



DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2019.4.6>

УДК 621.795

ББК 34.674

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ НАНЕСЕНИЯ НАНОМАРКИРОВКИ НА СТАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СКАНИРУЮЩЕГО ЗОНДОВОГО МИКРОСКОПА

Татьяна Викторовна Кислова

Старший преподаватель кафедры судебной экспертизы и физического материаловедения,
Волгоградский государственный университет
priori@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В работе проведены исследования возможности создания защитных маркировок нанометрового уровня пространственного разрешения на стальных изделиях различной твердости с использованием новой инновационной технологии – сканирующей зондовой микроскопии, обеспечивающей стопроцентную верификацию предметов и объектов.

Ключевые слова: защитная маркировка, сталь, твердость, сканирующий зондовый микроскоп, динамическая литография.

В последнее время все большее число изделий подвергается защитной маркировке – нанесению цифровых и буквенных обозначений, штрих-кодов, индивидуализирующих изделие. Особенно это стало актуальным с выпуском контрафактной продукции и массовым хищением транспортных средств. Номер индивидуализирует, как правило, конкретный экземпляр изделия. В случае изготовления автомобилей, оружия, драгоценных изделий это обеспечивает возможность регистрации и строго учета данных изделий. Маркировочные номера могут быть нанесены непосредственно на материал, из которого они изготовлены, либо на прикрепленных металлических или полимерных табличках. Нанесение маркировочных обозначений осуществляется различными способами [4]. На стальные изделия они наносятся путем штамповки, микрофрезерования или лазерной гравировки. Как показывает экспертная практика, такие мар-

кировочные обозначения на изделиях из металлов либо полностью удаляются путем фрезерования, срубания или спиливания слоя металла различными инструментами и приспособлениями, либо изменяются, либо на место уничтоженных знаков наносятся новые маркировки [2; 3].

Защитные маркировки должны удовлетворять ряду требований, обеспечивающих длительный срок ее сохранности во время эксплуатации, устойчивость к различным способам фальсификаций, возможность их выявления с помощью технических средств и методик, имеющихся в распоряжении экспертов.

Для дополнительной защиты изделий от подделки актуальным является нанесение наномаркировки [8]. Создание защитных маркировок нанометрового уровня пространственного разрешения на изделиях с использованием новой инновационной технологии – сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) [6],

позволит обеспечить стопроцентную верификацию предметов и объектов. Особенностью наномаркировки является ее латентность, то есть невозможность ее визуального обнаружения, в том числе и с помощью оптических приборов.

Было установлено, что долговечность, износостойчивость и четкость наномаркировки зависит от радиуса острия зонда сканирующего силового микроскопа и параметров нанесения (глубина и время воздействия зонда на материал изделия), которые в свою очередь зависят от механических свойств материала изделия [1].

Агрегаты, узлы, детали автомобилей, а также детали огнестрельного оружия, на которые наносится наномаркировка, изготавливаются из углеродистых и легированных сталей, которые подвергаются термической обработке для получения высокой твердости, прочности и пластичности [5]. Твердость также зависит от содержания углерода в стали. Эксплуатируются детали в достаточно жестких условиях. Во многих случаях на стальной поверхности происходит коррозия. Для защиты от воздействия окружающей среды на детали (например детали стрелкового оружия) наносят различные химические покрытия толщиной порядка 500 нм, что также влияет на твердость поверхностного слоя.

Для выяснения влияния механических свойств поверхности на параметры нанесения наномаркировки были выбраны образцы из низкоуглеродистой, среднеуглеродистой и специальной легированной стали, применяемой для изготовления стрелкового оружия. Твердость поверхности образцов из низколегированной стали составляла 20 HRC, среднелегированной – 45HRC, легированной – 68 HRC. Также исследованиям подвергалась деталь стрелкового оружия: спусковая тяга из легированной стали с защитным покрытием от воздействия окружающей среды при высоких температурах эксплуатации (воронение). Твердость поверхностного покрытия детали составляла 70 HRC. Сохранность нанесенных наномаркировок на стальные образцы проверялась периодическим сканированием области, в которой они были нанесены, в течении двух лет с промежутком через каждые три месяца.

