

УДК 620.1

*М.А. Горбовец¹, А.В. Славин¹***КОДИРОВАННАЯ МАРКИРОВКА ОБРАЗЦОВ
ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-10-125-132

Проведен анализ существующих способов штрихового кодирования и оценена возможность и целесообразность их использования применительно к образцам для испытаний. В качестве объектов рассмотрены образцы для наиболее востребованных испытаний по определению физико-механических свойств металлических материалов. Для идентификации металлических образцов для высокотемпературных испытаний оптимальным решением является нанесение полной (расширенной) маркировки на упаковку и сокращенной маркировки – на торец образца. Для автоматизации идентификации образца целесообразно наносить штриховое кодирование на упаковку образца.

Ключевые слова: *нормативная документация, система менеджмента качества (СМК), авиадвигателестроение, конструкционные материалы, испытания.*

*М.А. Gorbovets¹, A.V. Slavin¹***THE CODED MARKING OF SPECIMENS
FOR HIGH-TEMPERATURE TESTS**

The analysis of existing ways of bar code is carried out and opportunity and expediency of their use with reference to test pieces is evaluated. As objects samples for the most demanded tests by determination of physicomechanical properties of metal materials are considered. For identification of metal samples for high-temperature tests by the optimum decision drawing complete (expanded) marking on packaging and the reduced marking on sample end face is. For automation of identification of sample it is reasonable to put shaped coding on sample packaging.

Keywords: *normative documentation, quality management system (QMS), aviaengine building, constructional materials, tests.*

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials» State Research Center of the Russian Federation]; e-mail: admin@viam.ru

Введение

В современном авиадвигателестроении большое внимание уделяется показателям долговечности, надежности и безотказности узлов и элементов конструкции, что, в свою очередь, предъявляет высокие требования к материалам, применяемым в конструкции [1–4].

Оценку физико-механических свойств материалов для определения достоверных значений проводят в аккредитованных испытательных лабораториях. Требования к испытательным лабораториям содержатся в ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009. В частности, одним из требований является обеспечение идентификации объекта испытания (п. 5.8.2): «В лаборатории должна быть система идентификации объектов испытаний и/или калибровки. Идентификация должна сохраняться на протяжении всего пребывания объекта в лаборатории. Система должна быть спроектирована и действовать таким

образом, чтобы не допустить путаницы объектов физически или при ссылках на них в протоколах или других документах...» [5]. Самым надежным способом для идентификации образца является нанесение маркировки (и другой идентификационной информации) непосредственно на него, даже если он будет отделен от упаковки и перемешан с другими образцами. Однако нанесение буквенно-цифровой маркировки (частично или полностью) на образец (и на упаковку) не всегда возможно, ввиду его габаритов и конструктивных особенностей. Одним из возможных способов решения вопроса нанесения большого объема идентификационной информации на небольшой площади является использование штрихового кодирования, которое нашло широкое применение в промышленном производстве.

Работа выполнена в рамках реализации комплексной научной проблемы 2.2. «Квалификация и исследования материалов» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1].

Материалы и методы

Проведен анализ существующих способов штрихового кодирования для автоматической идентификации образцов и оценена возможность и целесообразность их использования применительно к образцам из жаропрочных сплавов для высокотемпературных испытаний. В качестве объектов рассмотрены образцы для наиболее востребованных испытаний по определению физико-механических свойств металлических материалов – статических (ГОСТ 1497–84, ГОСТ 9651–84, ГОСТ 10145–81) и усталостных (ГОСТ 25.502–79, ASTM E606). В качестве способов идентификации образцов рассмотрены визуальный (нанесение буквенно-цифровой маркировки на образец или упаковку образца) и автоматизированные (нанесение штрихового кодирования, содержащего информацию для идентификации образца, по существующим технологиям на образец или упаковку образца).

