

**Акт совместного опробования
технологии капиллярного люминесцентного контроля деталей ГТД
ПД-35, изготавливаемых на предприятии АО «ОДК-ПМ» из
жаропрочных никелевых сплавов (типа ВЖМ4-ВИ, ВКНВ-1ВР-ВИ,
ВВ751П и др.) с применением наборов дефектоскопических материалов
фирмы ООО «Элитест» (г. Нижний Новгород) по I-му классу
чувствительности, имеющих в своем составе водосмываемый
проявитель**

Цель работы: Установление влияния технологических параметров капиллярного люминесцентного неразрушающего контроля на выявление дефектов по I-му классу чувствительности согласно ГОСТ 18442 на оборудовании АО «ОДК-ПМ» с использованием выбранных отечественных дефектоскопических наборов фирмы ООО «Элитест» (ТУ 2499-001-49782089-2015) в составе:

Набор №1 - Постэмульгируемый пенетрант Элитест П94; эмульгатор Элитест Э11 (концентрат); проявитель Элитест ПР9 (порошковый)/ Элитест ПР21(суспензионный);

Набор №2 - Водосмываемый пенетрант Элитест П84; проявитель Элитест ПР9/ Элитест ПР21.

Представителями НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ совместно со специалистами АО «ОДК-ПМ» и представителем разработчика материалов ООО «Элитест» было проведено опробование технологии контроля данных материалов на следующих деталях АО «ОДК-ПМ» с естественными дефектами и образцах с искусственными трещинами НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ:

- образец №1-Лопатка рабочая 2-ой ступени ТВД из сплава ЧС70У-ВИ;
- образец №2-Лопатка рабочая 1-ой ступени ТВД из сплава ЖС6К;
- образец №3-Лопатка рабочая 2-ой ступени ТВД из сплава ВЖМ4-ВИ;
- образец №4-Лопатка рабочая 2-ой ступени ТВД из сплава ВЖМ4-ВИ.
- контрольный образец с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности по ГОСТ 18442;

- испытательный образец тип 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3, предназначенный для контроля всего технологического процесса;
- лопатка 1-ой ступени ТВД из жаропрочного сплава с дефектами по штырькам внутренней полости торца пера;
- лопатка 1-ой ступени ТВД из жаропрочного сплава с дефектом в замковой части на поверхности зуба.

Отработка технологических параметров капиллярного люминесцентного неразрушающего контроля проводилась в цехе 38, корпус 44 на линии капиллярного контроля, разработанной и изготовленной силами АО «ОДК-ПМ», с учетом особенностей нанесения дефектоскопических материалов зарубежного производства.

Испытания набора №1 с постэммульгируемым пенетрантом проводилось по следующим технологическим режимам:

Режим №1:

1. Подготовка контролируемой поверхности

Обезжиривание объектов контроля (далее по тексту ОК) проводилось в соответствии с инструкцией И066.020-2015 путем погружения в ультразвуковую ванну с 6%-ным водным раствором ТМС «Вертолин -74» марки А в течение 10 минут при температуре раствора очистителя 60°C, с последующей промывкой водой в ваннах с применением барботажа при температуре воды 25°C в течение 3 мин и финишной промывкой при температуре воды 70°C в течение 3 мин. Контроль качества обезжиривания проводился с использованием УФ-фонарика «Волна».

Сушка объектов контроля после обезжиривания проводилась в сушильном шкафу при температуре 120°C в течение 40 мин.

После сушки объекты контроля охлаждались на воздухе до температуры не выше 35 °С. Температуру поверхности ОК и воды измеряли пирометром «АКИП-9302»

2. Нанесение пенетранта Элитест П94

Люминесцентный постэммульгируемый пенетрант Элитест П94 наносился погружением ОК в ванну с проникающей жидкостью. Время выдержки

5 мин. Далее ОК извлекался из пенетранта и выдерживался на воздухе в течение 5 мин. для стекания излишков пенетранта.