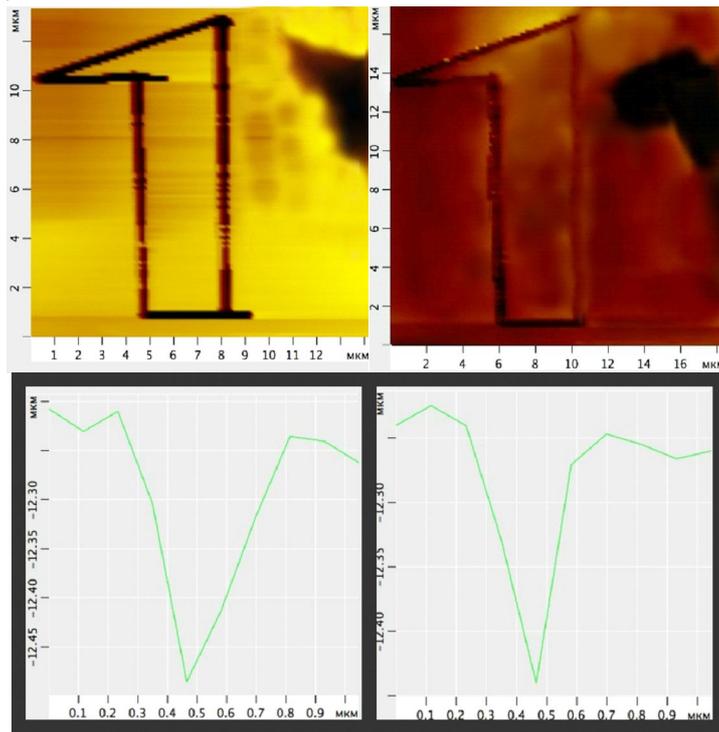
Нанесение и сканирование наномаркировочных знаков проводилось на сканирующем зондовом микроскопе NanoEducator методом динамической силовой литографии полуконтактным способом по разработанной методике [7]. С целью определения глубины проникновения зонда в образец выполнялся анализ сечения полученных сканов– изображений нанесенной наномаркировки, с помощью программного пакета, входящего в комплект СЗМ. На рисунке 1 представлен скан наномаркировки (цифра 1), выполненный на образце из среднеуглеродистой стали, непосредственно после ее нанесения (а) и по истечении двух лет (б). Под сканом представлен анализ сечений наномаркировки, по которым определена средняя глубина проникновения зонда в образец, то есть глубина нанесенных наномаркировочных знаков.

Аналогичная информация представлена для наномаркировки, нанесенной на образец из низкоуглеродистой стали (см. рис. 2) и образец из легированной стали с защитным покрытием (см. рис. 3).

Анализ и обобщение результатов по подбору оптимальных параметров воздействия на стальные поверхности приведены в таблице. Исследования показали, что чем больше твердость поверхности стали или нанесенного покрытия, тем меньше глубина проникновения зонда в образец, то есть меньше глубина наномаркировочных знаков, нанесенных при одинаковых параметрах. Поэтому численные значения параметров нанесения наномаркировочных знаков зависят от твердости и пластичности поверхности стального изделия, и подбираются в каждом конкретном случае.

Изучение поверхностных покрытий стальных деталей стрелкового оружия, применяемых для защиты от воздействия окружающей среды, позволило установить, что параметры наномодификации поверхности зависят от состава, твердости и толщины покрытия.

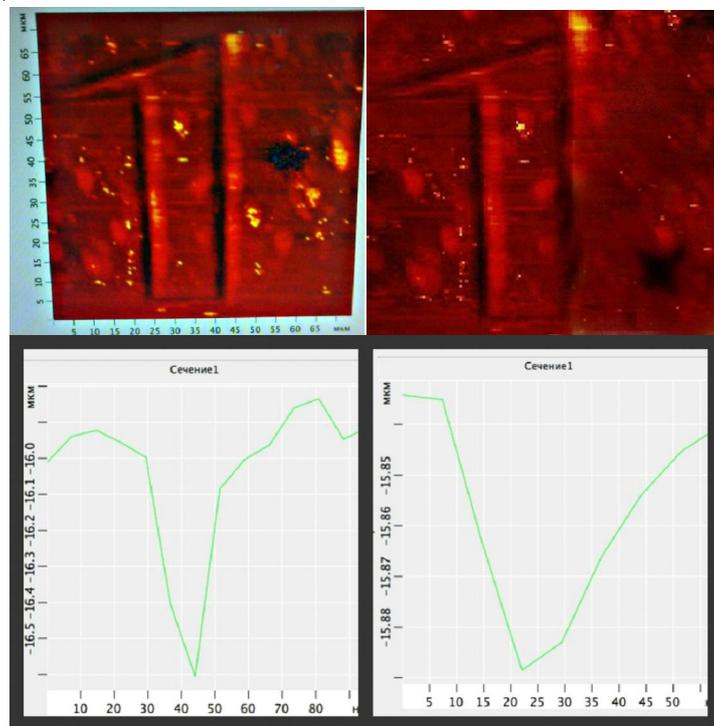
Изучение динамики поведения наномаркировки с течением времени позволили сделать вывод о длительных сроках сохранности маркировочных знаков. В целях увеличения сроков сохранности информации наномаркировочных обозначений доступ к местам их нанесения при эксплуатации должен быть ограничен.



