

УДК 620.179

**РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
КАЧЕСТВА НАПОЛНИТЕЛЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ТРУБКАХ**Б.И. Капранов, К.Н. Коробов, В.В. Голов, А.М. Сидор,
И.Н. Абрамов*, И.В. Овчаров**Томский политехнический университет
*Приборостроительный завод, г. Трёхгорный
**Российский Федеральный ядерный центр
Всероссийский научно-исследовательский
институт технической физики
E-mail: introbob@mail.ru

Описаны принцип действия и конструкция установки для контроля качества наполнителя в металлических трубках методом цифровой радиографии, выполненной на основе рентгеновского излучателя, детекторной матрицы, механизма перемещения и электронных блоков управления. Установка позволяет выявлять отклонения плотности наполнителя на $\pm 30\%$, «тяжёлые» (алюминий, медь) включения; измерять геометрические размеры шнура (внутренний диаметр и толщину стенки).

Ключевые слова:

Контроль качества, рентгеновское излучение.

Введение

Оперативный непрерывный контроль внутреннего заполнения металлических трубок (МТ) возможен только с помощью просвечивания рентгеновским или гамма излучением с регистрацией прошедшего через МТ потока квантов. Возможность обнаружения включений с меньшей и большей плотностью в материал наполнителя связана, соответственно, с уменьшением или увеличением линейного коэффициента ослабления комбинацией стенка–наполнитель–стенка. Реализация режима автоматизации контроля требует цифровой регистрации радиационного изображения. Поэтому в данной работе для детектирования применена цифровая сцинтилляционная детекторная матрица [1].

Принцип работы комплекса «Мангуст» основан на просвечивании детонирующего шнура рентгеновским излучением, регистрации теневого изображения цифровой детекторной матрицей и визуализации получаемого цифрового изображения на экране монитора с геометрическим увеличением [2]. Комплекс содержит блок измерительный (БИ), блок управления (БУ), персональный компьютер (ПК). Устройство БИ представлено на рис. 1.

Капранов Борис Иванович, д-р техн. наук, профессор, заведующий сектором лаборатории № 40 кафедры «Физические методы и приборы контроля» ТПУ.

E-mail: introbob@mail.ru

Область научных интересов: комптоновская томография.

Коробов Кирилл Николаевич, аспирант кафедры «Физические методы и приборы контроля» ТПУ.

E-mail: korobovkirill@mail.ru

Область научных интересов: рентгеновская и ультразвуковая дефектоскопия.

Голов Василий Витальевич, аспирант кафедры «Физические методы и приборы контроля» ТПУ.

E-mail: golov_vasia@mail.ru

Область научных интересов: рентгеновская дефектоскопия.

Сидор Алексей Михайлович, аспирант кафедры «Физические методы и приборы контроля» ТПУ.

E-mail: alexa_555@mail.ru

Область научных интересов: рентгеновская дефектоскопия.

Абрамов Иван Николаевич, инженер-технолог приборостроительного завода, г. Трёхгорный.

E-mail: introbob@mail.ru

Область научных интересов: технология изготовления детонационных шнуров.

Овчаров Игорь Владимирович, начальник отдела 815, Российский Федеральный Ядерный центр Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики.

E-mail: introbob@mail.ru

Область научных интересов: технология материалов и изделий.

