

УДК 620.179.111

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

**Н.П. МИГУН, А.Б. ГНУСИН**

*(Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск),*

**И.В. ВОЛОВИЧ**

*(ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод»)*

*Проведены исследования с целью повышения производительности капиллярного контроля при низких температурах воздуха. В результате определены марки дефектоскопических материалов, применение которых обеспечивает максимальную производительность и чувствительность капиллярного контроля в зимних условиях. Предложен также технологический режим контроля с применением обдува теплым воздухом поверхности контроля, при котором не только на порядок сокращается продолжительность стадии проявления, но и обеспечивается получение существенно более ярких и контрастных индикаторных рисунков выявляемых дефектов.*

**Введение.** Методы неразрушающего контроля проникающими жидкостями все шире применяются во многих отраслях народного хозяйства промышленно развитых стран. Это объясняется целым рядом причин, прежде всего возможностью выявления мельчайших дефектов с раскрытием до 0,2 мкм, которые зачастую не могут быть обнаружены другими методами. Кроме того, эти методы применимы для дефектоскопии изделий из материалов широчайшего диапазона свойств, включая немагнитные и неэлектропроводные. Важным достоинством этих методов является и то, что с их помощью надежно выявляются дефекты на поверхностях, имеющих сложный рельеф, когда применение других методов также является проблематичным.

В то же время их существенным недостатком является высокая трудоемкость и, следовательно, сравнительно низкая производительность контроля. Применение методов капиллярного контроля, являющихся многооперационными, требует значительных затрат рабочего времени. В зимних условиях при отрицательной температуре воздуха продолжительность высыхания слоя суспензионного проявителя, нанесенного на поверхность контроля, зачастую превышает десятки минут. Это резко уменьшает его производительность, что может явиться критическим фактором, когда объемы контроля велики.

Ниже излагаются результаты исследований, проведенных с целью выявления особенностей капиллярной дефектоскопии при низких температурах окружающей среды и их учета для повышения производительности контроля.

**Влияние продолжительности высыхания слоев суспензионных проявителей на выявляемость дефектов.** Проведены исследования с целью установления качественных и количественных закономерностей влияния продолжительности высыхания слоев суспензионных проявителей различных марок на выявляемость дефектов. Для анализа индикаторных рисунков использовалась разработанная в Институте прикладной физики НАН Беларуси совместно с Федеральным институтом испытаний материалов (Берлин, ФРГ) автоматизированная система обработки и анализа видеоизображений. В этой системе в качестве устройства, регистрирующего результаты контроля, используется телевизионная система, позволяющая обнаруживать и автоматически регистрировать малые по размеру и слабоконтрастные индикаторные рисунки дефектов. Важным ее достоинством является возможность проведения с помощью соответствующего программного обеспечения быстрой и надежной количественной оценки качества наборов дефектоскопических материалов и результатов капиллярного контроля.

Эксперименты проводились на металлических контрольных образцах, соответствующих международному стандарту EN ISO 3452-3 [1]. Исследовались 5 широко распространенных в практике капиллярного контроля суспензионных проявителей. В качестве пенетранта при этом во всех опытах данного цикла экспериментов использовался Magnaflux ZL-19B.

Строго соблюдалось условие постоянства всех технологических характеристик проведения капиллярного контроля: продолжительности пропитки пенетрантом и условий удаления его излишков с поверхности, температуры окружающей среды, расстояния от распылительной головки баллончика с суспензионным проявителем до контролируемой поверхности, условий освещенности и облученности ультрафиолетом и т.д.

Определялись основные характеристики индикаторного следа трещины: яркость и площадь заданной зоны следа, суммарный световой поток от этой зоны.

Для различных проявителей были получены следующие значения искомых величин при температуре 18 °С (таблица).

Проявитель	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>
Продолжительность высыхания слоя, с	90	160	170	180	190
Световой поток	93175	99731	31949	101815	103560
Яркость	0,41	0,37	0,30	0,34	0,32
Площадь	2484	2781	2033	2923	3127

Очевидно, что увеличение каждой из измеренных характеристик индикаторного следа *при прочих равных условиях* соответствует улучшению видимости выявляемого дефекта. Оказалось, что при использовании различных марок проявителей чем быстрее высыхает слой проявителя, тем ярче и, соответственно, контрастнее индикаторный рисунок дефекта, однако уменьшаются суммарный световой поток и площадь индикации.

