УДК 621.378

Е.И.ПРЯХИН, *д-р техн. наук, профессор, mthi@spmi.ru*
Е.В.ЛАРИОНОВА, *канд. техн. наук, доцент, mthi@spmi.ru*
Е.А.ЗАХАРЕНКО, *инженер-программист, mthi@spmi.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

E.I.PRYAKHIN, *Dr. in eng. sc., professor, mthi@spmi.ru*
E.V.LARIONOVA, *PhD in eng. sc., associate professor, mthi@spmi.ru*
E.A.ZAKHARENKO, *software engineer, mthi@spmi.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

СОЗДАНИЕ И АПРОБАЦИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

В статье проводится анализ существующих методов нанесения матричных двухмерных кодов. Приводится описание разработанного аппаратно-программного комплекса для нанесения информационных полей, включающих логотип, штрих-код, нанобар-код. Проводится сравнительный анализ размерных характеристик существующих двухмерных кодов и нанобар-кода. Приводятся примеры нанесения нанобар-кодов на различных материалах.

***Ключевые слова*:** металлообработка, лазерная маркировка, штрих-коды, двухмерные коды, нанобар-код, информационные поля, аппаратно-программный комплекс, кодирование, декодирование.

CREATING AND APPROBATION OF THE HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR INFORMATION FIELDS APPLICATION ON THE SURFACE OF PRODUCTS

The article analyzes the existing methods for applying the matrix two-dimensional codes. The article describes the developed hardware and software system for the application of the information fields that include: logo, barcode, nanobar code. A comparative analysis of the dimensional characteristics of the existing two-dimensional codes and nanobar code is also discussed. The examples of application nanobar codes on various materials are reviewed.

***Key words*:** metal-working, laser marking, bar code, two-dimensional code, nanobar code, information fields, hardware and software complex, encoding, decking.

Широко применяемые в настоящее время методы маркировки металлопродукции в основном основаны на маркировке промежуточных носителей – этикетки, бирки, упаковка. Появившиеся в последнее время методы прямой маркировки на изделиях (метод выдавливания текста, надписи с помощью электроискрового карандаша и т.д.) не находят широкого применения из-за возможности их подделки и в связи с невозможностью введения большого объема информации. С использованием штрих-кодов, наносимых с помощью лазеров на поверхность готовой продукции, обеспечивается значительно бóльшая защита этой продукции от контрафакта. Нанесение двухмерных высокоплотных штрих-кодов прямо на изделия позволяет решать еще одну важную

задачу – размещение на самом изделии нужной информации с характеристикой условий его изготовления и эксплуатации [3]. Однако, до сих пор достаточно широкого применения непосредственное штрих-кодирование продукции с помощью маркировочных лазеров не получило. Это объясняется следующими причинами:

• технология лазерной маркировки готовой продукции с помощью штрих-кодов достаточно сложная, требует высокой квалификации инженерно-технического персонала, способного наносить на изделия «читаемые» штрих-коды;

• при необходимости введения в штрих-код достаточно большого объема информации (более 1000 знаков, т.е. 0,5 листа формата А4) заметно увеличиваются габаритные размеры самих штрих-кодов, в том числе и двухмерных матричных штрих-кодов (PDF417, Datamatrix, QR, MaxiCode и др.), соответственно, для большого количества продукции, имеющей небольшие габариты, использование таких штрих-кодов невозможно;

• прямое нанесение на готовую продукцию штрих-кодов не гарантирует абсолютную защиту, так как существующие маркировочные лазеры и прилагаемые к ним пакеты компьютерных программ позволяют производителям контрафактной продукции имитировать нужные штрих-коды на этой продукции (ГОСТ 15426-1-2002).

На основании анализа недостатков существующих технологий штрих-кодирования готовой продукции был разработан аппаратно-программный комплекс (АПК), реализующий два технологических процесса для формирования штрих-кодов нового поколения (нанобар-кодов):

– нанесение с наноразмерной точностью новых наноформатных матричных штрих-кодов с ультравысокой плотностью записи битовой закодированной информации (информационного поля) непосредственно на поверхности изделий из металлических, неорганических и полимерных материалов;

– идентификация зашифрованной информации.

Реализация указанных процессов обеспечит нанесение непосредственно на поверхность маркируемого объекта зашифрованной битовой информации в виде графического (в том числе цветного) изображения логотипа предприятия и одновременно создание на его поверхности лицевой карты изделия (информационного поля) с большим объемом информации на небольшой площади, что позволит обеспечить абсолютную защиту маркируемой продукции от подделок и одновременно непосредственно на самом изделии хранить большой объем технической и иной информации, важной для обеспечения его надежной и долгосрочной эксплуатации.

Разрабатываемый АПК представлен тремя модулями: прецизионный импульсный лазер, управляющий блок и сканирующее устройство.