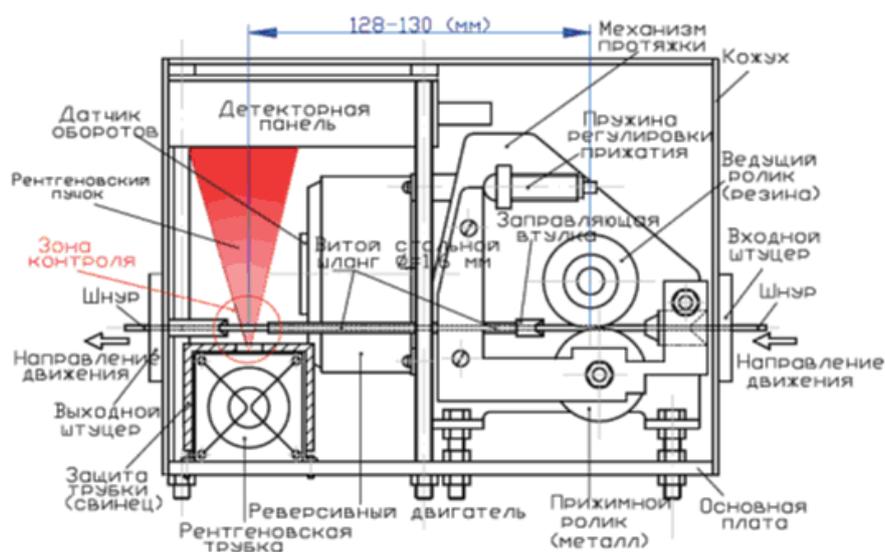


Рис. 1. Устройство блока измерительного

Основой блока является рентгеновская трубка с рабочим напряжением до 50 кВ и током до 1000 мкА. Трубка имеет фокусное пятно не более 100 мкм. Контролируемый шнур движется через пучок рентгеновского излучения с помощью механизма протяжки. Прошедшее рентгеновское излучение регистрируется детекторной панелью. Механизм протяжки, приводится в движении реверсивным двигателем, соединенным с редуктором, на выходном валу которого находится ведущий обрезиненный ролик. Для обеспечения необходимого усилия движения шнура он прижимается к ведущему ролику прижимным металлическим роликом. Усиление прижатия регулируется пружиной. МТ вводится через входной штуцер и через заправляющую втулку подаётся в измерительный канал, образуемый заправляющей втулкой и витым металлическим шлангом в оболочке с внутренним диаметром 1,6 мм. МТ проходит через зону контроля и выводится через выходной штуцер.

Все элементы блока измерительного размещены на основной плате и закрыты кожухом. Рентгеновская трубка закрыта свинцовой защитой трубки кроме отверстия в зоне контроля. Кожух внутри также закрыт свинцовой защитой, обеспечивающей допустимую дозу на поверхности блока.

Внешний вид блока измерительного представлен на рис. 2.

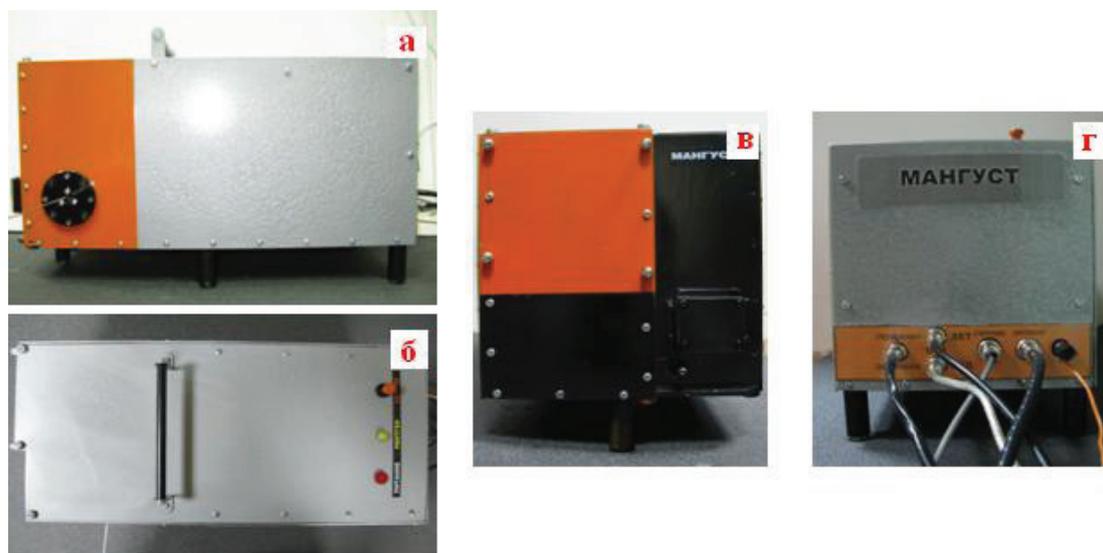


Рис. 2. Вид блока измерительного: а) со стороны входного штуцера; б) сверху; в) спереди; г)-сзади

