Калиниченко Николай Петрович, канд. техн. наук, доцент, специалист III уровня по методам неразрушающего контроля: визуальному и измерительному, капиллярному, течеисканием, кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» Института Неразрушающего контроля ТПУ.
E-mail: nikol_k112@mail.ru
Область научных интересов: аттестация персонала, лабораторий, метрологическое обеспечение по указанным методам НК.
Конарева Ирина Сергеевна, инженер кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» Института Неразрушающего контроля ТПУ.
E-mail: konarevai007@tpu.ru
Область научных интересов: контрольные образцы для капиллярной дефектоскопии.
Борисов Станислав Сергеевич, студент кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» Института Неразрушающего контроля ТПУ.
E-mail: nikol_k112@mail.ru
Область научных интересов: контрольные образцы для капиллярной дефектоскопии.
Дерик Анастасия Ярославна, студентка кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» Института Неразрушающего контроля ТПУ.
E-mail: konarevai007@tpu.ru
Область научных интересов: контрольные образцы для капиллярной дефектоскопии.

УДК 620.1

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ КАПИЛЛЯРНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Н.П. Калиниченко, И.С. Конарева, С.С. Борисов, А.Я. Дерик

Томский политехнический университет
E-mail: nikol_k112@mail.ru

Рассмотрены варианты изготовления контрольных образцов для капиллярного контроля из неметаллических материалов с точки зрения реализации нескольких трещин, соответствующих разным классам чувствительности, на одном образце. Приведены результаты испытаний подобных контрольных образцов на многократность использования, на температурные воздействия.

Ключевые слова:
Контрольный образец, неметаллический материал, капиллярный контроль, измерение, раскрытие трещин, многократность использования, температурные воздействия.

Среди физических методов тестирования дефектности изделий в настоящее время большое распространение получили капиллярные методы контроля, которые на практике осуществляют с помощью специальных дефектоскопических материалов, представляющих собой индикаторные пенетранты, очищающие жидкости и проявители. Дефектоскопические материалы следует предварительно проверять на контрольных образцах. Контрольные образцы представляют собой, как правило, пластины с единичными тупиковыми трещинами с раскрытиями от нескольких десятых долей мкм до нескольких сотен мкм.

Существуют различные способы изготовления контрольных образцов [1–6]. Наибольшее распространение получили способы их изготовления из металлов с последующим азотированием и различными вариантами силового нагружения. Недостатком таких способов является то, что трещины в азотированном слое возникают в непредсказуемых местах с неопределенной плотностью распределения на единицу поверхности контрольного образца, число трещин и расстояние между ними не определено. Также исключена возможность изготовления образцов, содержащих ряд дефектов, с определенной закономерностью ширины раскрытия и глубины от прилагаемой силовой нагрузки. Непостоянство возникающих в образце механических напряжений вызывает переменную глубину и ширину раскрытия трещин по их длине.

В настоящее время на рынке представлено достаточное количество контрольных образцов, изготовленных из высококачественной стали, которые применяются для оценки качества дефектоскопических материалов. Реальный выход при

производстве образцов, удовлетворяющих необходимым требованиям параметров дефектов (ширины раскрытия, длины и глубины), достаточно мал. А так как капиллярные методы позволяют диагностировать изделия, изготовленные из любых материалов, в том числе из стекла, керамики, пластмасс, было бы целесообразно иметь контрольные образцы, выполненные из неметаллических материалов.

В последнее время появилась информация об изготовлении контрольных образцов из неметаллов [7, 8], которые на практике имеют ряд преимуществ. Они просты в изготовлении, дефекты получаются с заданными параметрами, отсутствует коррозия, при очистке образцов остатки дефектоскопических материалов легко заметны. Последнее обстоятельство позволяет более качественно производить очистку образцов, что, в свою очередь, продлевает срок их эксплуатации. Однако существуют определенные технологические трудности при изготовлении контрольных образцов с раскрытием от 0,5 до 1 мкм.

Технология изготовления таких образцов из неметаллов заключается в следующем. Вначале заготавливаются полоски из фольги размерами, например, 10×5 мм^2 и нужной толщины (в зависимости от требуемых размеров раскрытия трещин). Число полосок зависит от необходимого количества трещин. Полоски покрываются с двух сторон тонким слоем жидкого эпоксидного клея. После затвердевания излишки клея удаляются до размеров, указанных на рис. 1.

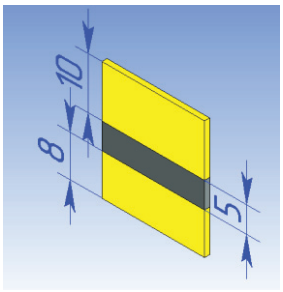

Рис. 1. Подготовленная полоска фольги, покрытая эпоксидным клеем

В изготовленную форму заливается эпоксидный клей и устанавливается пластинка с прорезями для полосок, в которые помещаются подготовленные полоски (рис. 2).