Результаты и обсуждение

Жаропрочные сплавы, применяемые в авиационных двигателях, используются для изготовления таких видов деталей, как диск, вал, лопатка, корпус. Образцы для оценки уровня физико-механических свойств жаропрочных материалов получают из заготовок, вырезанных либо из готового изделия, либо из полуфабриката. Для полуфабрикатов из жаропрочных материалов характерными формами являются прутки, отливка, штамповка, поковка, раскатное кольцо, плита и т. п. Изготовление больших размеров образцов из таких заготовок нецелесообразно ввиду ограниченных размеров и с целью экономии дорогостоящего металла. Применяемые на предприятиях отрасли образцы для испытаний, с целью оценки физико-механических свойств жаропрочных материалов, имеют длину 70–80 мм, цилиндрическую форму с рабочей частью постоянного сечения диаметром около 3–5 мм с плавным переходом к захватной части (резьбовой или безрезьбовой) диаметром 10–14 мм с плоскими торцами с центровочными отверстиями (рис. 1) [6–9].

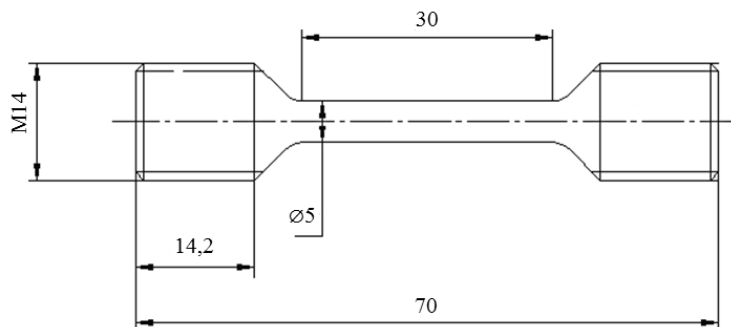


Рис. 1. Типичная форма образца для испытаний жаропрочных сплавов

Такие образцы применяются для проведения испытаний для определения физико-механических характеристик жаропрочных материалов при температурах от комнатной до 1200°C с длительностями температурно-силового воздействия до 1000 ч.

Одно из основных требований к маркировке образцов – это уникальность, что должно исключить вероятность получения различных результатов для одного номера образца. Для этого, как правило, в маркировку включаются кодовые (буквенно-цифровые) обозначения номера договора, по которому проводится работа, номера и шифра полуфабриката, из которого вырезан образец, направления и места вырезки из полуфабриката, особенности технологии и структуры, номера партии, кристаллографической ориентации, вида или кода испытания/исследования, условий испытания, кода исполнителя и т. п. В результате уникальная маркировка может содержать 10–20 символов. Кроме того, желательно наличие в непосредственной близости от образца (например, на упаковке) подобной информации в незашифрованном виде для удобства работы испытателя.

Наносимая маркировка не должна оказывать влияние на результаты испытания и при этом сохраняться после испытания для обеспечения идентификации образца вплоть до его утилизации. При этом при разрушении образца (разделение на две части) необходимо идентифицировать каждую половину. Таким местом (для рассматриваемых образцов) может быть торец образца, так как это плоская поверхность круглой формы площадью около 60–75 мм² (диаметром 9–10 мм) с двух сторон образца.

При нанесении маркировки минимальный отступ от края поверхности должен быть не менее 1 мм. Расположение маркировки на торцах образца возможно двумя способами – по концентрической окружности (рис. 2, а) и прямоугольными блоками (рис. 2, б).