Управляющий модуль позволяет передать требуемую информацию в виде закодированного текста и(или) цветного изображения (например, логотипа предприятия) с компьютера по специальной оригинальной программе в программный блок лазера, который по заданной программе формирует цветное изображение и(или) соответствующее информационное поле на металлической поверхности маркируемого изделия [1, 4] (рис.1).



Рис.1 .Примеры нанесения линейного штрих-кода (*а*), двумерного (*б*) штрих-кода и логотипа (в)

Получаемое с помощью АПК информационное поле по сравнению с существующими аналогами содержит значительно больший объем текстовой информации на малой площади поверхности изделия, так как прецизионный импульсный лазер позволяет обеспечить высокую плотность записи информации за счет ее технологического сжатия. Так, например, на площади 1 $см^2$ можно записать информацию объемом до двух страниц текста формата А4, а на площади 4 $см^2$ – до четырех страниц текста. При необходимости АПК позволяет с высокой точностью воспроизводить логотип предприятия, в том числе и многоцветный.

Сравнение размерных характеристик предлагаемого нанобар-кода и двухмерных штрих-кодов при кодировании машинописного текста:

Количество кодируемых символов		
100 (1 строка)	1000 (2/3 страницы)	10000 (6,5 страницы)
Площадь, занимаемая сформированным кодом, мм		
Нанобар-код (при единичном модуле 50 мкм)		
2,41×2,41	4,75×4,75	14,41×14,41
QR code (1mil = 254 мкм)		
11,00×11,00	32,00×32,15	Не поддерживается
PDF 417 (1 mil = 254мкм)		
15,90×13,50	33,75×33,60	Не поддерживается
Data matrix (1mil = 254 мкм)		
19,05×19,05	55,05×55,05	159,08×159,08

Введенные в информационное поле данные будут сохраняться без изменений и потерь в течение всего срока эксплуатации изделия, а при аварийном разрушении изделия позволят, используя имеющуюся в лицевой карте информацию, сделать объективное экспертное заключение о причине аварийного разрушения изделия.

Неотъемлемой составной частью АПК является модуль, включающий считывающее устройство оригинальной конструкции, предназначенное для распознавания закодированных знаков и передачи их изображения в управляющий модуль для декодирования по специальной программе и прочтения записанной информации. Благодаря использованию в составе сканирующего устройства цифрового микроскопа, позволяющего увеличивать изучаемый объект до 200 раз, его разрешение оказывается в 5-10 раз выше, чем у серийных сканеров, применяемых для считываний штрих-кодов.

Алгоритм процесса состоит в следующем. Цифровая информация в виде текста, изображения, исполняемого файла, аудио-, видеофайла и т.д. преобразуется в битовый формат и загружается в программу кодировки, причем текстовая информация может быть непосредственно загружена в программу кодировки. В программе кодировки информация обрабатывается с использованием случайных величин при генерации индивидуального ключа. В автоматическом режиме в программе кодировки генерируется программа управления лазерным комплексом на основе входных данных:

- класса и технологических особенностей лазера;
- свойств материала, на который будет наноситься штрих-код нового поколения;
- технологических режимов обработки материала.

По сгенерированной программе лазерная установка выполняет наноформатирование поверхностного или подповерхностного слоя, в результате чего формируется информационное поле непосредственно на изделии [2].

Используя цифровой мобильный микроскоп, получают цифровое изображение информационного поля, которое загружается в специальную программу декодирования. Декодирование производится с визуализацией процесса, таким образом реализуется обратная связь, позволяющая корректировать декодирование информации в режиме реального времени. Декодированная информация сохраняется в отдельном файле.

Апробация реализованного при помощи АПК алгоритма получения и идентификации принципиально новых наноформатных матричных нанобаркодов была осуществлена на изделиях из металлических, неорганических и полимерных материалов. На рис.2 представлены изображения нанобар-кодов на их поверхности.

Полученные изображения были оцифрованы и обработаны при помощи оригинальной программы декодирования изобра-

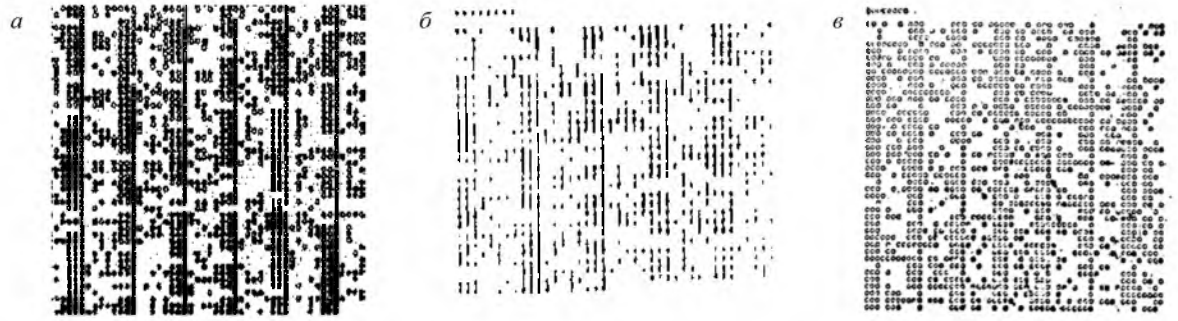


Рис.2. Нанобар код на различных материалах: *а* – металлическая фольга; *б* – исландский шпат; *в* – полимерная пленка Tesa Laser

жения. Точность передачи закодированной в нанобар-коде информации на всех испытанных образцах составила 100 %.