Просвечивание МТ осуществляется коническим пуском рентгеновского излучения, генерируемого трубкой. Полученное рентгеновское изображение регистрировалось детекторной матрицей 100×50 мм, содержащей 1024×512 элементов сцинтиллятор-фотодиод. Результаты контроля регистрируются на экране монитора и сохраняются в виде «*jpg*» файлов. Взаимное расположение контролируемой МТ и анода рентгеновской трубки представлено на рис. 1. Изменяя расстояние между анодом трубки и МТ и между МТ и детекторной матрицей, можно изменять масштаб получаемого изображения от 1 до 100. Перемещение МТ относительно анода трубки осуществляется механизмом перемещения. Вся система размещена в металлическом корпусе с радиационной защитой из свинца.

Анализ результатов контроля инертных образцов МТ показывает, что разработанный метод позволяет обнаруживать основные типы нарушений сплошности сердцевины и наличия в ней отклонений плотности и инородных включений.

Описание результатов контроля

Из рис. 3 видно, что диаметр сердечника вместо $0,7 \dots 0,8$ мм составляет не более $0,43$ мм, такой диаметр сохраняется по всей длине образца. Подтверждается это рис. 4, где на торце образца сделаны сверления сначала диаметром $d = 1$ мм, затем $d = 0,5$ мм. Видно, что диаметр канала меньше $0,5$ мм.

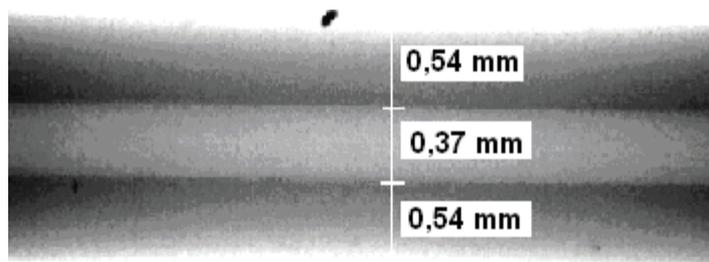


Рис. 3. Снимок участка 1 образца № 1

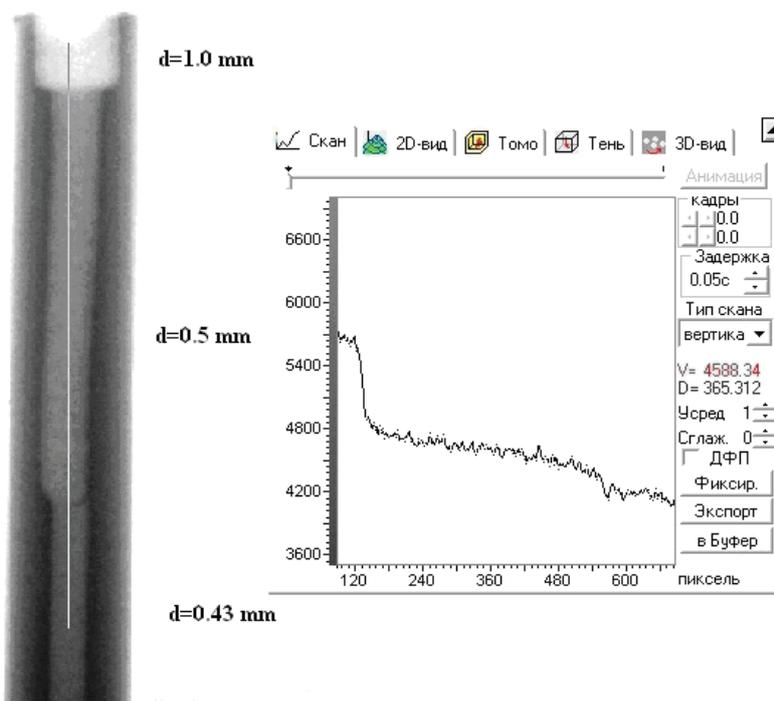


Рис. 4. Снимок образца № 1 со сверлением, полученный в процессе протяжки при изготовлении

Расширение канала в образце № 2 начинается в начале образца после стрелки 1 на рис. 5. Там же начинает появляться наполнитель (увеличение плотности справа от стрелки 1 на гистограмме). На участке 2 образца № 2 (рис. 6) диаметр канала уже составляет 0,88 мм. Наполнитель присутствует. Наблюдается два включения с уменьшенной плотностью (стрелки 1 и 2 на снимке и на гистограмме). Отклонение по сигналу составляют 2,1 %, что соответствует уменьшению средней плотности наполнителя на 6 %, то есть это полиэтиленовая пленка толщиной 0,1 мм.

