

Акционерное общество
«Научно-исследовательский и
конструкторский институт монтажной
технологии - Атомстрой»
(АО «НИКИМТ-Атомстрой»)

Алтуфьевское шоссе, д. 43, стр. 2,
Москва, 127410

Тел.: (495) 411-65-50, 411-65-51

Факс: (495) 411-65-52, 411-65-53

E-mail: post@atomrus.ru



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

Joint Stock Company
«Research and Development
Institute of Construction
Technology - Atomstroy»
(JSC «NIKIMT-Atomstroy»)

Altufjevskoe shosse st., h. 43, bld. 2,
Moscow, 127410

Tel.: (495) 411-65-50, 411-65-51

Fax : (495) 411-65-52, 411-65-53

E-mail: post@atomrus.ru

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИКИМТ

АО «НИКИМТ-Атомстрой»

В.С. Попов

« 2015г.



Заключение

по результатам испытаний дефектоскопического комплекта для магнитопорошковой дефектоскопии, состоящего из черной магнитной суспензии NRS 103S, белой фоновой краски NR 104A и очистителя NR 107 фирмы «HELLING» (Германия), на предмет применения в атомной энергетике.

№ МПД-HEL/NR-022-3 от 01.04.2015г.

В АО «НИКИМТ-Атомстрой», как Головной материаловедческой организации Государственной Корпорации по атомной энергии «Росатом» (Приказ ГК «Росатом» № 1/505-П от 09.06.2012г.) проведены испытания дефектоскопических комплектов (далее по тексту МПД-1 и ФМПД-2) фирмы «HELLING» для магнитопорошкового контроля АЭУ:

Дефектоскопический комплект МПД-1.

- | | |
|--|----------------------|
| - Черная магнитная суспензия NRS 103S; аэрозоль, | Art.-Nr.135.005.071, |
| Code24888/04/11. | |
| - Белая фоновая краска NR 104A, аэрозоль, | Art.-Nr.135.006.020, |
| Code DL26968/07/14. | |
| -Очиститель NR107, аэрозоль, | Art.-Nr.135.006.050; |
| Code 26111/03/14. | |



Сертифицировано



Дефектоскопический комплект ФМПД-2

- Флуоресцентная магнитная суспензия NRF 101, аэрозоль, Art.-Nr.135.005.050, Code 18851/0910.
- Очиститель NR 107, аэрозоль, Art.-Nr. 135.006.050; Code 20215/013/11.

Испытания проводились с целью определения технологических параметров дефектоскопических комплектов МПД-1 и ФМПД-2 для магнитопорошкового контроля оборудования и трубопроводов, подведомственных Управлению по регулированию безопасности атомных станций Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ в соответствии с требованиями нормативных документов, действующих в атомной энергетике:

- ПНАЭ Г-7-010-89 «Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля».
- ПНАЭ Г-7-025-89 «Стальные отливки для атомных энергетических установок. Правила контроля».
- ПНАЭ Г-7-015-89 «Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов) сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Магнитопорошковый контроль».

При испытаниях учитывались требования следующих нормативных документов:

- ГОСТ 18442-80.
Контроль неразрушающий. Общие требования.
- ГОСТ 24450-80.
Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения.
- ГОСТ 21105-87.
Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.

Работа проводилась на контрольных образцах и производственных изделиях.

Использовались следующие образцы:

- Образцы с искусственными дефектами типа трещин. Образцы изготавливались по технологии ПНАЭ Г-7-015-09.
- Образцы производственных изделий с естественными трещинами.

Испытания проводились как в лабораторных, так и в заводских условиях при соблюдении технологической последовательности операций контроля, требований к подготовке поверхности, режимам намагничивания, анализу и оценке результатов контроля.

Результаты испытаний.

По основным техническим параметрам дефектоскопические комплекты в аэрозольной упаковке «МПД-1» для магнитопорошковой дефектоскопии (цветной контраст) и «ФМПД-2» для магнитопорошковой люминесцентной дефектоскопии производства фирмы «HELLING» удовлетворяют требованиям ПНАЭ Г-7-015-89 в диапазоне температур $+10 \div +35^{\circ}\text{C}$.