3. Удаление избытка пенетранта Элитест П94

Удаление избытка пенетранта Элитест П94 с поверхностей ОК, размещенных вертикально в корзинах, с целью обеспечения эффективной промывки внутренних полостей, проводилось в ванной с проточной водой при температуре воды 22,5°C с применением барботажа в течение 1 мин.

4. Нанесение очищающей жидкости

Промытые водой объекты контроля, размещенные вертикально в корзинах, с целью обеспечения эффективной промывки внутренних полостей, проводилось в ванной с 20%-ым раствором эмульгатора Элитест Э11 в дистиллированной воде с постоянным интенсивным

перемешиванием слоев рабочего раствора в течение 2 мин. Пену смывали душем. Концентрация раствора проверялась рефрактометром.

5. Удаление очищающей жидкости

Удаление раствора эмульгатора с поверхностями ОК, размещенных вертикально в корзинах, с целью обеспечения эффективной промывки внутренних полостей, проводилось в ванне с проточной водой при температуре воды 23°C, с применением барботажа в течение 3 мин. Контроль качества удаления избытка проникающей жидкости проводился путем осмотра мокрых деталей в УФ свете. При наличии остаточного фона, поверхности ОК домывались с использованием душа, до удаления видимых следов индикаторного пенетранта.

6. Сушка ОК

Сушка проводилась в камере с конвективной сушкой при температуре 60°C в течение 10 мин.

После сушки объекты контроля охлаждались на воздухе до температуры не выше 35 °C.

7. Нанесение проявителя Элитест ПР21 или Элитест ПР9

Суспензионный проявитель Элитест ПР21 наносился на объекты контроля с использованием краскораспылителя с диаметром сопла 0,8 мм, предоставленным ООО «Элитест», при давлении воздуха 4 атм. Время выдержки под слоем проявителя было не менее 10 мин. Перед нанесением суспензионный проявитель интенсивно взбалтывался в бачке краскораспылителя.

Порошковый проявитель Элитест ПР9 наносился на объекты контроля распылением. Время выдержки под слоем проявителя было не менее 10 мин.

8. Осмотр и разбраковка объектов контроля

Осмотр объектов контроля проводился в ультрафиолетовых лучах при интенсивности излучения 2500 мкВт/см², через 10 и 30 мин с момента нанесения проявителя с фиксацией результатов контроля.

В сомнительных случаях при классификации характера дефекта допускается протереть сомнительную область салфеткой, смоченной водой или кисточкой, слегка отжатой. Если индикация проявится снова, то определяют величину индикации.

9. Удаление проявителей Элитест ПР21 и Элитест ПР9

Удаление проявителя проводилось с помощью жестких волосяных щеток/кистей или пневмо-гидро пистолета. Сушка ОК проводилась сжатым воздухом. Контроль наличия остатков проявителя визуальный.

Отработка следующих режимов проводилась на контрольных образцах и деталях указанных выше.

Режим №2:

Отличался от режима № 1 тем, что время удаления избытка пенетранта в воде увеличили до 3^x минут, время обработки очищающей жидкостью (эмульгатора) увеличили до 4^x минут и время удаления очищающей жидкости водой увеличили до 6 минут.

Результаты испытаний

При проведении испытаний по режимам №1 и №2: на контрольном образце с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности по ГОСТ 18442 индикаторный рисунок от дефекта на поверхности выявлен полностью, индикация выражена ярко желто-зеленым свечением. Остаточный фон, затрудняющий разбраковку, отсутствует. Результаты контроля образца с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности, показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 - Результаты контроля образца с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности

На испытательном образце тип 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3, предназначенном для контроля всего технологического процесса, индикаторные рисунки от дефектов на поверхности выявлены полностью, индикации выражены ярко желто-зеленым свечением. Наблюдалось наличие остаточного фона на участках образца имеющих шероховатость $Ra=15$ мкм и $Ra=10$ мкм. В других зонах фон отсутствовал. Результаты контроля испытательного образца типа 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3 показаны на рисунке 2.