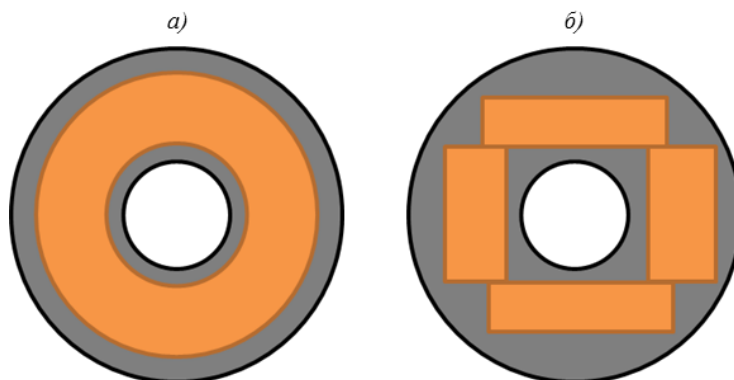


Рис. 2. Варианты нанесения маркировки на торец образца для испытаний:
а – по концентрической окружности; б – прямоугольными блоками

Маркировка также может быть нанесена на упаковку образца. Минимальная площадь поверхности образца для размещения маркировки составляет 1300 мм². В отличие от торца образца, на упаковке возможно размещение гораздо большего объема информации.

Маркировка образца может быть предназначена для визуальной идентификации (буквенно-цифровая) человеком и для автоматической (штриховое кодирование, RFID) идентификации с помощью специальных устройств, а также возможно совмещение обоих вариантов маркировки.

Маркировка для визуальной идентификации образца (буквенно-цифровая)

Такой вид маркировки предназначен, в первую очередь, для идентификации образца человеком с помощью зрения – без использования дополнительных приборов. Оптимальный размер символа для чтения невооруженным глазом 2×2 мм, минимальный 1×1 мм.

При нанесении буквенно-цифровой маркировки по концентрической окружности максимальное количество символов составляет 16 шт. при размере 2×2 мм и 32 шт. – при размере 1×1 мм.

При нанесении буквенно-цифровой маркировки прямоугольными блоками максимально возможно нанести 4 символа при размере 2×2 мм и 18 символов – при размере 1×1 мм.

При нанесении маркировки на упаковку образца возможно размещение гораздо большего числа символов, что ограничивается только ее размерами. Минимальное количество буквенно-цифровых символов для упаковки, незначительно превышающей габариты образца, составит 100–300 шт. На упаковке большего размера возможно размещение еще большего количества информации.

Нанесение буквенно-цифровой маркировки на образец позволяет визуально однозначно его идентифицировать без использования дополнительных устройств. При этом есть вероятность, что после проведения испытания маркировка будет повреждена или хуже восприниматься визуально из-за окисления поверхности после воздействия температур. Достоверно прочитать поврежденную маркировку (даже при повреждении одного символа) невозможно.

Маркировка для автоматической идентификации образца (с помощью дополнительного оборудования)

Любой способ автоматической идентификации требует дополнительных приборов считывания и программного обеспечения для расшифровки. В настоящее время существует три основных вида автоматической идентификации: RFID-метка, линейный штрих-код, двумерный штрих-код.

Для обозначенных целей не подходит RFID-метка (ГОСТ Р 54621–2011) (рис. 3, а), поскольку является радиометкой и может быть либо наклеена, либо прикреплена другим способом, что невозможно в случае образца для испытаний, так как в ходе испытаний метка будет повреждена.

Линейные штрих-коды (ГОСТ Р ИСО/МЭК 15417–2013, ГОСТ Р ИСО/МЭК 16388–2017 и др.) (рис. 3, б) также не могут быть использованы, так как минимальный размер для считывания лазерным сканером должен быть 5×20 мм. В качестве носителя информации выступают вертикальные темные линии и светлые промежутки между ними фиксированной ширины. Каждая полоса или промежуток – это 1 бит информации. Чтение информации сканером происходит только в горизонтальном направлении при определенной ориентации штрих-кода.

