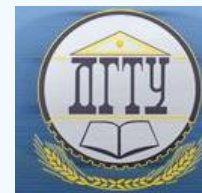


МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ MACHINE BUILDING AND MACHINE SCIENCE



УДК 620.179.18

<https://doi.org/10.23947/1992-5980-2018-18-4-421-425>

Информационно-измерительный комплекс для неразрушающего контроля качества твердых сплавов*

И. К. Цыбрий¹, И. Л. Вяликов², В. И. Игнатенко^{3**}

^{1, 2, 3} Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Data measurement system for non-destructive quality testing of hard alloys***

I. K. Tsybriy¹, I. L. Vialikov², V. I. Ignatenko^{3**}

^{1, 2, 3} Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Введение. Известно, что качество изделий из спеченных твердых сплавов, при отсутствии нарушений технологии изготовления, определяется фазовым составом и средним размером зерен карбидной фазы. Однако твердые сплавы обладают недостатком, присущим в той или иной степени всем изделиям порошковой металлургии — неоднородностью структуры и соответствующей вариацией свойств. Традиционные методы контроля структуры и фазового состава, по результатам выборочных разрушающих испытаний, не позволяют оперативно в условиях производства получать информацию о качестве и не гарантируют идентичности свойств всех изделий исследуемой партии. Основным методом неразрушающего контроля качества твердых сплавов является измерение коэрцитивной силы. Однако отечественных коэрцитиметров в настоящее время не производится. В связи с этим целью настоящей работы является создание отечественного информационно-измерительного комплекса для неразрушающего контроля качества изделий из спеченных твердых сплавов и оценка достоверности полученных с его помощью результатов. *Материалы и методы.* В работе использованы цилиндрические и сфероконические стержни диаметром от 4 до 10 мм, изготовленные из сплавов марок ВК8 и ВК10ХОМ. Для определения коэрцитивной силы в информационно-измерительном комплексе использован метод сравнения с аттестованным изделием.

Результаты исследования. Проведены измерения коэрцитивной силы двух партий изделий из твердых сплавов марки ВК10ХОМ и марки ВК8, выполненных с помощью разработанного информационно-измерительного комплекса и коэрцитиметра KOERZIMAT 1.097 HcJ.

Обсуждение и заключения. Проведенные экспериментальные исследования показали, что значения коэрцитивной силы образцов, полученные на разном оборудовании, имеют примерно одинаковый уровень.

Introduction. It is known that the quality of products from sintered hardmetals, if the fabrication technique is not violated, is determined by the phase composition and an average grain size of the carbide phase. However, hard alloys have a disadvantage inherent in all products of powder metallurgy - the inhomogeneity of the structure and the corresponding variation of properties. Traditional methods of monitoring the structure and phase composition according to the results of selective destructive tests prevent from receiving quality data under the production conditions and do not guarantee the identity of the properties of all batch products under study. The major method of non-destructive quality control of hard alloys is coercimetry, but domestic coercimeters are currently not produced. In this regard, the work objective is to create a domestic data measurement system for non-destructive quality testing of hard alloys and an assessment of the reliability of the results obtained with its help.

Materials and Methods. Cylindrical and spherangular rods with the diameter of 4 to 10 mm, made of alloys of VK8 and VK10HOM grades, were used in the work. The method of comparison with a certified product was used to determine the coercitive force in the data measuring system.

Research Results. The coercive force of two batches of products from hard alloys of VK10HOM and VK8 grades was measured using the developed data measuring system and KOERZIMAT 1.097 HcJ coersimeter.

Discussion and Conclusions. The experimental studies show that the values of the coercitive force of the samples obtained on different equipment have approximately the same level.



* Работа выполнена в рамках инициативной НИР.