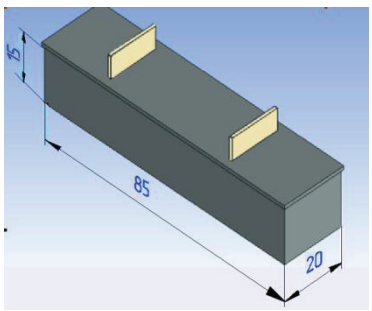

Рис. 2. Форма с подготовленными полосками фольги, установленными в прорези пластинки

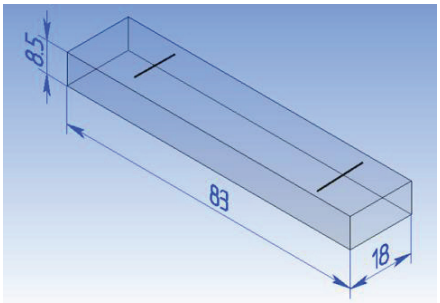

Рис. 3. Заготовка контрольного образца после механической обработки

Затвердевший брусок извлекается из формы и шлифуется наждачной бумагой до заданной шероховатости и окончательных размеров (рис. 3). Ширина остающейся полоски фольги в бруске, которая будет определять глубину трещины, составляет около 100 мкм. После механической обработки заготовка контрольного образца подвергается травлению в растворе хлорного железа.

На заключительной стадии подготовки образца измеряются параметры полученных дефектов.

В процессе изготовления контрольных образцов возникают такие мешающие факторы как, например, образование пузырьков воздуха в эпоксидном клее, которые в итоге ухудшают качество рабочей поверхности. Устранить пузырьки из эпоксидного клея можно путем вакуумирования, применением ультразвука или нагреванием. Получить еще более ощутимый эффект избавления от пузырьков позволяет рассмотренный ниже вариант изготовления контрольных образцов.

Первоначальные стадии изготовления в данном варианте ничем не отличаются от предыдущего. То есть вначале идет подготовка аллюминиевой фольги (покрытие фольги тонким слоем эпоксидного клея). Но вид подготовленной полоски фольги отличается от предыдущего варианта и представлен на рис. 4 и 5. Сторона с фольгой обрабатывается до размеров, указанных на рис. 5.

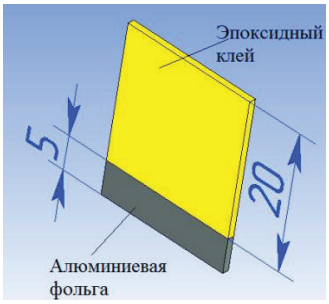

Рис. 4. Подготовленная полоска фольги, покрытая эпоксидным клеем, по второму варианту

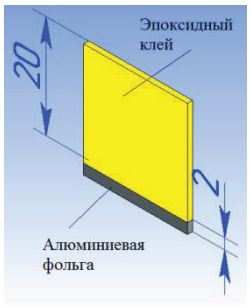

Рис. 5. Окончательный вид подготовленной полоски фольги, перед установкой ее в форму

Затем, аналогично предыдущему варианту, в заранее подготовленную форму для изготовления контрольных образцов заливается эпоксидный клей, устанавливается пластинка с прорезями для полосок. В прорези вертикально вставляются подготовленные полоски, таким образом, чтобы сторона с фольгой касалась дна формы. Применяя рассмотренные выше приемы уменьшения количества пузырьков в объеме эпоксидного клея, добиваются подъема оставшихся пузырьков в верхний слой клея. При последующей обработке затвердевшего бруска произойдет окончательная ликвидация пузырьков, которые будут расположены в верхней части бруска. Рабочей поверхностью будущего контрольного образца становится донная поверхность бруска (после механической обработки ее шлифовальной бумагой вышерассмотренным образом, травления).

Внешний вид контрольного образца № 0, изготовленного по данному варианту и имеющего 2 трещины, приведен на рис. 6.

Рис. 6. Контрольный образец № 0

Размеры полученых трещин в образцах № 0 и № 2 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерений ширины раскрытий трещин

№ образца	№ трещины	Измеренное значение (мкм)					Среднее значение (мкм)
0	1	3	3	4	4	7	4,2
	2	2	3	3	2	2	2,4
2	1	9	10	11	11	12	10,6
	2	6	6	7	5	5	5,8

Проводились исследования контрольных образцов №: 0, 1, 2, 4, 6, 7, 8 (рис. 7) на многократность использования при помощи дефектоскопических материалов Sherwin.