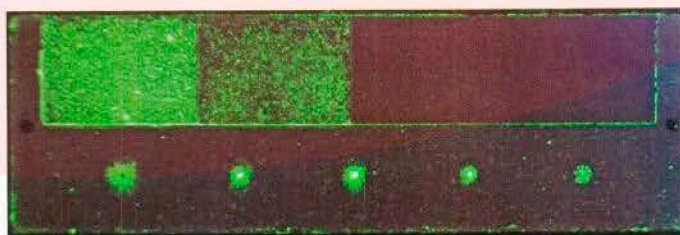


Рисунок 2 - Результаты контроля испытательного образца типа 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3

На всех исследуемых деталях и образцах выявлены индикаторные следы, различного размера и формы, выраженные ярко желто-зеленым свечением, фоновое свечение отсутствовало. Форма и расположение индикаторных следов от дефектов соответствуют дефектограммам. Примеры результатов контроля деталей показаны на рисунке 3.

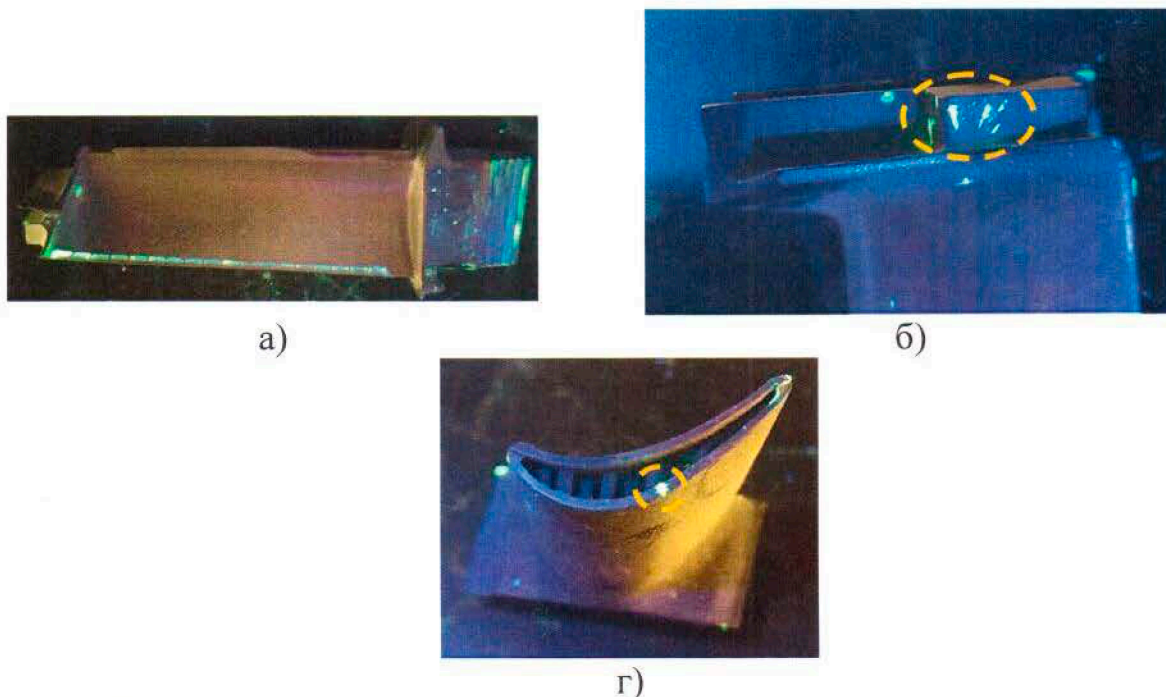


Рисунок 3 - Результаты контроля образцов лопаток с дефектами

Увеличение времени выдержки ОК с 2 до 4 мин в 20%-ом растворе эмульгатора Элитест Э11 в дистиллированной воде способствовало более качественной очистке полостей образцов типа рабочих лопаток, при этом наблюдалось незначительное снижение яркости и контрастности индикаторных следов от исследуемых дефектов. Результаты контроля испытательного образца типа 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3 по данным режимам показаны на рисунке 4.