Таким образом, разработанный АПК продемонстрировал следующие свои уникальные возможности в формировании нанобар-кодов:

– обеспечение наноразмерного формата символики, определяемого высокой прецизионностью лазерного нанесения символов кода;

– применение специальной кодировки вводимой информации с использованием генератора случайных величин, исключающей возможность прочтения записанного текста без знания индивидуального кодировочного ключа;

– возможность размещения большого объема информации (14 страниц формата А4) на небольшой площади (36 мм^2) за счет ультравысокого сжатия;

– использование считывающих устройств со значительно более высокой разрешающей способностью по сравнению с существующими сканерами, применяемыми для стандартных штрих-кодов.

Разработанный АПК, не имеющий в настоящее время аналогов в России и за рубежом, может быть успешно использован для маркировки и идентификации серийно выпускаемой продукции широкого назначения.

Реализация апробированного процесса получения и идентификации нанобар-кодов нового поколения в промышленных масштабах позволит создать реальные предпосылки для резкого сокращения производства контрафактной продукции широкого назначения не только в России, но и за рубежом. Предлагаемая технология маркировки металлоизделий в силу своей специфики позволяет практически полностью исключить подделки, так как для этого требуется специальное оборудование и специальное программное обеспечение. Такая маркировка позволяет формировать на самом изделии лицевую карту с большим объемом информации, позволяющей в случае необходимости иметь полное представление о тактико-технических и эксплуатационных характеристиках, а в случае необходимости составления экспертного заключения о аварийном разрушении или выходе из строя данного изделия.

Реализованный при помощи разработанного АПК процесс маркировки металлопродукции с целью ее защиты и идентификации может найти применение в различных отраслях промышленного производства в связи с его высокой эффективностью, высокой производительностью и относительно невысокой стоимостью самого процесса, в первую очередь, в следующих отраслях:

– автомобильная промышленность и эксплуатация автотранспорта;

– железнодорожный транспорт;

– производство металлопродукции широкого назначения.

Применение идентификационной метки для маркировки любых изделий из металла, органических (полимерах) и неорганических материалах, в том числе и с окрашенной поверхностью, а также технически несложных средств контроля подлинности маркеров, может в разы сократить производство и продажу контрафактной продукции, включая предметы бытовой техники, запасные части для автомобилей, самолетов и т.д., что

не только повысит надежность эксплуатации соответствующих изделий, но и выведет из теневого оборота производство этих изделий.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.B37.21.1095 «Исследование процесса наноразмерного нанесения и считывания битовой зашифрованной информации с поверхности изделий из различных материалов для защиты их от подделок, паспортизации и идентификации».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Афонькин М.Г.* Формирование цветных структур на поверхности металла лазерным излучением: Монография / М.Г.Афонькин, Е.В.Ларионова. СПб, 2010. 205 с.

2. *Афонькин М.Г.* Анализ технологических возможностей лазерно-гравировальных комплексов / М.Г.Афонькин, Е.В.Ларионова, С.Г.Горный // Фотоника. М., 2010. Вып.5/2010. С.4-7.

3. *Горный С.Г.* Лазерная маркировка. Лазерная технология и ее применение в металлообработке / С.Г.Горный, И.Р.Емельченков. Л., 1990. С.42-70.

4. Патент № 2357844 РФ. Способ получения цветного изображения на металлических поверхностях / М.Г.Афонькин, В.Б.Звягин, Е.В.Ларионова, Е.И.Пряхин. Опубл. 10.02.2009. Бюл.№ 16.

REFERENCES

1. *Afonkin M.G., Larionova E.V.* Formation of colored structures on the surface of the metal laser: Monograph. Saint Petersburg, 2010. 205 p.

2. *Afonkin M.G., Larionova E.V., Gorny S.G.* The analysis of technological capabilities of laser engraving systems // Photonics. Moscow, 2010. Issue.5/2010. P.4-7.

3. *Gorny S.G., Emelchenkov I.R.* Laser marking. Laser technology and its application in metal. Leningrad, 1990. P.42-70.

4. Patent of the Russian Federation N 2357844. A method of producing a color image on the metal surfaces / M.G.Afonkin, V.B.Zvyagin, E.V.Larionova, E.I.Pryakhin. Publ. 10.02.2009. Bul. N 16.