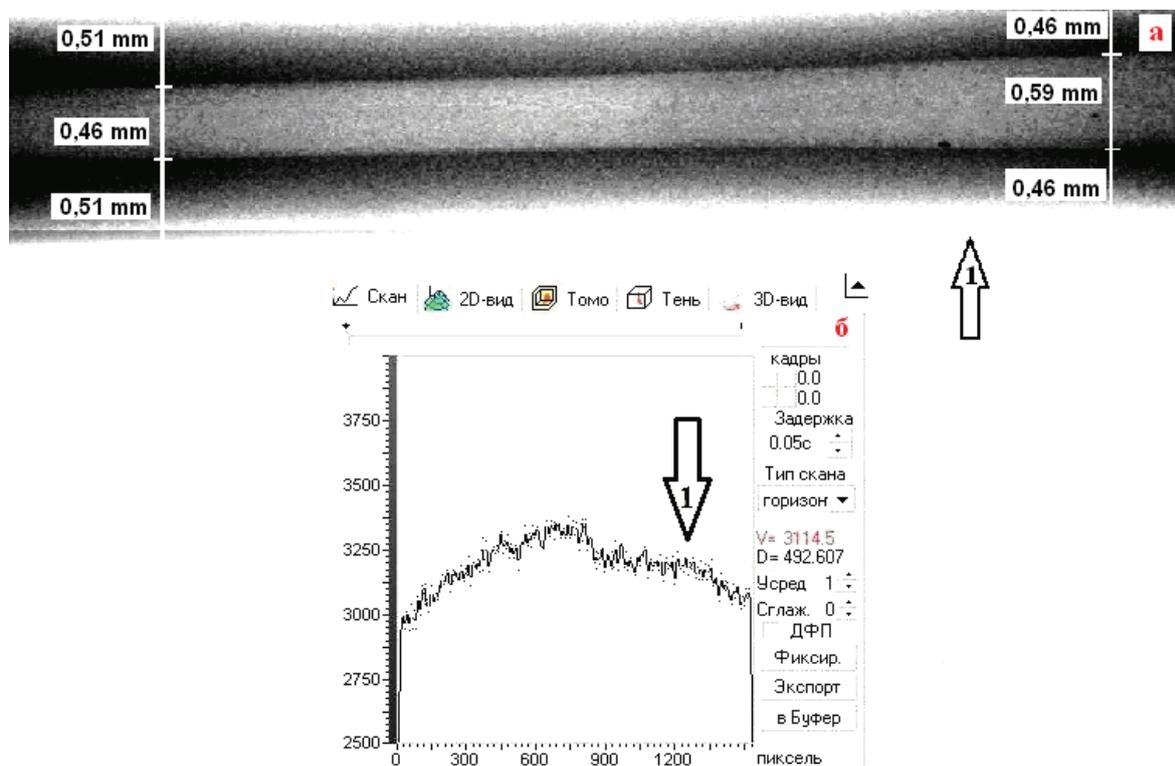


Рис. 5. Снимок участка (а) и гистограмма (б) образца №2. Начало расширения сердцевины (зона, отмеченная стрелкой 1).