Двумерные (матричные) штрих-коды позволяют зашифровать большой объем информации на меньшей площади по сравнению с линейными штрих-кодами, поскольку более эффективно используют площадь нанесения. Двумерные штрих-коды состоят из набора темных и светлых точек (модулей), распределенных по всей площади рисунка, каждая из которых – это 1 бит информации, и специальных шаблонов ориентации, которые позволяют сканировать штрих-коды под любым углом. Основными типами двумерных штрих-кодов являются: Aztec code (ГОСТ Р ИСО/МЭК 24778–2010) (рис. 3, в), QR-code (ГОСТ Р ИСО/МЭК 18004–2015) (рис. 3, г), Data matrix code (ГОСТ Р ИСО/МЭК 16022–2008) (рис. 3, д), PDF417 code (ГОСТ Р ИСО/МЭК 15438–2018) (рис. 3, е). Все типы штрих-ходов содержат коды коррекции ошибок, что позволяет считать информацию даже при частичном повреждении изображения штрих-кода.

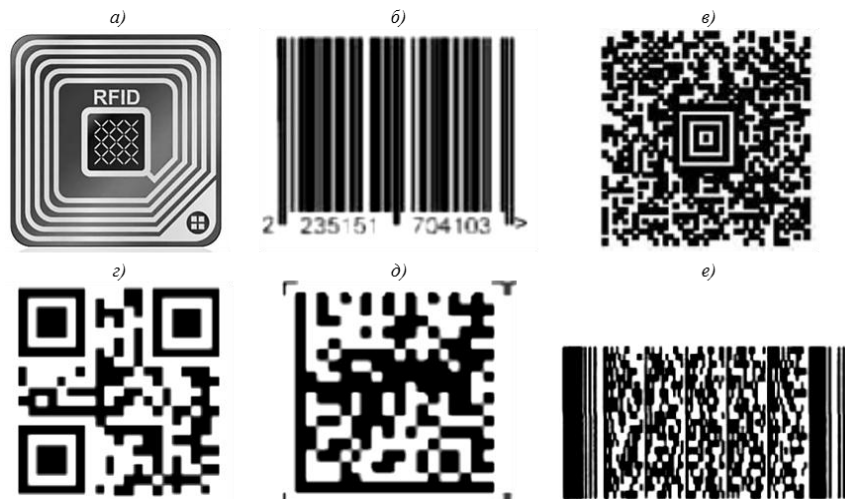


Рис. 3. Типичный вид кодов автоматической идентификации:

a – RFID-метка; *б* – линейный штрих-код; *в* – Aztec code; *г* – QR-code; *д* – Data matrix code; *е* – PDF417 code

Каждый из двумерных штрих-кодов использует различные алгоритмы считывания информации и площадь символа используется по-разному. Aztec code использует в качестве шаблона поиска и ориентации набор концентрических квадратов в центре символа, QR-code использует для этой цели квадратные символы по углам штрих-кода, Data matrix code (DMC) использует границы символа толщиной в 1 модуль, PDF417 использует набор вертикальных полос по краям символа. Исходя из этих особенностей, представляется, что Data matrix code позволяет на одинаковой площади разметить больше модулей информации. Для проверки предположения сгенерированы штрих-коды с одинаковой информацией – ссылкой на сайт Испытательного центра ФГУП «ВИАМ» (рис. 4).

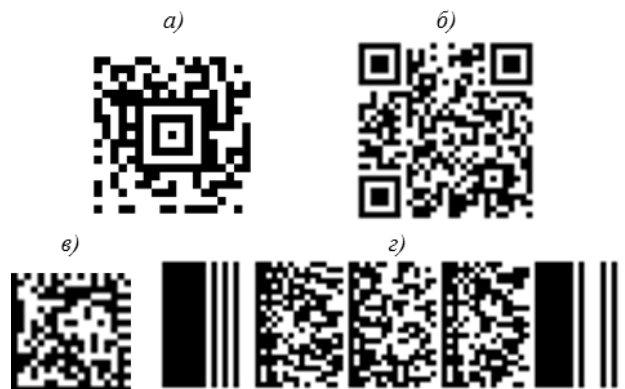


Рис. 4. Зашифрованная ссылка на сайт Испытательного центра ФГУП «ВИАМ»

<http://isp.viam.ru>:

a – Aztec code; *б* – QR-code; *в* – Data matrix code; *г* – PDF417 code

Наиболее эффективно площадь нанесения позволяет использовать Data matrix code, кроме того, для такого типа штрих-кодов возможны самые маленькие размеры: 10×10 модулей.