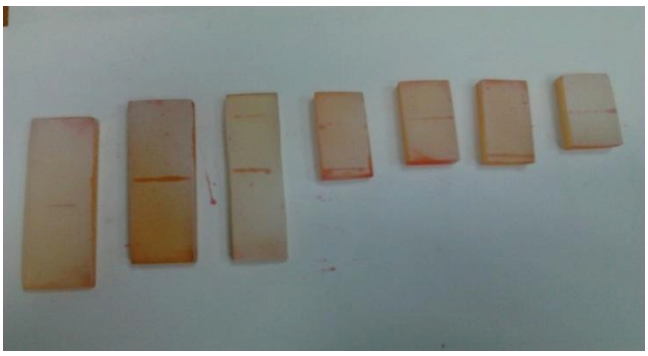

Рис. 7. Неметаллические образцы для капиллярного контроля

Для ускорения проведения многократных технологических процессов цветного способа капиллярного контроля (для очистки образцов) применялась ультразвуковая ванна УЗВ 2/150 ТН. Технологический процесс капиллярного контроля на вышеуказанных образцах осуществлялся 80 раз. Результаты измерений 20 опытов занесены в табл. 2, из которой видно, что длина трещин практически не меняется.

Таблица 2. Результаты измерений

№ образца	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диапазон изменения раскрытия, мм	10…10,5	20…21	13…13,5	12…12,5	14…15	16	18…19	17…18	17,5…18	19

Следующим этапом исследований являлось измерение раскрытия трещин неметаллических образцов.

Вначале измерение раскрытия трещин неметаллических образцов №: 0, 1, 2 проводилось в лабораторных условиях при температуре +25 °С . На образцах, предназначенных для проверки работоспособности дефектоскопических материалов, измерение ширины трещин выполнялось в пяти точках по длине трещин с помощью измерительного микроскопа МС-50. При этом определялось среднеарифметическое значение раскрытия каждой трещины (табл. 3).

Таблица 3. Результаты измерения ширины раскрытия трещин контрольных образцов

№ образца	№ трещины	Измеренные значения, (мкм)					Среднее значение (мкм)
0	1	3	3	4	4	7	4,2
	2	2	3	3	2	2	2,4
1	1	35	49	52	40	31	41,4
2	1	9	10	11	11	12	10,6
	2	6	6	7	5	5	5,8

Затем измерялись раскрытия трещин после пяти циклических температурных воздействий от 25 до 40 °С (табл. 4).

Таблица 4. Результаты измерения раскрытия трещин после температурного воздействия от 25 до 40 °С

№ образца	№ трещины	Измеренные значения, (мкм)					Среднее значение (мкм)
0	1	3	3	4	5	11	5,2
	2	2	2	3	2	2	2,2
1	1	32	47	55	41	28	40,6
2	1	10	10	11	12	12	11
	2	6	7	7	6	6	6,4

Из полученных результатов видно, что ширина раскрытия трещин у образцов практически не изменилась.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- ресурс (многократность использования) контрольных образцов из неметаллических материалов значительно выше, чем у образцов из металлов из-за возможности более качественной очистки образцов ввиду их прозрачности и отсутствия окисных образований;
- использование донной поверхности затвердевшего эпоксидного бруска в качестве рабочей поверхности контрольного образца дает перспективу реализовывать дефекты по I классу чувствительности;
- подтверждена возможность использования контрольных образцов подобного вида в температурном диапазоне применения дефектоскопических материалов (до +40 °С).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазков Ю.А. Капиллярный контроль: учеб. пособ. / под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 144 с.
2. Контроль качества проникающими веществами. Капиллярный контроль / Н.П. Калиниченко, В.К. Кулешов, А.Н. Калиниченко. 2-е изд., перераб. и дополн. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 203 с.
3. Санько Б.С., Качанов Н.Н., Дегтярев А.П., Боровиков А.С., Подымаева Г.Б. Авторское свидетельство № 555329. ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий, 1977.
4. Фурман К.С., Бакшт И.М. Авторское свидетельство № 714265. ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий, 1980.
5. ГОСТ Р ИСО 3452-3-2009. Контроль неразрушающий. Проникающий контроль. Часть 3. Испытательные образцы. ISO 3452-3: 1998 (E) International standard Non-destructive testing – Penetrant testing- Part 3: Reference test blocks (ITD).
6. Пат. 4610157 США Surface penetrant inspection test piece having varying thickness plating / Frank. J. Vicki, SetsuoShimizu (США); заявлено 11.12.1984; опубликовано 09.09.1986. – 6 с.
7. Способ изготовления контрольных образцов для капиллярной дефектоскопии: пат. 2426110 C1 RU. заявл. 20.04.10; опубл. 10.08.11, Бюл. № 22.
8. Kalinichenko N.P., Kalinichenko A.N., Konareva I.S. Reference specimens of nonmetallic materials for penetrant nondestructive testing // Russian Journal of Nondestructive Testing . – 2011. – Iss. 47. – № 10. – P. 663–666.

Поступила 13.08.2012 г.