При соблюдении рекомендуемой (ПНАЭ Г-7-015-89, п.4) шероховатости контролируемой поверхности, режимов намагничивания, нанесения магнитного индикатора в соответствии с технологической картой контроля, которая должна разрабатываться для каждого конкретного изделия, черная магнитная суспензия NRS 103S и флуоресцентная магнитная суспензия NRF101 позволяют обеспечивать при магнитопорошковом контроле условные уровни чувствительности А, Б, В. При использовании флуоресцентной магнитной суспензии NRF101 контрастность индикаторных следов выше, чем при использовании черной магнитной суспензии NRS 103S, что повышает надежность контроля по уровню чувствительности А, но увеличивает трудоемкость контроля.

При контроле деталей, имеющих темную поверхность, с использованием черной магнитной суспензии NRS 103S перед намагничиванием на контролируемую поверхность следует нанести слой белой фоновой краски NR 104A толщиной до 20 мкм для увеличения контраста индикаторного следа.

Дефектоскопические комплекты «МПД-1» и «ФМПД-2» были испытаны также в производственных условиях для контроля объектов атомной энергетики. Испытания дали положительный результат.

ВЫВОДЫ:

Дефектоскопические комплекты в аэрозольной упаковке для магнитопорошкового контроля фирмы «HELLING»:

1. Цветной контраст

- Черная магнитная суспензия NRS 103S
- Белая фоновая краска NR 104A
- очиститель NR 107.

2. Люминесцентный контраст.

- Флуоресцентная магнитная суспензия NRF 101;
- очиститель, NR 107.

удовлетворяют требованиям «Унифицированной методики контроля оборудования и трубопроводов АЭУ. Магнитопорошковый контроль» ПНАЭ Г-7-015-89 и могут применяться для обеспечения условного уровня чувствительности А, Б, и В при магнитопорошковом контроле объектов атомной энергетики.

Заключение действительно до 01.04.2018г.

Начальник управления технологического контроля,
экспертного и учебно-аттестационного обеспечения
АО «НИКИМТ-Атомстрой»



А.В.Полковников

Начальник лаборатории технологий контроля
АО «НИКИМТ-Атомстрой», к.т.н.



В.И. Горбачёв

ОТЧЕТ

по результатам испытаний дефектоскопического комплекта для магнитопорошковой дефектоскопии, состоящего из черной магнитной суспензии NRS 103S, белой фоновой краски NR 104A и очистителя NR 107 фирмы «HELLING» (Германия), на предмет применения в атомной энергетике.

№ МПД-HEL/NR-022-О от 01.04.2015г.

В АО «НИКИМТ-Атомстрой», как Головной материаловедческой организации Государственной Корпорации по атомной энергии «Росатом» (Приказ ГК «Росатом» № 1/505-П от 09.06.2012г.) проведены испытания дефектоскопических комплектов (далее по тексту МПД-1 и ФМПД-2) для магнитопорошкового контроля фирмы «HELLING»:

Дефектоскопический комплект МПД-1.

- Черная магнитная суспензия NRS 103S; аэрозоль, Art.-Nr.135.005.071, Code24888/04/11.
- Белая фоновая краска NR 104A, аэрозоль, Art.-Nr.135.006.020, Code DL26968/07/14.
- Очиститель NR107, аэрозоль, Art.-Nr.135.006.050; Code 26111/03/14.

Дефектоскопический комплект ФМПД-2

- Флуоресцентная магнитная суспензия NRF 101, аэрозоль, Art.-Nr.135.005.050, Code 18851/0910.
- Очиститель NR 107, аэрозоль, Art.-Nr. 135.006.050; Code 20215/013/11.

Испытания проводились с целью определения возможности применения дефектоскопических комплектов МПД-1 и ФМПД-2 для магнитопорошкового контроля оборудования и трубопроводов в соответствии с требованиями нормативных документов, действующих в атомной энергетике:

- ПНАЭ Г-7-010-89 «Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля».
- ПНАЭ Г-7-025-89 «Стальные отливки для атомных энергетических установок. Правила контроля».
- ПНАЭ Г-7-015-89 «Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов) сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Магнитопорошковый контроль».

При испытаниях учитывались требования следующих нормативных документов:

- ГОСТ 18442-80.
Контроль неразрушающий. Общие требования.
- ГОСТ 24450-80.
Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения.
- ГОСТ 21105-87.
Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.