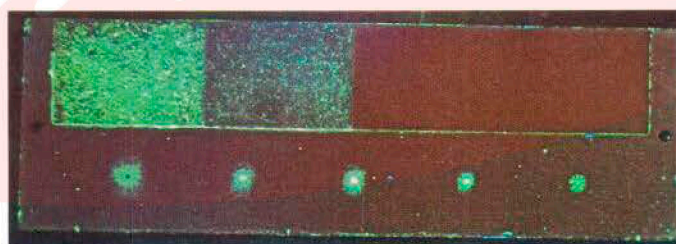


Рисунок 4 - Результаты контроля испытательного образца типа 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3

Испытания набора №2 с водосмываемым пенетрантом проводилось по следующим технологическим режимам:

Режим №1:

1. Подготовка контролируемой поверхности

Обезжиривание объектов контроля (далее по тексту ОК) проводилось в соответствии с инструкцией И066.020-2015 путем погружения в ультразвуковую ванну с 6%-ным водным раствором ТМС «Вертолин -74» марки А в течение 10 минут при температуре раствора очистителя 60 °С, с последующей промывкой водой в ваннах с применением барботажа при

температуре воды 25 °С в течение 3 мин и финишной промывкой при температуре воды 70 °С в течение 3 мин. Контроль качества обезжиривания проводился с использованием УФ-фонарика «Волна».

Сушка объектов контроля после обезжиривания проводилась в сушильном шкафу при температуре 120 °С в течение 40 мин.

После сушки объекты контроля охлаждались на воздухе до температуры от 20 до 35 °С. Температуру поверхности ОК измеряли пирометром.

2. Нанесение пенетранта Элитест П84

Люминесцентный водосмываемый пенетрант Элитест П84 наносился погружением ОК в ванну с проникающей жидкостью. Время выдержки 5 мин. Далее ОК извлекался из пенетранта с выдержкой на воздухе в течение 5 мин.

3. Удаление избытка пенетранта Элитест П84

Удаление избытка пенетранта Элитест П84 с поверхностей ОК, размещенных вертикально в корзинах, с целью обеспечения эффективной промывки внутренних полостей, проводилось в ванне с проточной водой при температуре воды 23 °С с применением барботажа и интенсивным перемешиванием слоев жидкости в течение 7 мин. Контроль качества удаления избытка проникающей жидкости проводился путем осмотра мокрых деталей в УФ свете. При наличии остаточного фона поверхности ОК домывались с использованием душа, до удаления следов индикаторного пенетранта.

4. Сушка ОК

Сушка проводилась в камере с конвективной сушкой при температуре 60 °С в течение 10 мин. При необходимости детали досушивали.

После сушки объекты контроля охлаждались на воздухе до температуры от 20 до 35 °С.

5. Нанесение проявителя Элитест ПР21 или Элитест ПР9

Суспензионный проявитель Элитест ПР21 наносился на объекты контроля с использованием краскораспылителя с диаметром сопла 0,8 мм, при давлении воздуха 4 атм. Время выдержки под слоем проявителя не менее 10 мин.

Порошковый проявитель Элитест ПР9 наносился на объекты контроля распылением. Время выдержки под слоем проявителя не менее 10 мин.

6. Осмотр и разбраковка объектов контроля

Осмотр объектов контроля проводился в ультрафиолетовых лучах при интенсивности излучения 2500 мкВт/см², через 10 и 30 мин с момента нанесения проявителя. Максимально допустимое время до осмотра 1 час.

7. Удаление проявителей Элитест ПР21 и Элитест ПР9

Удаление проявителя проводилось водой с помощью жестких волосяных щеток/кистей или пневмо-гидропистолета. Сушка ОК проводилась сжатым воздухом. Контроль наличия остатков проявителя визуально.