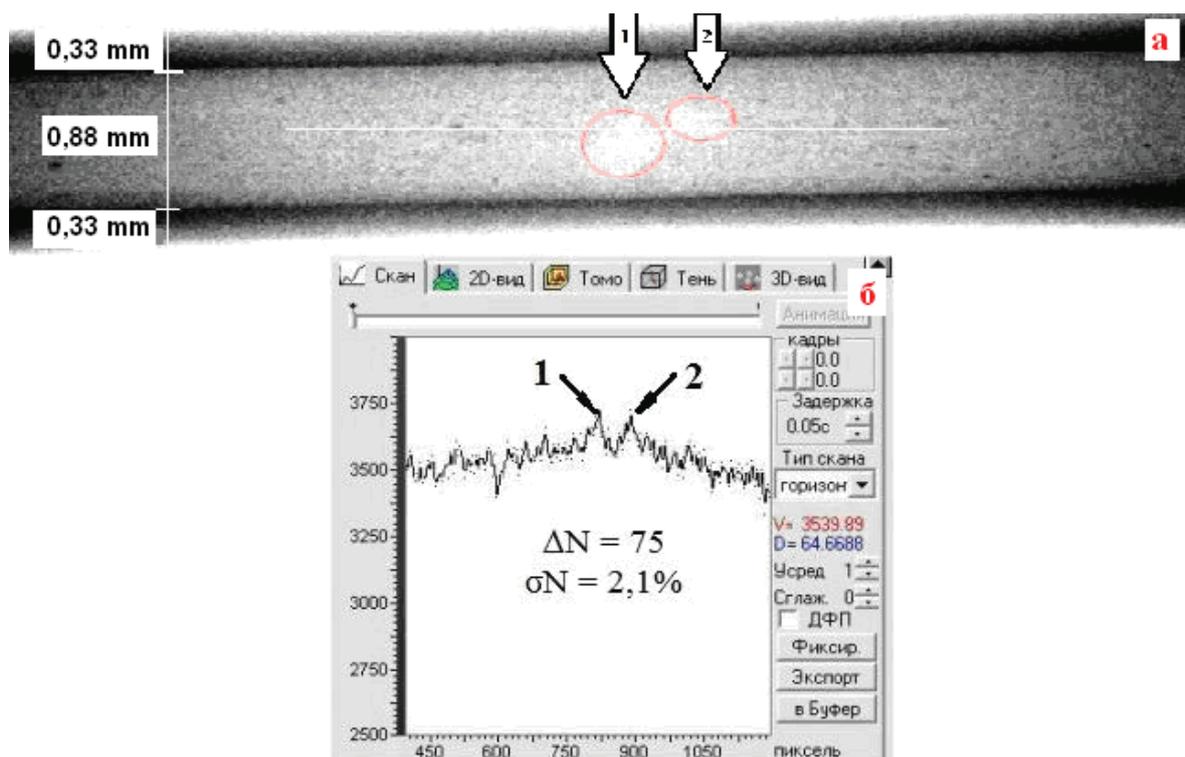


Рис. 6. Снимок участка 2 (а) и гистограмма (б) образца № 2. Включения с меньшей плотностью (стрелки 1 и 2). Диаметр сердцевины увеличился до 0,88 мм

Выборки двух участков в образце № 3 представлены на рис. 7–9. На рис. 7 включение с меньшей плотностью представлено на изображениях с разным уровнем контраста. По геометрическим размерам включение с наибольшей вероятностью соответствует нейлоновой нити (а) либо полиэтиленовой пленке (б). На рис. 8 более протяженный (порядка 1,4 мм) объект меньшей плотности. Вероятнее всего это остаточный, не полностью закатанный, элемент разрыва. Подобный элемент имеется и на рис. 7.