а) б)

Рис. 1. Наномаркировка на образце из среднеуглеродистой стали и анализ сечений нанесенного знака:

а – после нанесения; б – через 2 года



а) б)

Рис. 2. Наномаркировка на образце из низкоуглеродистой стали и анализ сечений нанесенного знака:

а – после нанесения, б – через 2 года

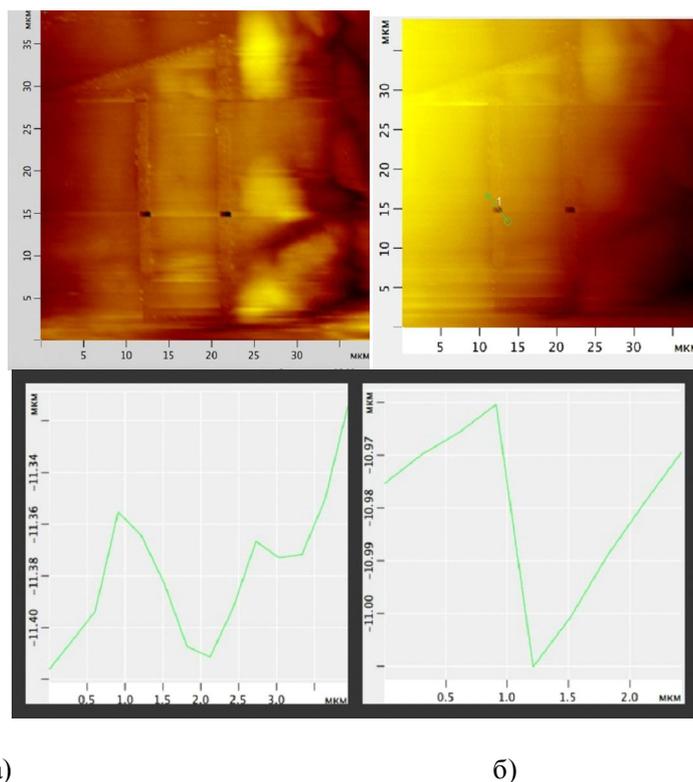


Рис. 3. Наномаркировка на образце из легированной стали с покрытием и анализ сечений нанесенного знака:

а – после нанесения, б – через 2 года

Глубина проникновения зонда в образец в зависимости от твердости стали

Материал образца	Твердость образца	Параметры нанесения наномаркировки		Глубина проникновения зонда в образец, нм	
		сила воздействия (Action), нм	время воздействия (Time Action), мкс	после нанесения	через 2 года
Низкоуглеродистая сталь	20 HRC	900	70	550–600	510–580
Среднеуглеродистая сталь	45HRC	1500	80	190–210	170–200
Легированная сталь	68HRC	1635	90	130–150	120–140
Легированная сталь с воронением	70HRC	1723	90	50–55	45–48

Выполненные исследования доказали возможность нанесения наномаркировки, обладающей высокой степенью латентности, с использованием новой инновационной технологии СЗМ, на стальные детали стрелкового оружия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возможность применения зондовых нанотехнологий для нанесения защитных маркиро-

вок / И. В. Запороцкова [и др.] // Вестник криминалистики. – 2009. – Вып. 2 (30). – 184 с.

2. Исследование нестандартных маркировочных обозначений узлов и агрегатов автотранспортных средств отечественного и зарубежного производства. – СПб. : Питер : Сев-Зап. Рег. Центр суд. Эксп. МЮ России, 2004. – 288 с.

3. Китайгородский, Е. А. Современные методы экспертного исследования маркировочных обозначений транспортных средств : метод. рекомендации / Е. А. Китайгородский, В. Е. Чесноков, Е. В. Чеснокова. – М. : ЭКЦ МВД России, 2009. – 48 с.

4. Красников, В. Ф. Маркирование и клеймение / В. Ф. Красников, Е. Л. Петренковский. – М. : Машиностроение, 2000. – 144 с.

5. Материаловедение и технология конструкционных материалов / В. Б. Арзамасов [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 448 с.

6. Миронов, В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В. Л. Миронов. – М. : Техносфера, 2004. – 143 с.

7. Патент РФ № 2365989, МПК G06K 1/00, B82B 1/00, 27.08.2009. Способ нанесения наномаркировок на изделия // Патент России № RU2365989C1. 2009. Бюл. № 24 / Запороцкова И.В., Кислова Т.В.