Режим №2:

Отличался от режима № 1 тем, что время удаления избытка водосмываемого пенетранта Элитест П84 с поверхностей ОК увеличили до 10 мин при температуре воды 29 °С. При наличии остаточного фона поверхности ОК домывались с использованием душа, до удаления следов индикаторного пенетранта.

Результаты испытаний

При проведении испытаний **по режиму №1:**

На контрольном образце с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности по ГОСТ 18442 индикаторный рисунок от дефекта на поверхности выявлен полностью, индикация выражена ярко желто-зеленым свечением, при этом наблюдались ложные линейные индикаторные следы, не совпадающие с паспортом. Результаты контроля образца с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности, показаны на рисунке 5.



Рисунок 5 - Результаты контроля образца с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности

На испытательном образце тип 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3, предназначенном для контроля всего технологического процесса, индикаторные рисунки от дефектов на поверхности выявлены полностью, индикации выражены ярко желто-зеленым свечением. Наблюдалось наличие остаточного фона на участках образца имеющих шероховатость $Ra=15$ мкм и $Ra=10$ мкм. В других зонах фон отсутствовал. Наблюдалась ложные индикаторные следы различной формы, не совпадающие с паспортом. Результаты контроля испытательного образца типа 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3 показаны на рисунке 6.

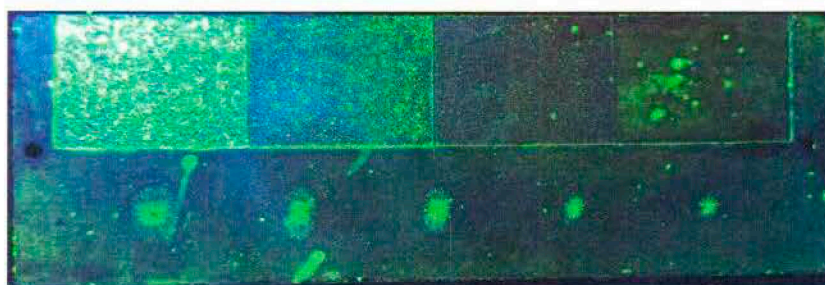


Рисунок 6 - Результаты контроля испытательного образца типа 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3

На всех исследуемых деталях и образцах выявлены индикаторные следы, различного размера и формы, выраженные ярко желто-зеленым свечением. На внутренних поверхностях охлаждающих каналов лопаток ГТД наблюдается фоновое свечение мешающее проведению разбраковки. На внешних поверхностях деталей и образцов лопаток наблюдались ложные индикаторные следы различной формы, не совпадающие с паспортом. Примеры результатов контроля деталей показаны на рисунке 7.