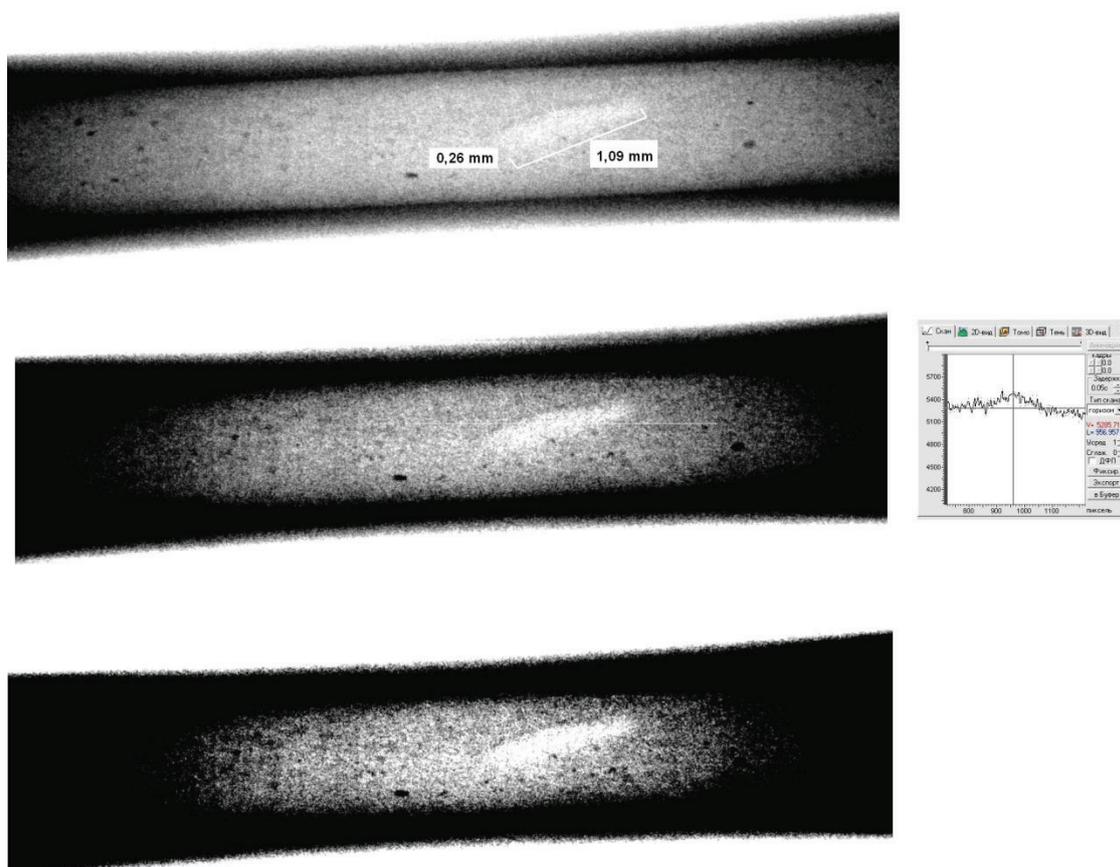


Рис. 7. Снимок участка 1 образца № 3 при разной контрастности и гистограмма. Включение в материал наполнителя элемента меньшей плотности

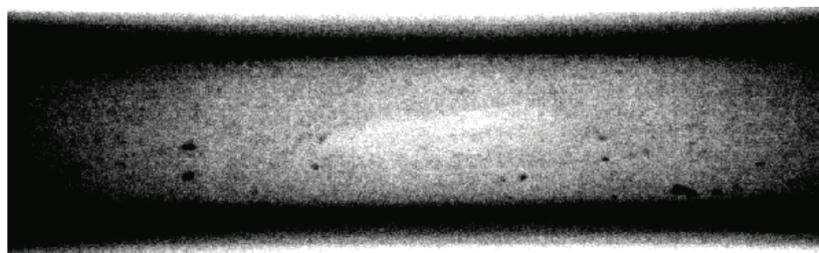


Рис. 8. Снимок участка 2 образца № 3. Включение в материал наполнителя элемента меньшей плотности

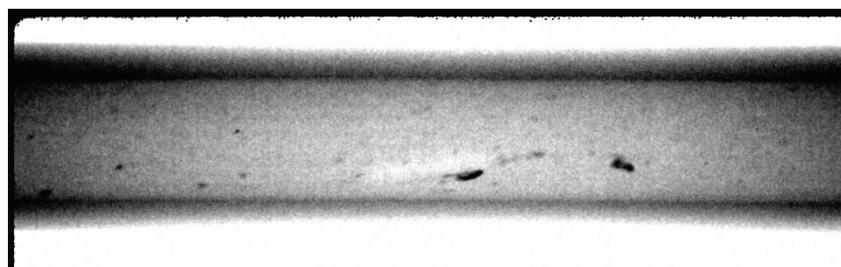


Рис. 9. Снимок участка образца 3 образца № 3. Включения в материал наполнителя элемента меньшей и большей плотности

В образце № 4 обнаружены элементы из проволоки диаметром $0,3 \times 0,3 \times 0,3$ мм так и фрагменты алюминия $0,3 \times 0,3 \times 0,3$ мм рис. 10 и 11.