** E-mail: irconst@mail.ru, Vialikov@mail.ru, 79043421201@yandex.ru

*** The research is done within the frame of independent R&D.

Подтверждена, как следствие технологии производства, характерная для спеченных твердых сплавов неоднородность структуры. Учитывая, что относительная погрешность измерений коэрцитивной силы для каждого образца должна находиться в пределах $\pm 6\%$, можно считать полученные результаты удовлетворительными. Показано, что предложенный и реализованный в информационно-измерительном комплексе алгоритм измерения путем сравнения характеристик испытуемых и аттестованного образца с известной коэрцитивной силой, позволяет производителю изделий из твердых сплавов расширить выборку контролируемых изделий вплоть до 100% и существенно снизить затраты на неразрушающий контроль продукции.

Ключевые слова: твердые сплавы, неразрушающий контроль качества, коэрцитивная сила, информационно-измерительный комплекс.

Образец для цитирования: Цыбрий, И. К. Информационно-измерительный комплекс для неразрушающего контроля качества твердых сплавов / И. К. Цыбрий, И. Л. Вяликов, В. И. Игнатенко. — Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2018. — Т. 18, №4. — С. 421-425. <https://doi.org/10.23947/1992-5980-2018-18-4-421-425>

Введение. Среди материалов, получаемых методами порошковой металлургии, широкое распространение получили твердые сплавы, базовый состав которых представляет собой мелкодисперсные карбиды вольфрама и титана на кобальтовой связке. Применение изделий из твердых сплавов обусловлено рядом ценных свойств, таких как твердость, сопротивление износу при трении, износостойкость. В то же время нарушение технологии производства порошков и особенностей спекания вызывают появление структурной неоднородности внутри одной партии готовых изделий и, как следствие, неоднородности эксплуатационных характеристик в широких пределах. Поэтому выборочный контроль нескольких твердосплавных изделий из партии с применением, например, металлографического анализа или механических испытаний не дает гарантии идентичности структуры и свойств всей партии.

Известно, что качество изделий из спеченных твердых сплавов определяется, главным образом, фазовым составом, т.е. соотношением количества ферромагнитной кобальтовой фазы и парамагнитных карбидов и средним размером зерен карбидной фазы [1–3]. При фиксированном содержании кобальтовой фазы для каждой марки твердосплавного материала прочность готовых изделий практически полностью определяется зернистостью карбидов [4].

Альтернативой разрушающим испытаниям является неразрушающий контроль качества твердых сплавов по коэрцитивной силе, которая в первом приближении обратно-пропорционально зависит от зернистости карбидов. Значение коэрцитивной силы, наряду с прочностными характеристиками твердых сплавов, введено в действующие до настоящего времени стандарты [5, 6]. Однако отсутствие в настоящее время производства отечественных коэрцитиметров вынуждает производителей изделий из твердых сплавов применять для неразрушающего контроля зарубежные аналоги.

В связи с этим, целью настоящей работы являлось создание информационно-измерительного комплекса для неразрушающего контроля качества изделий из спеченных твердых сплавов и оценка достоверности полученных с его помощью результатов контроля путем сравнения с результатами, полученными при использовании коэрцитиметра KOERZIMAT 1.097 HcJ фирмы «Institut Dr.Foerster GmbH & Co. KG» [7], включенного в Государственный реестр РФ средств измерений [8]. Результаты измерения коэрцитивной силы на коэрцитиметре KOERZIMAT 1.097 HcJ предоставлены ОАО «Серпуховский инструментальный завод «ТВИНТОС».

Материалы и методы. Образцы для исследований представляли собой цилиндрические и сфероконические стержни диаметром от 4 до 10 мм, изготовленные из сплавов марок BK8 и BK10XOM.

Разработанный информационно-измерительный комплекс [9, 10], структурная схема которого представлена на рис. 1, состоит из шести функциональных блоков.

The inhomogeneity of the structure characteristic of sintered hardmetals being a fabrication technique effect is confirmed. Providing that the relative error of measuring the coercitive force for each sample should be within $\pm 6\%$, the results obtained can be considered satisfactory. It is shown that the measurement algorithm proposed and implemented in the data measurement system through comparing the characteristics of the tested and certified samples with the known coercitive force, allows the manufacturer of hard alloy products to expand the sample of inspected products up to 100%, and to significantly reduce the costs for non-destructive testing of products.