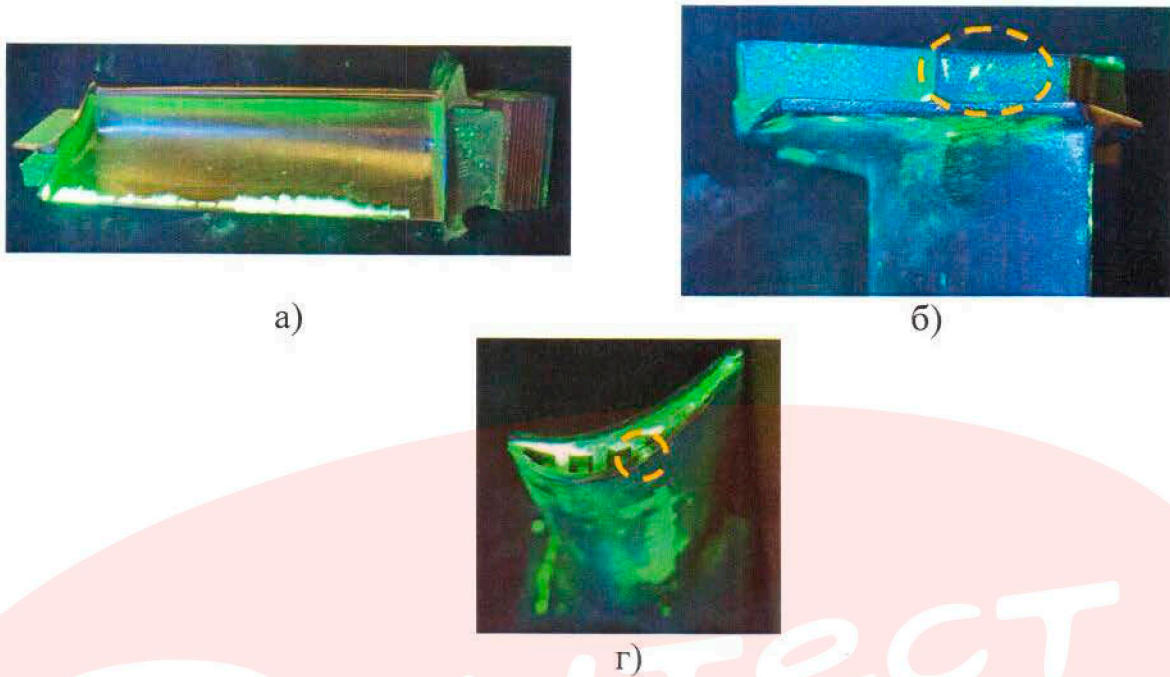


Рисунок 7 - Результаты контроля образцов лопаток с дефектами

При проведении испытаний **по режиму №2:**

На контрольном образце с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности по ГОСТ 18442 индикаторный рисунок от дефекта на поверхности выявлен полностью, индикация выражена ярко желто-зеленым свечением. Фоновое свечение отсутствует. Результаты контроля образца с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности, показаны на рисунке 8.

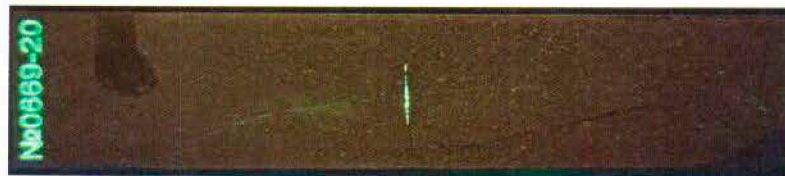


Рисунок 8 - Результаты контроля образца с искусственным дефектом, с шириной раскрытия, соответствующей I-му классу чувствительности

На испытательном образце тип 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3, предназначенном для контроля всего технологического процесса, индикаторные рисунки от дефектов на поверхности выявлены не полностью,

индикации выражены ярко желто-зеленым свечением. Наблюдалось наличие остаточного фона на участках образца имеющих шероховатость $Ra=15$ мкм и $Ra=10$ мкм. В других зонах фон отсутствовал. Результаты контроля испытательного образца типа 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3 показаны на рисунке 9.

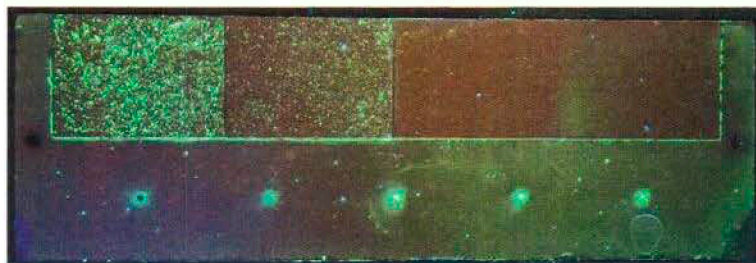


Рисунок 9 - Результаты контроля испытательного образца типа 2 по ГОСТ Р ИСО 3452-3

На всех исследуемых деталях и образцах выявлены индикаторные следы, различного размера и формы, выраженные ярко желто-зеленым свечением. На образце №4 индикации от дефектов выявлены не в полном объеме. На внутренних поверхностях охлаждающих каналов лопаток ГТД наблюдается фоновое свечение, мешающее проведению разбраковки. Примеры результатов контроля деталей показаны на рисунке 10.