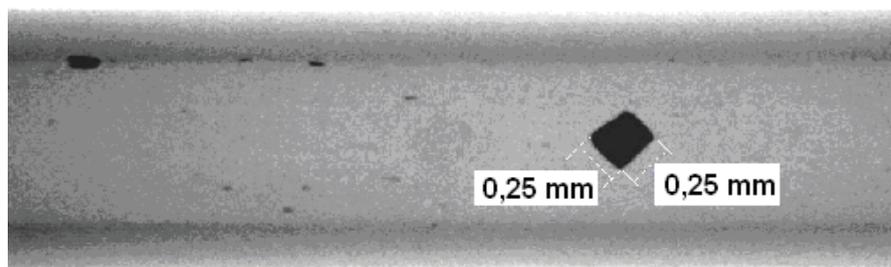


Рис. 10. Снимок участка 1 образца № 4. Включение в материал наполнителя элемента большей плотности

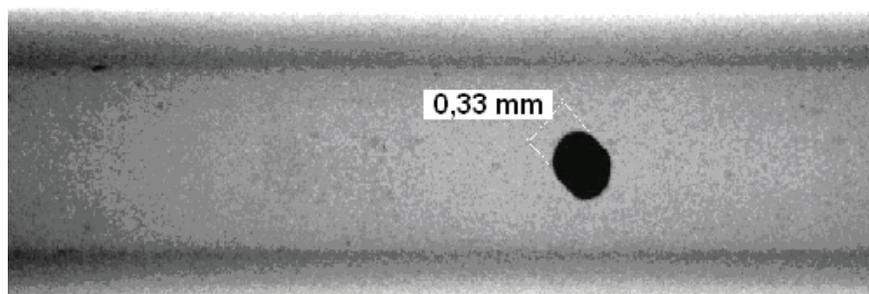


Рис. 11. Снимок участка 2 образца № 4. Включение в материал наполнителя элементов большей плотности

Фрагменты из алюминия наблюдаются также в образце № 5 (рис. 12).

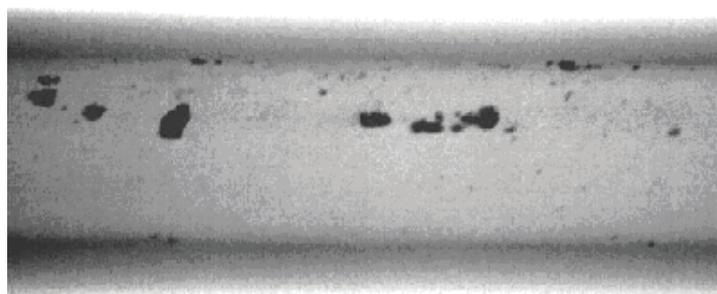


Рис. 12. Снимок участка 1 образца № 5. Включения в материал наполнителя элементов большей плотности

Заключение

Результаты испытаний макета установки позволяют сделать следующие выводы:

1. Разрывов наполнителя по всему сечению в инертных образцах в явном виде не обнаружено. Наиболее вероятная причина – закаты разрывов в исходной заготовке $d = 5$ мм в процессе протяжки методом фильерования.
2. Надежно обнаруживаются включения меньшей плотности, приводящие к уменьшению средней по сечению образца плотности на ± 30 %. Тяжелые элементы (алюминий, медь) обнаруживаются с высокой степенью достоверности.
3. Метод, кроме обнаружения несплошностей, позволяет также измерять геометрические размеры МТ, внутренний диаметр и толщину стенки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неразрушающий контроль. Т. 1 / под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2008. – 560 с.
2. Румянцев С.В. Радиационная дефектоскопия. – М.: Атомиздат, 1968. – 560 с.

Поступила 13.04.2012 г.