Keywords: hard alloys, non-destructive quality control, coercitive force,

For citation: I.K. Tsybriy, I.L. Vialikov, V.I. Ignatenko. Data measurement system for non-destructive quality testing of hard alloys . Vestnik of DSTU, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 421-425. <https://doi.org/10.23947/1992-5980-2018-18-4-421-425>



Рис.1. Структурная схема информационно-измерительного комплекса

Стабилизатор напряжения собран на повышающем трансформаторе и предназначен для увеличения напряжения питания до 300 В и подачи его на катушку намагничивания измерительного блока. Включение трансформатора производится магнитным пускателем с искрогасящим контуром, что обеспечивает мягкое включение и выключение измерительного блока. Управление магнитным пускателем осуществляется микроконтроллером через симисторную схему включения.

Измерительный блок представляет собой соленоид с намагничивающей катушкой и закрепленным внутри него измерительным контуром (рис. 2). Параметры катушки намагничивания позволяют получать напряженность магнитного поля внутри соленоида до 350 кА/м. Величина магнитного поля, создаваемого в соленоиде блока намагничивания, позволяет измерять коэрцитивную силу близко к полю насыщению материала.

Устройство масштабирования предназначено для настройки уровня измеряемого сигнала под возможности микроконтроллера. Блок питания и релейной автоматики предназначен для подачи различного вида и уровня напряжений на составные части устройств масштабирования, математической обработки и органы управления и индикации.

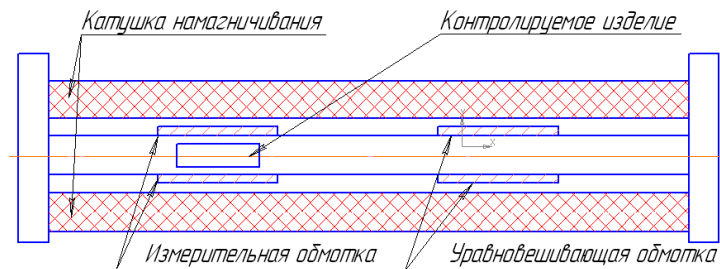


Рис. 2. Измерительный блок

Устройство математической обработки предназначено для вычисления и запоминания уровня сигнала соответствующего коэрцитивной силе аттестованного образца и вычисления методом сравнения уровня сигнала, соответствующего коэрцитивной силе проверяемого изделия.

Алгоритм работы информационно-измерительного комплекса следующий:

- аттестованный образец помещается в измерительный блок, значение коэрцитивной силы выводится на индикатор лицевой панели;
- измеряется и запоминается напряжение U_1 , соответствующее известному значению коэрцитивной силы;
- аттестованный образец удаляется из измерительного блока;
- испытуемый образец помещается в измерительный блок;
- измеряется и запоминается напряжение U_2 , соответствующее значению коэрцитивной силы испытуемого образца;
- полученное путем сравнения напряжений U_1 и U_2 значение коэрцитивной силы испытуемого образца выводится на индикатор лицевой панели;
- испытуемый образец удаляется из измерительного блока.

При необходимости измерения партии изделий одной марки и одного типоразмера с аттестованным образцом процесс измерения повторяется, начиная с пункта 4).

Результаты исследования. Результаты сравнительного анализа, полученные путем измерения значений коэрцитивной силы 24 образцов изделий из твердых сплавов марки BK10XOM с помощью разработанного информационно-измерительного комплекса (ряд 1) и коэрцитиметра KOERZIMAT 1.097 НсJ (ряд 2), представлены на рис. 3. Аналогичные результаты для 46 образцов изделий из твердых сплавов марки BK8 представлены на рис. 4.

