер частиц по направлению нормали к поверхности. Приведенная формула (1) справедлива для материалов из сплавов группы железа с кристаллографической структурой кубической формы. Если частицы монокристаллические и сориентированы к поверхности осью [100] или [111], то прикладывая поле по нормали к поверхности, можно изменить шероховатость в следующих пределах соответственно

$$0 \leq \Delta R \leq \lambda_{100} d, \quad (2)$$

$$0 \leq \Delta R \leq \lambda_{111} d, \quad (3)$$

В композиционных магнитострикционных материалах обычно используют частицы дисперсностью 10^{-3} – 10^{-6} м из сплава на основе $Co-Fe-V$ (пермендюр) у которого $\lambda_s = 7 \cdot 10^{-5}$. Можно ожидать изменение параметров топографии поверхности только на наноуровне. Если

использовать частицы такого же размера из материалов с гигантской магнитострикцией (интерметаллические соединения), то изменение некоторых характеристик топографии может составить десятки или сотни нанометров, что вполне существенно для многих технических применений.

3. Методические вопросы экспериментальных исследований

Во всех экспериментах изучалась топография поверхности композиционного материала (магнитопласта), содержащего в качестве матрицы эпоксидную смолу ЭД – 20. Для отверждения в смолу добавлялся отвердитель триэтилентетрамин в соотношении 1 часть отвердителя к 6 частям смолы. В матрице диспергировали порошок магнитострикционного материала $TeFe_2$. Содержание порошка составляло 70 об.%, средний диаметр частиц $d \approx 140$ мкм. Частицы не обладали явно выраженной анизотропией формы. Материал порошка, выбранного в качестве наполнителя, имеет уникально высокую линейную магнитострикцию, относительное значение которой при комнатной температуре достигает $\lambda_s = 2 \cdot 10^3$ в достаточно высоких магнитных полях напряженностью $\sim 10^7$ А/м, в которых намагниченность материала находится в состоянии технического насыщения.

Для создания магнитной текстуры в образцах на них в процессе полимеризации воздействовали магнитным полем, вектор напряженности которого был направлен по нормали к исследуемой поверхности. Это позволило сориентировать оси легкого намагничивания магнитных частиц вдоль поля. Заметим, что $TeFe_2$ имеет несколько осей легкого намагничивания. Внешнее магнитное поле создавалось с помощью электромагнита постоянного тока. Напряженность магнитного поля электромагнита изменялась от нуля до $5,6 \cdot 10^5$ А/м, неоднородность магнитного поля в области исследуемого магнитопласта не превышала 3%. Магнитное поле, действующее на магнитные частицы, будет меньше указанного из-за влияния собственного размагничивающего поля образцов. Максимальное значение магнитострикции λ отдельных частиц в нашем случае в несколько раз меньше, чем λ_s , точнее указать затруднительно из-за отсутствия сведений о магнитном состоянии частиц.

Для выявления даже малых эффектов изменения топографии поверхности магнитопласта в магнитном поле необходимо, чтобы ее исходная шероховатость была небольшой. Поэтому, исходный материал помещали для полимеризации в кювету с отполированным металлическим дном ($Ra \sim 0,25$ мкм). Исследуемая поверхность магнитопласта представляла реплику гладкой металлической поверхности. Поскольку исследуемая поверхность не подвергалась механической обработке, то магнитные частицы существенно не выступали из нее.

Измерения параметров шероховатости поверхности образцов для оценки локальных изменений топографии производились на приборе «Surtronic» (Фирма «Taylor Hobson Ltd.», Великобритания), имеющем пьезоэлектрическую измерительную систему, нечувствительную к магнитным полям. Действие прибора основано на принципе ощупывания неровностей исследуемой поверхности алмазным щупом датчика и преобразования возникающих при этом механических колебаний щупа в изменения напряжения, пропорциональные этим колебаниям, которые усиливаются и преобразуются электронным блоком. Результаты измерения выводятся на жидко - кристаллический дисплей. На приборе определяли среднее арифметическое отклонение профиля Ra . Ошибка измерения параметра Ra в диапазоне ± 5 мкм не превышает ± 3 %. Измерения проводились на базовой длине 0,8 мм и 2,5 мм. Вначале измерялась шероховатость без наложения поля, затем на той же трассе сканирования в присутствии магнитного поля.

На образцы воздействовали магнитным полем с высокой степенью однородности для исключения механической деформации поверхностей. Напряженность магнитного поля, действующего на магнитострикционные частицы, составляла около 560 кА/м, и поэтому частицы испытывали значительную магнитострикционную деформацию растяжения.