Максимальный размер штрих-кода, который можно разместить на торце рассматриваемого образца, составляет 2×2 мм, что позволяет нанести штрих-код 14×14 модулей.

В таком штрих-коде можно зашифровать не более 10 латинских букв и цифр (по предлагаемой схеме кодировки) либо 16-разрядное число или 6 байтов информации.

Использование буквенно-цифрового набора символов (прямое указание маркировки) позволит прочитать маркировку на экране дешифрующего устройства, однако такой подход ограничивает количество символов 10 латинскими буквами и цифрами. Маркировка образцов для однозначной идентификации должна быть уникальной и неповторяющейся, поэтому зачастую содержит большой объем информации: номер плавки, шифр заготовки, место и направление вырезки, порядковый номер и т. п. В 10 символах разместить это затруднительно. Поэтому штрих-код целесообразно использовать не сам по себе, а вместе с базой данных предприятия, где каждому образцу будет присвоен сквозной цифровой идентификационный номер (от 10-значного до 16-разрядного), по которому в базе данных можно найти всю информацию об образце (по сути, это ссылка в базу данных), включая маркировку. Именно этот номер и следует зашифровать в штрих-коде. Такой подход требует наличия на предприятии базы данных, фиксирующей прохождение этапов производства образца начиная с этапа получения полуфабриката из исследуемого материала.

Визуально прочитать такой код невозможно, для расшифровки потребуется сканирующее устройство и программное обеспечение по дешифровке. Поэтому целесообразно дополнительно к штрих-коду наносить буквенно-цифровую маркировку, хотя бы в усеченном виде, по которой можно будет идентифицировать образец в рамках одной партии образцов (рис. 5).



Рис. 5. Пример комплексной маркировки

Следует учитывать, что при проведении испытаний, особенно высокотемпературных, штрих-код может быть частично поврежден как в результате окисления, так и в результате механического воздействия (например, при испытаниях на МЦУ) [10–12]. Несмотря на то что ДМС имеет функцию коррекции ошибок и для размера 14×14 модулей возможно корректное считывание при повреждении до 30% кода, этого может оказаться недостаточно и код не будет распознан.

Если же штрих-код наносить на упаковку образца, то возможно размещение кода большего размера, что обеспечит более надежное считывание информации.

Для нанесения маркировки на металлический образец необходимо иметь ЧПУ-гравер для нанесения штрих-кода, комплект сканеров высокого разрешения для считывания кодов, программное обеспечение для шифровки и дешифровки кода, базу

данных по образцам. Для нанесения маркировки на упаковку можно использовать принтер, но желательно иметь принтер для печати наклеек, чтобы закреплять информацию на упаковке сразу при производстве.

Необходимо также иметь в виду, что при нанесении штрих-кода на образец возможно образование «выплесков» металла по границам штрих-кода, что может нарушить требования к плоскости и параллельности торцов для усталостных испытаний [13–15].

Наиболее оптимальным решением является нанесение маркировки и DMC (содержащего информацию об образце или ссылку в базу данных) на упаковку образца с нанесением части буквенно-цифровой маркировки на торец образца. Нанесение DMC на торец образца для высокотемпературных и усталостных испытаний не является достаточно оправданным решением ввиду достаточно вероятного сильного повреждения кода в ходе испытания. Таким образом, достоверно использовать маркировку можно только до испытания, хотя не менее важно сохранение ее после испытания, особенно для образцов, предназначенных для хранения на период эксплуатации изделия. Кроме того, нанесение DMC на образец требует приобретения дополнительного оборудования, такого как ЧПУ-гравер и сканер высокого разрешения.