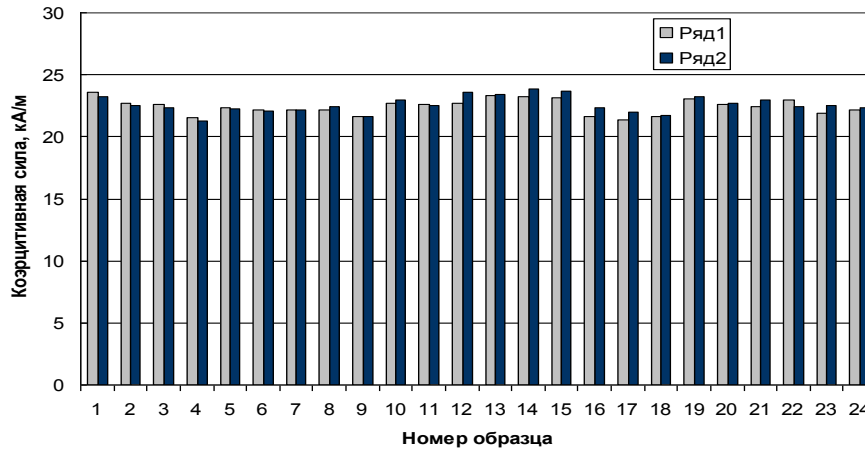


Рис. 3. Коэрцитивная сила образцов марки ВК10ХОМ

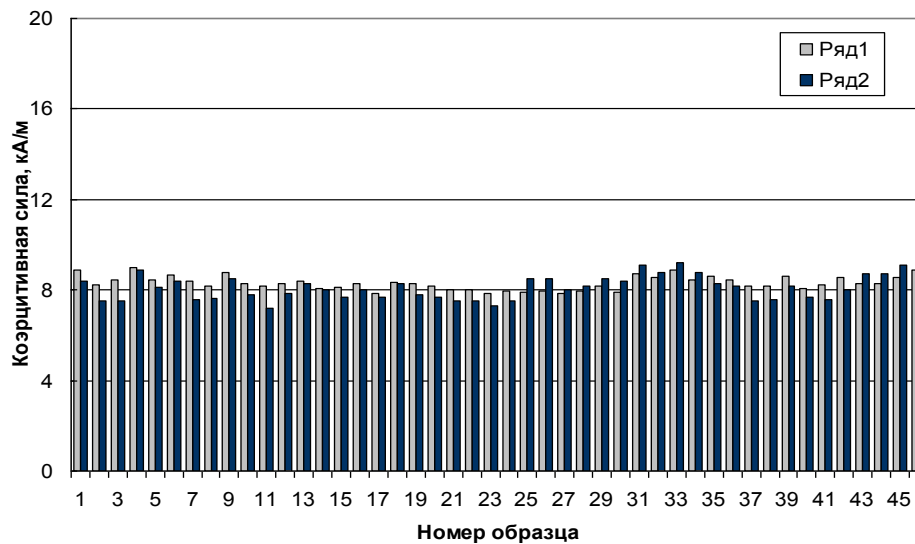


Рис. 3. Коэрцитивная сила образцов марки ВК8

Обсуждение. Проведенные экспериментальные исследования показали, что значения коэрцитивной силы образцов, полученные на приборе «KOERZIMAT 1.097 НсJ» и информационно-измерительном комплексе, имеют примерно одинаковый уровень. Учитывая, что относительная погрешность измерения коэрцитивной силы для коэрцитиметра «KOERZIMAT 1.097 НсJ» находится в пределах $\pm 6\%$, можно считать полученные результаты сравнительных испытаний удовлетворительными.

Вариация значений коэрцитивной силы образцов в рамках одной марки до 10–12% может быть вызвана следующими причинами:

- использованием при спекании порошковых смесей разных производителей;
- несоблюдением требуемых режимов производства;

– влиянием на показания приборов конфигурации образцов, т.к. пониженные значения коэрцитивной силы наблюдались на образцах сфероконической формы, как следствие большего размагничивающего фактора, характерного для такого типа образцов.