8. Применение зондовых нанотехнологий для нанесения защитных маркировок на изделия массового производства / И. В. Запороцкова [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия: Инновационная деятельность. – 2008. – № 10. – С. 81–87.

REFERENCES

1. Zaporozhkova I.V., Kislova T.V., Goremykina Yu.Yu., Suxarev A.G. *Vozmozhnost primeneniya zondovykh nanotekhnologiy dlya naneseniya zashchitnykh markirovok* [The Possibility of Using Probe Nanotechnology for the Application of Protective Markings]. *Vestnik kriminalistiki*, 2009, vol. 2 (30). 184 p.

2. *Issledovanie nestandardnykh markirovochnykh oboznacheniy uzlov i agregatov avtotransportnykh sredstv otechestvennogo i zarubezhnogo proizvodstva* [Research of Non-Standard Marking Designations of Units and Aggregates of Motor Vehicles of Domestic and Foreign Production]. Saint Petersburg, Piter Publ., Severo-Zapadnyy regionalnyy tsentr sudebnoy ekspertizy Ministerstva yustitsii Rossii, 2004. 288 p.

3. Kitaygorodskiy E.A., Chesnokov V.E., Chesnokova E.V. *Sovremennye metody ekspertnogo issledovaniya markirovochnykh oboznacheniy transportnykh sredstv : metod. rekomendatsii* [Modern Methods of Expert Research of Vehicle Markings: Guidelines]. Moscow, EKTs MVD Rossii, 2009. 48 p.

4. Krasnikov V.F., Petrenkovskiy E.L. *Markirovanie i kleymenie* [Marking and Branding]. Moscow, Mashinostroenie, 2000. 144 p.

5. Arzamasov V.B. Volchkov A.N., Golovin V.A., Kuznetsov V.A., Smirnova E.E., Cherepakhin A.A., Shlykova A.V., Shpunkin N.F. *Materialovedenie i tekhnologiya konstruksionnykh materialov* [Materials Science and Technology of Structural Materials]. Moscow, Akademiya Publ., 2009. 448 p.

6. Mironov V.L. *Osnovy skaniruyushchey zondovoy mikroskopii* [Basics of Scanning Probe Microscopy]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2004. 143 p.

7. Zaporozhkova I.V., Kislova T.V. Patent RF № 2365989, МПК G06K 1/00, B82B 1/00, 27.08.2009. *Sposob naneseniya nanomarkirovok na izdeliya* [Patent of the Russian Federation no. 2365989, MPK G06K 1/00, B82B 1/00, August 27, 2009. Method of Applying Nanomaterial Products]. *Patent Rossii RU2365989C1. 2009. Byul. № 24* [Russian Patent RU2365989C1. 2009. Bull. no. 24].

8. Zaporozhkova I.V., Kislova T.V., Goremykina Yu.Yu., Suxarev A.G. *Primenenie zondovykh nanotekhnologiy dlya naneseniya zashchitnykh markirovok na izdeliya massovogo proizvodstva* [Application of Nanotechnology to Probe the Application of Protective Markings on the Products of Mass Production]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Innovacionnaya deyatel'nost'* [Science Journal of Volgograd State University. Technology and Innovations], 2008, no. 10, pp. 81-87.

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF APPLYING NANOMARKING ON STEEL SURFACES WITH A SCANNING PROBE MICROSCOPE

Tatyana V. Kislova

Senior Lecturer, Department of Forensic Science and Physical Materials Science,
Volgograd State University
priori@volsu.ru
Prosp. Universitetskyy, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. Recently, an increasing number of products are subject to protective labeling-application of digital and letter designations, barcodes that individualize the product.

This has become especially relevant with the release of counterfeit products and mass theft of vehicles. The number usually individualizes a specific instance of the product. In the case of manufacturing cars, weapons, and precious items, this makes it possible to register and strictly account for these items. Marking numbers can be applied directly to the material they are made of, or to attached metal or polymer plates. Marking symbols are applied in various ways. They are applied to steel products by stamping, micro-milling or laser engraving. As expert practice shows, such markings on metal products are either completely removed by milling, cutting or sawing the metal layer with various tools and devices, or changed, or new markings are applied to the place of destroyed marks. The paper studies the possibility of creating protective markings of the nanometer level of spatial resolution on steel products of different hardness using a new innovative technology-scanning probe microscopy, which provides one hundred percent verification of items and objects.

Key words: protective marking, steel, hardness, scanning probe microscope, dynamic lithography.