Кроме определения локальных изменений топографии поверхности в магнитном поле, проводилась оценка интегральных изменений, характеризующих поверхность в целом. Для этого измерялась утечка газа через плоский кольцевой зазор (щель) между магнитопластом и прижатым к нему кольцом из немагнитного материала. Торцевая поверхность кольца имела шероховатость $Ra = 0,06$ мкм и поэтому, можно считать, что изучался контакт шероховатой поверхности (магнитопласт) с гладкой. Объемная скорость протекания газа Q определялась с помощью прецизионного газового вискозиметра [11]. Прибор позволяет точно определить Q по объему вытекающей из сосуда прибора жидкости при установившемся значении разности давлений ΔP . Теоретически определенная скорость протекания газа Q следующим образом зависит от эффективного зазора h между контактирующими поверхностями [12]:

$$Q = ch^3(P_1^2 - P_2^2), \quad (4)$$

где c – константа прибора, зависящая от вязкости газа при заданной температуре и атмосферном давлении, а также от геометрических размеров контакта; P_1 и P_2 – давление на входе и выходе кольцевой щели, P_1 в наших условиях равно атмосферному давлению. Поскольку $P_1 \cong P_2$, то $P_1^2 - P_2^2 \approx 2(P_1 - P_2)P_1 = 2\Delta P P_1$.

4. Результаты экспериментов

В результате опытов установлено, что в магнитном поле топография поверхности несколько изменяется. Величина эффекта возрастает с увеличением поля и зависит от участка сканирования, что вызвано неоднородностью магнитной структуры материала. В максимальном поле напряжённостью 560 кА/м при исходной шероховатости, имеющей среднее арифметическое отклонение профиля $Ra = 0,12 - 0,19$ мкм, ее изменение $\Delta Ra/Ra$ находилось в диапазоне $5 \div 20$ % для разных трасс сканирования. В абсолютных значениях изменение Ra составляло от 10 нм до 300 нм. Для гладких поверхностей трения такие изменения могут оказаться существенными, особенно для прецизионных измерительных приборов, устройств с тарированной утечкой герметизируемой среды или для сокращения времени приработки поверхностей. Вполне понятно, что величину ΔRa можно регулировать за счет изменения концентрации и размеров частиц магнитного наполнителя.

Наряду с непосредственным определением локального изменения шероховатости, проводилось косвенное измерение интегрального изменения топографии на значительной по площади поверхности магнитопласта. Для этого измерялась утечка газа (воздуха) через кольцевой зазор, образованный при контакте магнитострикционного образца с цилиндрическим контртелом. Давление в контакте создавалось только весом немагнитного цилиндра. Методика эксперимента позволяет исключить влияние магнитных сил на контактное давление.

Наложение магнитного поля на магнитострикционный образец приводило к увеличению утечки газа через контакт на 15-18% ($\Delta P \approx const$), что несомненно является результатом увеличения зазора между контактирующими поверхностями из-за возрастания шероховатости поверхности магнитострикционного образца.

Из формулы (4) вытекает, что относительное изменение эффективного зазора h_m в магнитном поле равно

$$h_m/h = [(Q_m \Delta P)/(Q \Delta P_m)]^{1/3}, \quad (5)$$

где нижний индекс m показан у параметров, полученных при воздействии магнитного поля. Значит эффективный зазор изменился в магнитном поле приблизительно на 5%.

В работе [11] было показано, что скорость протечки газа через щель аналогичную рассматриваемой линейно зависит от параметра шероховатости R_p , который определяется расстоянием от линии выступов шероховатой поверхности до линии впадин. По данным, приведенным в этой же работе $R_p \approx 3R_a$, а значит абсолютное изменение R_p будет $\Delta R_p \approx 5 \cdot 10^{-8}$ мкм. Вполне убедительно можно предположить, что гладкое

контртело опирается на магнитные частицы и изменение R_p происходит в результате магнитострикционного увеличения поэтому их размеров. Отсюда магнитострикционное изменение R_{pm} , должно быть порядка $\Delta R_{pm} \approx 10^{-7} \div 10^{-8}$ мкм. Совпадение по порядку величины значений ΔR_p и ΔR_{pm} свидетельствует в пользу магнитострикционной природы изменения топографии поверхности в магнитном поле.

Гипотетически можно допустить, что установленное изменение топографии поверхности является результатом каких-либо трудно учитываемых магнитных взаимодействий, приводящих к деформации поверхности. Поэтому, чтобы исключить влияние на топографию поверхности эффектов отличных от магнитострикционных, провели вышеописанные опыты на магнитопластах, в которых слабомагнитный магнитострикционный порошок $TeFe_2$ заменен на сильномагнитный порошок железа. Топография поверхности магнитопласта с дисперсным железом не изменялась в магнитном поле.