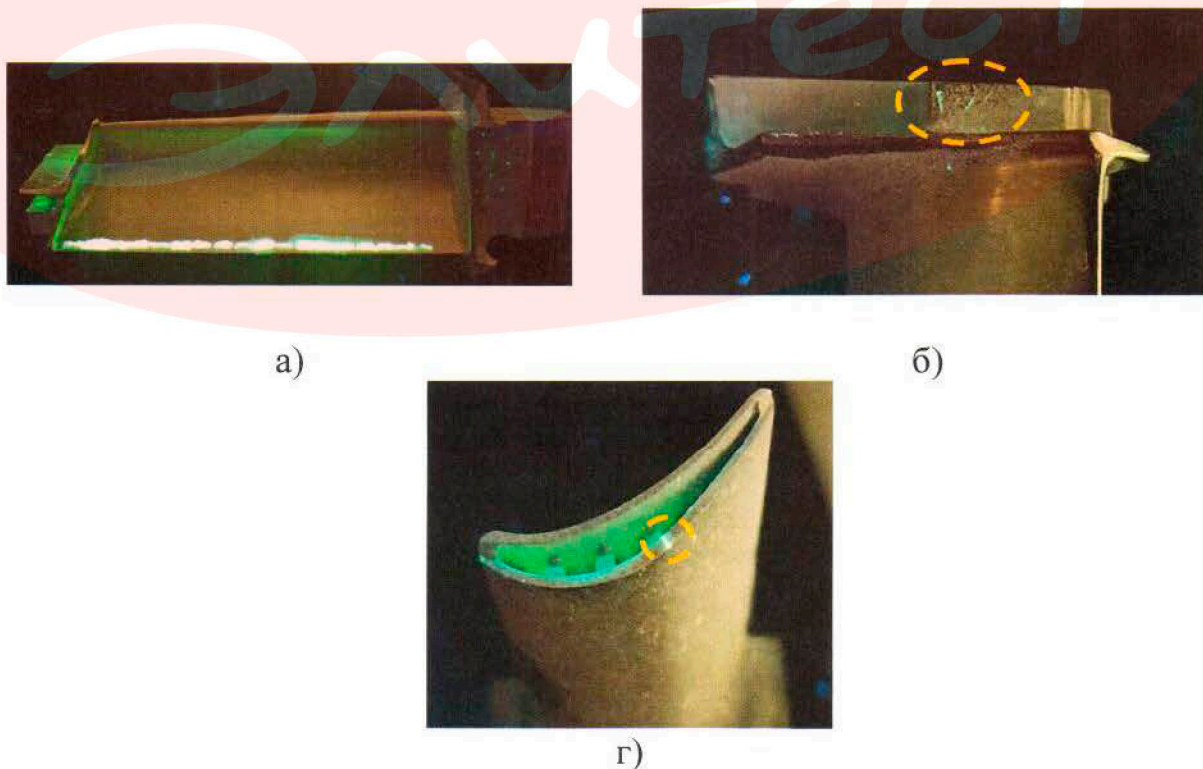


Рисунок 10 - Результаты контроля образцов лопаток с дефектами

Выводы

При проведении опробования капиллярного контроля с использованием набора дефектоскопических материалов №1 (Постэмульгируемый пенетрант Элитест П94; эмульгатор Элитест Э11; проявитель Элитест ПР9/ Элитест ПР21) по режимам №1 и №2, обеспечивается заявленный I-ый класс чувствительности при отсутствии фона на поверхностях исследуемых деталей и образцов при условии обеспечения:

- применения УЗ ванн при обезжиривании поверхности ОК;
- размещения ОК вертикально в сетчатых корзинах с крупной ячейкой;
- эффективного барботажа всей площади ОК и механического перемешивания слоев рабочих жидкостей (вода и эмульгатор) на стадии удаления избытка пенетранта;
- нанесения равномерного слоя проявителя с использованием краскораспылителя, имеющего диаметр сопла до 1,0 мм;
- эффективного удаления остатков дефектоскопических материалов (проявителя) с применением жестких волосяных щеток/кистей и пневмо-гидро пистолета.