Общие требования к магнитопорошковому контролю сварных соединений,наплавки и литья АЭУ

- 1.Магнитопорошковый контроль выполняется в соответствии с ГОСТ 21105-87, унифицированной методикой контроля ПНАЭ Г-7-015-89 или отраслевыми инструкциями.
- 2.Уровень чувствительности по ГОСТ 21105-87 при магнитопорошковом контроле устанавливается конструкторской организацией ,но при этом для сварных соединений I, II, III, IV, категорий по ПНАЭ Г-7-010-89 объектов атомной энергетики он должен быть не ниже уровня Б.
3. Магнитопорошковому контролю подвергают только сварные соединения деталей из сталей перлитного класса или (и) из высокохромистых сталей ,а также их кромки,предварительно наплавленные высокохромистыми присадочными материалами,

Материалы для магнитопорошковой дефектоскопии ,входящие в дефектоскопические комплекты МПД-1 и ФМПД-2 , изготовлены в соответствии со стандартами завода-изготовителя HELLING GmbH, DIN EN ISO 9934-2, ГОСТ 21105 и допущены для производственно-технического использования в соответствии с РМУС, а также NFF 00-090 ,EN 571 Teil 1, EN ISO 3452 Teil 3 и имеют Санитарно-эпидемиологические заключения Государственной санитарно-эпидемиологической службы РФ.

Цель испытаний.

Испытания проводились с целью определения технологических параметров дефектоскопических комплектов МПД-1 и ФМПД-2 для магнитопорошкового контроля оборудования и трубопроводов, подведомственных Управлению по регулированию безопасности атомных станций Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ.

Работа проводилась на контрольных образцах и производственных изделиях.

Использовались следующие образцы:

- Образцы с искусственными дефектами типа трещин. Образцы изготавливались по технологии ПНАЭ Г-7-015-09.
- Образцы производственных изделий с естественными трещинами.

Испытания проводились как в лабораторных, так и в заводских условиях при соблюдении технологической последовательности операций контроля, требований к подготовке поверхности, режимам намагничивания, анализу и оценке результатов контроля.

Программа испытаний.

1. Изготовление и метрологическая поверка контрольных образцов, имеющих условные поверхностные дефекты, соответствующие условным уровням чувствительности А, Б, В, параметры которых приведены в табл. 1. (п. 1.5 ПНАЭ Г-7-015-89).

Таблица 1

Условный уровень чувствительности	Минимальная ширина раскрытия условного дефекта, мкм	Минимальная протяженность условного дефекта, мм	Шероховатость контролируемой поверхности Ra, мкм (не более)
А	2,0	0,5	2,5
Б	10,0	0,5	10,0
В	25,0	0,5	10,0

Под условным дефектом понимается поверхностный дефект в форме плоской щели с параллельными стенками, ориентированный перпендикулярно к контролируемой поверхности и направлению магнитного поля, и с соотношением глубины к ширине, равным 10.

2. Отработка режимов намагничивания контрольных образцов до напряженности, соответствующей уровням чувствительности А, Б, В.

3. Приготовление магнитной и магнитолюминесцентной суспензий из порошковых концентратов рекомендуемых ПНАЭ Г-7-015-89 и подготовка к работе аэрозольных баллонов фирмы «HELLING».

Обработка контрольных образцов в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя и ПНАЭ Г-7-015-89.

4. Визуальный анализ индикаторных следов на поверхности контрольных образцов.

5. Оценка полученных результатов в соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-015-89 и ПНАЭ Г-7-0-10-89.

Методика испытаний.

В соответствии с п.3.9. ПНАЭ Г-7-015-89 качество готовой магнитной суспензии перед проведением контроля проверяется на контрольных образцах с несплошностями, удовлетворяющими заданному уровню чувствительности контроля (А, Б, В).

При проведении данных испытаний применялись метрологически аттестованные контрольные образцы, изготовленные в соответствии с Приложением 2 ПНАЭ-Г-7-015-89, из стали 20Х13 после азотирования в атмосфере аммиака.

МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И АТТЕСТАЦИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ.

1. Контрольный образец изготавливается из высокохромистых сталей с содержанием хрома 10-15% длиной 110 ± 10 мм, шириной 20 ± 1 мм и толщиной 4-5 мм.

2. После предварительной механической обработки образец шлифуется на глубину 0,2-0,3 мм с шероховатостью поверхности R_a не более 1,6 мкм и азотируется.