5. Заключение

Проведенные исследования подтвердили эффект магнитострикционного изменения параметров топографии поверхности. Эффект изменения шероховатости поверхности проявляется особенно существенно для относительно гладких поверхностей и зависит от состава, концентрации, размеров и ориентации микродисперсного магнитного наполнителя. Для изучаемых поверхностей магнитопластов, содержащих частицы из материала с гигантской магнитострикцией, изменение высотных параметров шероховатости превышает 5%. В абсолютных значениях изменение топографии поверхности составляет десятки нанометров. Эффект магнитострикционного изменения шероховатости не проявляется при высоких контактных давлениях. Если механическое давление на поверхность превышает значение $E\lambda_s$, где E – модуль упругости материала, то магнитострикция не приводит к изменению шероховатости поверхности. В большинстве случаев давление, задерживающее развитие магнитострикционного деформирования составляет десятки мегапаскалей. Детальный механизм эффекта магнитострикционного изменения топографии поверхности пока не до конца ясен, но на первом этапе исследований достаточно было его обнаружить и тем самым подтвердить. В дальнейших исследованиях следует обратить внимание на влияние среды, окружающей магнитные частицы, на величину рассматриваемого эффекта.

Вполне понятно, что обнаруженный эффект можно эффективно использовать, например, для бесконтактного изменения силы трения,

регулирования поступления малых доз различных химически активных газов, изменения динамики процессов смачивания твердых поверхностей и т.д. В настоящее время в машиностроении широко применяются поверхности с регулярной шероховатостью. Магнитострикционный эффект поможет изменять такой регулярный рельеф с учетом различных условий контактного взаимодействия.

Библиографический список:

1. **Постников, С.Н.** Электрические явления при трении и резании / С.Н. Постников. – Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1975. – 280 с.
2. **Барон, Ю.М.** Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М. Барон. – Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с.
3. **Bolotov, A.N.** The influence of a magnetic field on skin effects lubricated by magnetic lubricants / A.N. Bolotov, V.V. Novikov, O.O. Novikova // *Materials Science Forum*. – 2020. – V. 989. – P. 97-102. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.989.97.
4. **Делюсто, Л.Г.** Основы прокатки металлов в постоянных магнитных полях / Л.Г. Делюсто. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.
5. **Zhang, Q.** Effect of magnetic field on the tribological behaviors of Fe₃O₄@MoS₂ as polyalphaolefin additive in the steel/steel friction interface / Q. Zhang, H. Song, B. Wu et al. // *Wear*. – 2021. – V. 466-467. – Art. № 203586. – 13 p. DOI: 10.1016/j.wear.2020.203586.
6. **Болотов, А.Н.** Механизм фрикционного разрушения поверхностей в магнитном поле / А.Н. Болотов // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки*. – 2020. – № 2(6). – С. 14-20.
7. **Bolotov, A.N.** Adhesive wear in a magnetic field / A.N. Bolotov, O.O. Novikova, V.V. Novikov // *Materials Today: Proceedings*. – 2021. – V. 38. – Part 4. – P. 1413-1415. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.08.116.
8. **Болотов, А.Н.** Магнитные свойства магнитных нанодисперсных смазочных масел / А.Н. Болотов, О.О. Новикова // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2019. – Вып. 11. – С. 564-573. DOI: 10.26456/pcascnn/2019.11.564.
9. **Болотов, А.Н.** Влияние магнитного поля на структуру и смазочные свойства наноструктурного магнитного масла / А.Н. Болотов, Г.Б. Бурдо, В.В. Новиков, О.О. Новикова // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2015. – Вып. 7. – С. 137-141.
10. **Белов, К.П.** Магнитострикционные явления и их технические приложения / К.П. Белов. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
11. **Демкин, Н.Б.** Качество поверхности и контакт деталей машин / Н.Б. Демкин, Э.В. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1981. – 244 с.
12. **Кондаков, Л.А.** Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Л.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.В. Гордеев и др.; под. общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1994. – 445 с.

References:

1. Postnikov S.N. *Elektricheskie yavleniya pri trenii i rezanii* [Electrical phenomena during friction and cutting]. Gor'kij: Volgo-Vyatka Book Publishing House, 1975, 280 p. (In Russian).
2. Baron Yu.M. *Magnitno-abrazivnaya i magnitnaya obrabotka izdelij i rezhushchikh instrumentov* [Magnetic-abrasive and magnetic processing of products and cutting tools]. Leningrad: Mashinostroenie Publ., 1986, 172 p. (In Russian).
3. Bolotov A.N., Novikova O.O., Novikov V.V. The influence of a magnetic field on skin effects lubricated by magnetic lubricants, *Materials Science Forum*, 2020, vol. 989, pp. 97-102. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.989.97.
4. Delusto L.G. *Osnovy prokatki metallov v postoyannykh magnitnykh polyakh* [Fundamentals of rolling metals in constant magnetic fields]. Moscow: Mashinostroenie, 2005, 272 p. (In Russian).
5. Zhang Q., Song H., Wu B. et. al. Effect of magnetic field on the tribological behaviors of Fe₃O₄@MoS₂ as polyalphaolefin additive in the steel/steel friction interface, *Wear*, 2021, vol. 466-467, art. no 203586, 13 p. DOI: 10.1016/j.wear.2020.203586.