Заключение. Таким образом, сравнительные испытания информационно-измерительного комплекса показали принципиальную возможность его использования для контроля качества изделий из спеченных твердых сплавов, а предложенный и реализованный в комплексе алгоритм измерения путем сравнения характеристик испытуемых образцов и аттестованного образца с известной коэрцитивной силой, позволяет производителю изделий из твердых сплавов расширить выборку контролируемых изделий вплоть до 100%, сократить время на контрольные операции и существенно снизить затраты на неразрушающий контроль продукции.

Библиографический список

1. Киффер, Р. Твердые сплавы / Р. Киффер, Ф. Бенезовский. — Москва : Металлургия, 1971. — 390 с.
2. Чапорова, И. Н. Структура спеченных твердых сплавов / И. Н. Чапорова, К. С. Чернявский. — Москва : Металлургия, 1975. — 247 с.

3. Лошак, М. Г. Прочность и долговечность твердых сплавов / М. Г. Лошак. — Киев : Наук. думка, 1984. — 325 с.
4. Цыбрий, И. К. Магнитные свойства и методы исследования структуры спеченных твердых сплавов: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.02.01). — Ростов-на-Дону, 1984. — 166 с.
5. ГОСТ 20 559–75 (ИСО 4884–78, ИСО 4489–78). Сплавы твердые, материалы керамические инструментальные. Правила приемки и методы отбора проб (с Изменениями № 1, 2, 3, 4) [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200009536> (дата обращения : 15.02.2018).
6. ГОСТ 24 916–81 (СТ СЭВ 1254–78). Сплавы твердые спеченные. Метод определения коэрцитивной силы (с Изменением № 1) [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200010981>(дата обращения : 15.02.2018).
7. Förster F., Stumm W., Application of magnetic and electromagnetic nondestructive test methods for measuring physical and technological material values // Materials Evaluation, 1975. V. 33. № 1. P. 5–15.
8. Коэрцитиметр KOERZIMAT 1.097 НсJ. 67654-17: Методика поверки МП 28-261-2017 [Электронный ресурс] / МетрКонсалт. — Режим доступа : <http://www.all-pribors.ru/opisanie/67654-17-koerzimat-1-097-hsj-77206> (дата обращения : 15.02.2018).
9. Симоненко, Н. И. Испытательный стенд для измерения магнитных характеристик твердых сплавов / Н. И. Симоненко, И. К. Цыбрий // Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: мат-лы 19-ой междунар. науч.-практ. конф. — Новочеркасск, 2018г. — С.127–131.
10. Цыбрий, И. К. Система цифровой обработки сигнала в приборе для определения коэрцитивной силы твердых сплавов / И. К. Цыбрий, Н. И. Симоненко, И. Н. Богданов // Трансформация мирового научно-технического знания : сб. научных трудов по мат-лам междунар. науч.-практ. конф. — Белгород, 2018. — С. 117–119.

Поступила в редакцию 21.09.2018
Сдана в редакцию 26.09.2018
Запланирована в номер 19.10.2018

Received 21.09.2018
Submitted 26.09.2018
Scheduled in the issue 19.10.2018

Об авторах:

Цыбрий Ирина Константиновна,

заведующий кафедрой «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета, (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6281-1832>
irconst@mail.ru

Вяликов Иван Леонидович,

доцент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета, (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-745X>
Vialikov@mail.ru

Игнатенко Виталий Иванович,

доцент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета, (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8236-3117>
79043421201@yandex.ru

Authors:

Tsybrii Irina K.,

head of the Instrument Making and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Cand. Sci. (Eng.), associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6281-1832>
irconst@mail.ru

Vyalikov, Ivan L.,

associate professor of the Instrument Making and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Cand. Sci. (Eng.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-745X>
Vialikov@mail.ru

Ignatenko, Vitaliy I.,

associate professor of the Instrument Making and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Cand. Sci. (Eng.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8236-3117>
79043421201@yandex.ru