3. Азотирование образца проводится в атмосфере аммиака в два этапа:
при температуре $540 \pm 15^\circ\text{C}$ с выдержкой при этой температуре 20 ± 1 ч со степенью диссоциации аммиака $30 \pm 3\%$;

при температуре $580 \pm 15^\circ\text{C}$ с выдержкой при этой температуре 20 ± 1 ч со степенью диссоциации аммиака $60 \pm 3\%$.

Охлаждается образец в печи в атмосфере аммиака до 200°C с последующей выдержкой на воздухе.

4. После азотирования рабочие (широкие) поверхности образцов шлифуются на глубину не более 0,05 мм (с обильным охлаждением) до шероховатости, указанной в табл. 1, в зависимости от требуемого уровня чувствительности.

5. Толщина азотированного слоя измеряется с помощью металло-микроскопа на подготовленном микрошлифе и должна составлять $100 \div 250$ мкм.

6. Для получения искусственных трещин образец устанавливается на две опоры стола винтового пресса и через призму плавно изгибается до появления характерного хруста, свидетельствующего о разрушении азотированного слоя. Глубина образовавшихся трещин принимается равной толщине азотированного слоя. Ширина раскрытия выявленных трещин измеряется микроскопом.

7. Полученные образцы маркируются, подвергаются контролю методом магнитопорошковой дефектоскопии и фотографируются.

8. Аттестация контрольных образцов проводится службами неразрушающего контроля и метрологии.

9. Образцы после контроля в соответствии п.7 должны быть очищены, просушены и храниться в отдельной коробке в сухом помещении.

В соответствии с п. 3.1 ПНАЭ Г-7-015-89 в качестве индикаторов несплошностей допускается использовать магнитные и люминесцентные суспензии с зернистостью не более 50 мкм.

Испытание дефектоскопических комплектов «МПД-1» и «ФМПД-2» на величину частиц порошка проводилось методом отстоя в этиловом спирте (ГОСТ 17299-78) и непосредственным замером с использованием металлографического микроскопа МИМ-10. Испытания показали, что зернистость магнитных порошков составляет $2 \div 30$ мкм и удовлетворяет требованиям ПНАЭ Г-7-015-89.

Продольное (полюсное) намагничивание контрольных образцов осуществлялось в приложенном магнитном поле с помощью магнитного дефектоскопа ПМД-70.

Уровень намагниченности контрольных образцов измерялся с помощью метрологически аттестованного измерителя напряженности магнитного поля ИМАГ-400.

При испытаниях дефектоскопического комплекта «ФМПД-2» для магнитопорошковой люминесцентной дефектоскопии применялся облучатель ультрафиолетовый «Helling Super UV 2005», который обеспечивал ультрафиолетовую облученность контролируемой поверхности в соответствии с п. 4.6.3 ПНАЭ Г-7-015-89 (не менее 1500 мкВт/см^2) и длиной волны ультрафиолетового излучения в диапазоне $315 \div 400 \text{ нм}$.

Освещенность контролируемой поверхности при испытании дефектоскопического комплекта «МПД-1» замерялась люксметром «Аргус-01» и составляла не менее 1000 лк. При этом применялось комбинированное освещение (общее и местное).

Параллельно с испытаниями дефектоскопических комплектов фирмы «HELLING» на тех же контрольных образцах и тех же режимах

проводились сравнительные испытания дефектоскопических материалов, рекомендуемых в Приложении 1 ПНАЭ Г-7-015-89, в частности,

- Состав №5:

Порошок магнитный черный, ТУ 6-14-1009-79	25 ± 5 г
Масло нелюминесцирующее (марки РМ)	до 1000 мл

При магнитолюминесцентном контроле в составе № 3 вместо черного магнитного порошка применялся магнитно-люминесцентный порошок Люмагпор-5 (ТУ 6-09-26-438-83) в количественном отношении 4 ± 1 г на 1 л суспензии.

При сравнительных испытаниях кроме контрольных образцов применяли детали, имеющие естественные трещины. Для объектов контроля с темной поверхностью при испытании дефектоскопического комплекта «МПД-1» для улучшения контраста на контролируемую поверхность наносилась белая фоновая краска NR 104A толщиной до 20 мкм.

Для реализации контроля по условным уровням чувствительности А, Б, В способом приложенного поля напряженность магнитного поля $H_{ПР}$, необходимая для обеспечения требуемого уровня чувствительности, определялась исходя из коэрцитивной силы H_C материала объекта контроля (в нашем случае для стали 20Х13, из которой выполнены контрольные образцы) и величины поля насыщения $H_{НАС}$.