6. Bolotov A.N. Mekhanizm friktsionnogo razrusheniya poverkhnostej v magnitnom pole [Mechanism of frictional destruction of surfaces in a magnetic field], *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of the Tver State Technical University. Series: Engineering sciences], 2020, issue 2(6), pp. 14-20. (In Russian).
7. Bolotov, A.N., Novikova O.O., Novikov V.V. Adhesive wear in a magnetic field, *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 38, part 4, pp. 1413-1415. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.08.116.
8. Bolotov A.N., Novikova O.O. Magnitnye svoystva magnitnykh nanodispersnykh smazochnykh masel [Magnetic properties of the magnetic nanodispersed lubricant oils], *Fiziko-khimicheskie aspekty izucheniya klasterov, nanostruktur i nanomaterialov* [Physical and chemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials], 2019, issue 11, pp. 564-573. DOI: 10.26456/pcascnn/2019.11.564. (In Russian).
9. Bolotov A.N., Burdo G.B., Novikov V.V., Novikova O.O. Vliyaniye magnitnogo polya na strukturu i smazochnye svoystva nanostrukturного magnitного masla [The influence of the magnetic field on the lubricating properties of the nanostructured magnetic oil], *Fiziko-khimicheskie aspekty izucheniya klasterov, nanostruktur i nanomaterialov* [Physical and chemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials], 2015, issue 7, pp. 137-141. (In Russian).
10. Belov K.P. *Magnitostriksionnye yavleniya i ikh tekhnicheskie prilozheniya* [Magnetostrictive phenomena and their technical applications]. Moscow: Nauka, 1987, 160 p. (In Russian).
11. Demkin N.B., Ryzhov E.V. *Kachestvo poverkhnosti i kontakt detalej mashin* [Surface quality and contact of machine parts]. Moscow: Mashinostroenie, 1981, 244 p. (In Russian).
12. Kondakov L.A., Golubev A.I., Gordeev V.V. *Uplotneniya i uplotnitel'naya tekhnika: Spravochnik* [Seals and sealing technology: Handbook], ed. by A.I. Golubeva, L.A. Kondakova. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1994, 445 p. (In Russian).

Original paper

NANODIMENSIONAL EFFECT CHANGES IN THE SURFACE ROUGHNESS OF A MAGNETOSTRICTION NATURE

A.N. Bolotov, O.O. Novikova

Tver State Technical University, Tver, Russia

DOI: 10.26456/pcascnn/2023.15.670

Abstract: In this paper, we studied the changes in the topography of the surface of a unit made of magnetostrictive magnetoplast under the influence of a magnetic field. Theoretical analysis has shown that in composite materials when using magnetostrictive particles with a dispersion of $10^{-4} \div 10^{-6}$ m, a change in the surface roughness parameters is possible in the range of $10^{-7} \div 10^{-9}$ m, depending on the magnetostrictive constants of the filler. Local changes in the topography of the magnetoplast surface in a magnetic field with a strength of about 560 kA/m are experimentally determined, and an assessment is made of the integral changes characterizing the surface as a whole. For the experiment, a composite material containing a powder of $TeFe_2$ material with a uniquely high linear magnetostriction ($\lambda_s = 2 \cdot 10^3$) was chosen. It has been established that the effect of the surface nanoroughness changing is especially pronounced for relatively smooth surfaces and depends on the composition, concentration, size, and orientation of the microfine magnetic filler. For the studied surfaces of magnetoplasts, the change in the height parameters of roughness exceeds 5%. In absolute terms, the change in the topography of the surface is tens of nanometers. In precision engineering, the detected effect can be used to control frictional characteristics, in particular, to change the friction force without contact, control the flow of small doses of various reactive gases, and change the dynamics of wetting processes of solid surfaces.

Keywords: magnetostriction, magnetoplast, magnetic field, surface topography, surface roughness, composite material.

Болотов Александр Николаевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной физики ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»

Новикова Ольга Олеговна – к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной физики ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»

Alexander N. Bolotov – Dr. Sc., Professor, Head of the Applied Physics Department, Tver State Technical University

Olga O. Novikova – Ph. D., Full Docent, Applied Physics Department, Tver State Technical University

Поступила в редакцию/received: 06.01.2023; после рецензирования/reviised: 29.01.2023; принята/accepted: 05.02.2023.