Заключения

1. Для идентификации рассмотренных цилиндрических образцов металлических материалов для высокотемпературных испытаний оптимальным решением является нанесение полной (расширенной) маркировки на упаковку и сокращенной маркировки – на торец образца, по которой можно однозначно идентифицировать образец в пределах партии образцов. При этом необходимо принять меры по исключению возможности перемешивания образцов из разных партий.

2. Для нанесения расширенной информации об образце целесообразно использовать Data matrix code и наносить его на упаковку образца. При этом желательно иметь на предприятии базу данных с полной информацией об истории образца.

3. Нанесение Data matrix code на торец образца является неоднозначным решением. Несмотря на то что это обеспечивает однозначную идентификацию образца, весьма вероятно повреждение кода в ходе испытания, при этом требуются дополнительные траты на приобретение оборудования для нанесения кода на образец.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // *Авиационные материалы и технологии*. 2015. №1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
2. Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Ломберг Б.С., Сидоров В.В. Приоритетные направления развития технологий производства жаропрочных материалов для авиационного двигателестроения // *Проблемы черной металлургии и материаловедения*. 2013. №3. С. 47–54.
3. Каблов Е.Н. Материалы нового поколения – основа инноваций, технологического лидерства и национальной безопасности России // *Интеллект и технологии*. 2016. №2 (14). С. 16–21.
4. Каблов Е.Н. Материалы и технологии ВИАМ для «Авиадвигателя» // *Пермские авиационные двигатели*. 2014. №31. С. 43–47.
5. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М.: Стандартинформ, 2018. 31 с.
6. Горбовец М.А., Беляев М.С., Рыжков П.В. Сопротивление усталости жаропрочных никелевых сплавов, полученных методом СЛС // *Авиационные материалы и технологии*. 2018. №3. С. 50–55. DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-3-50-55.

7. Горбовец М.А., Кочетков Д.А., Ходинев И.А. Анализ и сравнение российского и зарубежного стандартов, устанавливающих методы испытаний на термомеханическую усталость // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2017. №4. Ст. 11. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 03.04.2019). DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-4-11-11.
8. Соловьев А.Е., Голынец С.А., Хвацкий К.К., Асланян И.Р. Проведение статических испытаний при растяжении на машинах фирмы Zwick/Roell // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2015. №8. Ст. 12. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 03.04.2019). DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-8-12-12.
9. Летников М.Н., Ломберг Б.С., Оспенникова О.Г., Бакрадзе М.М. Влияние скорости охлаждения при закалке на микроструктуру и свойства жаропрочного деформируемого никелевого сплава ВЖ175-ИД // Авиационные материалы и технологии. 2019. №2. С. 21–30. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-2-21-30.
10. Дзунович Д.А., Лукина Е.А., Яковлев А.Л. Влияние режимов термической обработки на технологичность и механические свойства листов из высокопрочного титанового сплава BT23 // Авиационные материалы и технологии. 2018. №3. С. 3–10. DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-3-3-10.
11. Солонина О.П., Глазунов С.Г. Жаропрочные титановые сплавы. М.: Металлургия, 1976. 448 с.
12. Базылева О.А., Бондаренко Ю.А., Тимофеева О.Б., Хвацкий К.К. Влияние кристаллографической ориентации на структуру и свойства сплава ВКНА-1В // Металлургия машиностроения. 2012. №4. С. 3–7.
13. Поварова К.Б., Базылева О.А., Казанская Н.К., Дроздов А.А. и др. Конструкционные жаропрочные сплавы на основе Ni₃Al: получение, структура и свойства // Материаловедение. 2011. №4. С. 39–48.
14. Nagesha A., Goyal Sunil, Nandagopal M. et al. Dynamic strain ageing in Inconel Alloy 783 under tension and low cycle fatigue // Materials Science and Engineering: A. 2012. Vol. 546. P. 34–39.
15. Dong C., Yu H., Li Y. et al. Life modeling of anisotropic fatigue behaviour for a single crystal nickel-base superalloy // International Journal of Fatigue. 2014. Vol. 61. P. 21–27. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2013.11.026.