С другой стороны, в экспериментах была установлена четкая закономерность: с увеличением продолжительности высыхания слоя проявителя увеличивается и размытость индикаторного следа, что в свою очередь соответствует ухудшению видимости выявляемого дефекта (рис. 1).

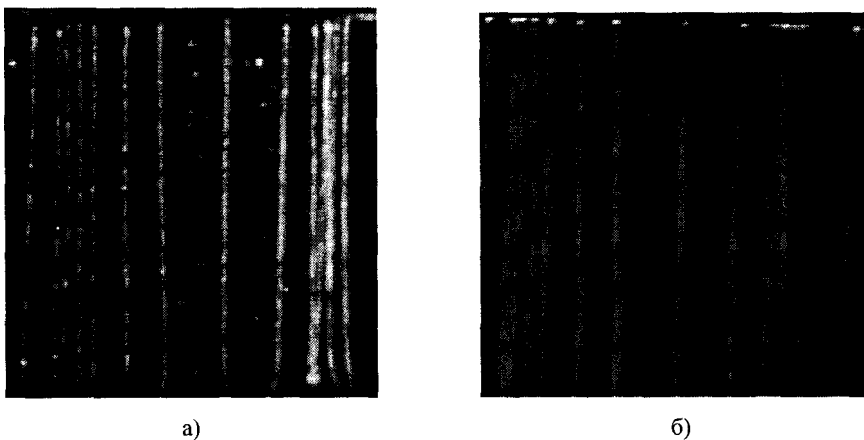


Рис. 1. Индикаторные рисунки при использовании суспензионных проявителей с различной продолжительностью высыхания П<sub>1</sub> (а) и П<sub>5</sub> (б)

Таким образом, имеет место действие конкурирующих по влиянию на выявляемость дефектов факторов. В результате проведения нескольких серий сравнительных экспериментов был определен проявитель, соответствующий максимальной эффективности контроля, - П<sub>1</sub>.

Влияние температуры окружающей среды на проявляющие свойства. Были проведены два цикла экспериментальных исследований, имеющих целью установить:

- влияние низкой температуры окружающей среды на продолжительность высыхания слоя проявителя и, соответственно, на форму и контраст индикаторных рисунков;
- влияние теплого обдува объекта контроля на высыхание слоя проявителя, на форму и контраст индикаторных рисунков.

Использовались те же пенетрант Magnaflux ZL-19B и проявители 5 марок, что и в серии экспериментов при постоянной температуре.

Измерения производились в следующем диапазоне значений температуры окружающей среды: -12С < Т < 18 °С. Применялся обдув горячим воздухом с температурой струи +40 °С. Например, температура воздуха в области контроля при температуре окружающей среды -10 °С достигала у поверхности образца при обдуве +15 °С.

Было установлено, что при выявлении поверхностной микротрещины заданным люминесцентным набором дефектоскопических материалов с понижением температуры окружающей среды существенно снижаются яркость и контраст индикаторного рисунка дефекта, что вызвано, очевидно, увеличением продолжительности высыхания слоя проявителя. В то же время индикаторный рисунок становится более широким и размытым. Например, на рис. 2 представлены видеоизображения одного и того же участка контрольного образца с трещинами, выявленными при использовании одних и тех же дефектоскопических материалах и режимах контроля, но при различных температурах.