При проведении капиллярного контроля с использованием набора дефектоскопических материалов №2 (Водосмываемый пенетрант Элитест П84 и проявитель Элитест ПР9/ Элитест ПР21) по режиму №1, обеспечивается заявленный I-ый класс чувствительности по наружным поверхностям по внутренним наблюдается наличие избыточного фона. Повышение времени смывки пенетранта и температуры приводит к снижению яркости и контрастности индикаторных следов от исследуемых дефектов.

Заключение

По результатам испытаний выбранных отечественных дефектоскопических люминесцентных наборов фирмы ООО «Элитест» (ТУ 2499-001-49782089-2015), на оборудовании АО «ОДК-ПМ» установлено, что при их использовании по выбранным технологическим режимам обеспечивается заявленный I-ый класс чувствительности по ГОСТ 18442.

Для использования набора №1 (Постэмульгируемый пенетрант Элитест П94; эмульгатор Элитест Э11; проявитель Элитест ПР9/ Элитест ПР21) в технологическом процессе реализуемом на оборудовании АО «ОДК-ПМ», в том числе, необходимо **дооснащение участка:**

- УЗ ваннами для обезжиривания поверхности ОК;
- сетчатыми корзинами с крупными ячейками, для вертикального расположения деталей, обеспечивающими эффективную очистку поверхностей деталей;
- ваннами с эффективным перемешиванием слоев рабочих жидкостей по всему объему ванны;
- дистиллятором, для обеспечения водой необходимой при приготовлении раствора эмульгатора;
- рефрактометром для замера концентрации раствора эмульгатора;

- душевальными установками для смывки избытка пенетранта с контролируемых поверхностей ОК;

- краскораспылителем с диаметром сопла до 1,0 мм;

- камерами распыления или электростатическими системами распыления проявителя;

- жесткими волосяными щетками/кистями и пневмо-гидро пистолетом для эффективного удаления проявителя.

-

Для обеспечения отсутствия фона на поверхностях исследуемых деталей и образцов при контроле набором №2 (Водосмываемый пенетрант Элитест П84 и проявитель Элитест ПР9/ Элитест ПР21), также необходимо **дооснащение участка** пневмо-гидропистолетами для эффективного удаления с поверхностей деталей избытка пенетранта.

Для повышения надежности контроля и вероятности обнаружения дефектов, за счет повышения яркости и контрастности индикаторных следов сформированных от дефектов, при контроле набором №2 (Водосмываемый пенетрант Элитест П84 и проявитель Элитест ПР9/ Элитест ПР21), рекомендуется дооснастить участок оборудованием интенсифицирующим процесс заполнения полости дефектов проникающей жидкостью.

Для обеспечения на контролируемой поверхности установленных значений УФ-облученности в соответствии ГОСТ 18442, рекомендуется дооснастить участок УФ – светильниками типа «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light», оснащенными устройством регулировки интенсивности излучения (энкодером), имеющие также Заключение НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ о возможности использования светодиодных источников УФ-облучения взамен рекомендуемых ОСТ 1 90282 ртутных УФ-облучателей типа КД-33Л.

Из двух опробованных наборов лучшие результаты получены с набором фирмы ООО «Элитест», имеющим в своем составе постэмульгируемый пенетрант Элитест П94; эмульгатор Элитест Э11(концентрат); проявитель Элитест ПР21(суспензионный) по режимам №1 и №2.

Лист согласования акта совместного опробования

От АО «ОДК-ПМ»

От НИЦ «Курчатовский институт» -
ВИАМ

Главный металлург

Начальник сектора


_____ Д.А. Павлов


_____ А.Н. Головков

Начальник бюро НМК

Ведущий инженер


_____ А.В. Ваганов


_____ И.И. Кудинов

Ведущий инженер


_____ Л.Л. Петрова

От ООО «Элитест»

Инженер 2-ой категории


_____ А.Н. Федосеев

Элитест