Расчет необходимого приложенного намагничивающего поля $H_{ПР}$ для стали 20Х13 в зависимости от чувствительности приведен в табл. 2, исходя из требований п. 4.3.6 ПНАЭ Г-7-015-89.

Таблица 2

Уровень чувствительности	Коэрцитивная сила, H_C , А/см	Поле насыщения, $H_{НАС}$, А/см	Формула для расчета, $H_{ПР}$, А/см
А	11,1	80	$42+1,3H_C = 56,4$
Б	11,1	80	$20+1,1H_C = 32,2$
В	11,1	80	$15+1,1H_C = 27,2$

Перед проведением испытаний проводилась очистка и обезжиривание контролируемой поверхности очистителем NR 107.

Распыление черной магнитной суспензии NRS 103S и флуоресцентной магнитной суспензии NRF 101 проводилось в соответствии с рекомендациями фирмы «HELLING» для обеспечения равномерного распределения суспензии в процессе намагничивания.

После окончания обработки контролируемого участка суспензией процесс дальнейшего намагничивания продолжался не менее 5 секунд.

Намагничивание прекращается после стекания с контролируемой поверхности основной массы суспензии, когда дальнейшее стекание не изменяет картины отложения порошка над дефектом (п. 4.5.4 ПНАЭ Г-7-015-89).

Осмотр контролируемой поверхности проводится после прекращения намагничивания.

Результаты испытаний оценивались по наличию на контролируемой поверхности индикаторного следа в виде четкого плотного валика магнитного порошка, видимого невооруженным глазом или с использованием лупы 7-кратного увеличения и воспроизводимого каждый раз при повторном нанесении магнитной суспензии.

Результаты испытаний.

По основным техническим параметрам дефектоскопические комплекты в аэрозольной упаковке «МПД-1» для магнитопорошковой дефектоскопии (цветной контраст) и «ФМПД-2» для магнитопорошковой люминесцентной дефектоскопии производства фирмы «HELLING» удовлетворяют требованиям ПНАЭ Г-7-015-89 в диапазоне температур $+10 \div +35^{\circ}\text{C}$.

При соблюдении рекомендуемой (ПНАЭ Г-7-015-89, п.4) шероховатости контролируемой поверхности, режимов намагничивания, нанесения магнитного индикатора в соответствии с технологической картой контроля, которая должна разрабатываться для каждого конкретного изделия, черная магнитная суспензия NRS 103S и флуоресцентная магнитная суспензия NRF101 позволяют обеспечивать при магнитопорошковом контроле условные уровни чувствительности А, Б, В. При использовании флуоресцентной магнитной суспензии NRF101 контрастность индикаторных следов выше, чем при использовании черной магнитной суспензии NRS 103S, что повышает надежность контроля по уровню чувствительности А, но увеличивает трудоемкость контроля.

При контроле деталей, имеющих темную поверхность, с использованием черной магнитной суспензии NRS 103S перед намагничиванием на контролируемую поверхность следует нанести слой белой фоновой краски NR 104A толщиной до 20 мкм для увеличения контраста индикаторного следа.

Дефектоскопические комплекты «МПД-1» и «ФМПД-2» были испытаны также в производственных условиях для контроля объектов атомной энергетики. Испытания дали положительный результат.

ВЫВОДЫ:

Дефектоскопические комплекты в аэрозольной упаковке для магнитопорошкового контроля фирмы «HELLING»:

1. Цветной контраст

- Черная магнитная суспензия NRS 103S
- Белая фоновая краска NR 104A
- очиститель NR 107.

2. Люминесцентный контраст.

- Флуоресцентная магнитная суспензия NRF 101;
- очиститель, NR 107.

удовлетворяют требованиям «Унифицированной методики контроля оборудования и трубопроводов АЭУ. Магнитопорошковый контроль» ПНАЭ Г-7-015-89 и могут применяться для обеспечения условного уровня чувствительности А, Б, и В при магнитопорошковом контроле объектов атомной энергетики.

Данный отчет является приложением к заключению № МПД-HEL/NR-022-3 от 01.04.2015г.

Начальник управления технологического контроля,
экспертного и учебно-аттестационного обеспечения
АО «НИКИМТ-Атомстрой»



А.В.Полковников

Начальник лаборатории технологий контроля
АО «НИКИМТ-Атомстрой», к.т.н.



В.И. Горбачёв