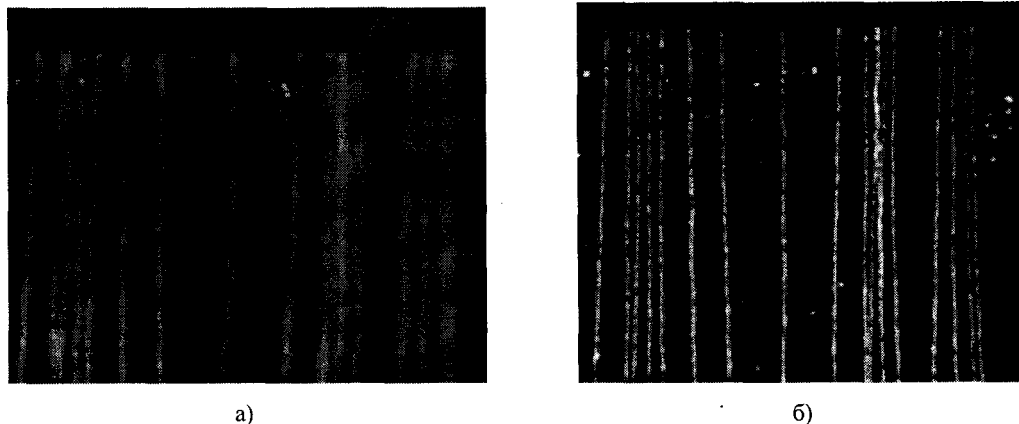


Рис. 2. Индикаторный рисунок при использовании проявителя П<sub>4</sub>:  
 а – проявление дефектов при температуре – 5 °С;  
 б -- проявление дефектов с применением обдува потоком нагретого воздуха

Видно, что без обдува теплым воздухом (рис. 2, а) индикации менее яркие и размытые. При этом средняя яркость индикаторного рисунка, образованного проявителем П<sub>4</sub> без обдува теплым воздухом, составляет 0,31 относительных единиц, а при обдуве - 0,46 (рис. 2, б). Кроме того, продолжительность полного высыхания слоя указанного проявителя при проведении контроля при температуре – 5 °С составляет 460 с, тогда как при использовании обдува теплым воздухом она уменьшается до 40 с. Необходимо, впрочем, отметить, что с уменьшением продолжительности высыхания слоя проявителя уменьшаются значения суммарного светового потока и площади индикации. Однако это не приводит к лучшей выявляемост<sup>TM</sup> индикации вследствие значительной потери в яркости и контрасте, что и иллюстрирует рис. 2.

Таким образом, с применением обдува поверхности контроля теплым воздухом не только на порядок сокращается продолжительность стадии проявления, но и обеспечивается получение существенно более ярких и контрастных индикаторных рисунков выявляемых дефектов. Отметим, что такой режим способствует и большей степени извлечения пенетранта из полостей дефектов, обеспечивая повышение чувствительности контроля [2]. Очевидно, что на основании полученных результатов можно решить задачу повышения производительности капиллярного контроля при низких температурах воздуха в зимних условиях.

### Выводы

1. Обнаружено, что чем быстрее высыхает слой проявителя, тем ярче, и соответственно контрастнее, индикаторный рисунок дефекта. В то же время уменьшаются суммарный световой поток и площадь индикации.

2. Получены количественные данные о влиянии скорости испарения жидкой фазы проявителей разных марок на оптические и геометрические характеристики индикаторных следов выявляемых дефектов. Показано, что с увеличением продолжительности высыхания слоя проявителя увеличивается и размытость индикаторного следа, что, в свою очередь, соответствует ухудшению видимости выявляемого дефекта.

3. Установлено, что при выявлении поверхностной микротрещины заданным люминесцентным набором дефектоскопических материалов с понижением температуры окружающей среды существенно снижаются яркость и контраст индикаторного рисунка дефекта. В то же время индикаторный рисунок становится более широким и размытым.

4. Показано, что с применением обдува поверхности контроля теплым воздухом не только на порядок сокращается продолжительность стадии проявления, но и обеспечивается получение существенно более ярких и контрастных индикаторных рисунков выявляемых дефектов. Предложены практические рекомендации по повышению производительности капиллярной дефектоскопии при низких температурах воздуха в зимних условиях.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект ТО 1-265).

### ЛИТЕРАТУРА

1. EN ISO 3452-3. Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 3: Reference test blocks (ISO 3452-3: 1998).
2. Мигун Н.П., Гнусин А.Б. О зависимости чувствительности капиллярного контроля от температурного режима стадии проявления // Дефектоскопия. -2001. -№ 6. - С. 93 -97.