

УДК 681.324.6

ПЕРЕДВИЖНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н. Н. ПОТРАХОВ, К. К. ГУК, В. Б. БЕССОНОВ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Санкт-Петербург, Россия

UDC 681.324.6

MOBILE X-RAY INSTALLATIONS FOR CONTROL OF MATERIALS AND INDUSTRIAL PRODUCTS

N. N. POTRAKHOV, K. K. GUK, V. B. BESSONOV

Аннотация. Благодаря высокой информативности, а также наглядности, оперативности проведения и неразрушающему характеру, рентгенографические методы имеют неоспоримое преимущество перед всеми другими известными методами контроля различных материалов и промышленных изделий. Использование результатов отечественных исследований в области микрофокусной рентгенографии позволяет принципиально снизить габариты, вес и энергопотребление источников рентгеновского излучения. В результате разработаны многофункциональные рентгенографические и рентгенотомографические установки нового класса в передвижном исполнении.

Ключевые слова: микрофокусная рентгенография, рентгеновский контроль и диагностика, передвижные рентгенографические и рентгенотомографические установки.

Abstract. Introduction: due to the high information content, as well as the visibility of the promptness and non-destructive nature of X-ray methods, they have an undeniable advantage over all known methods for testing various materials and industrial products. Using the results of domestic research in the field of microfocus radiography makes it possible to fundamentally reduce the size, weight, and power consumption of the X-ray sources used. As a result, multifunctional radiography and X-ray tomography units of a new class, portable and mobile, have been developed.

Keywords: microfocus radiography, X-ray control and diagnostics, mobile radiography and X-ray tomography units.

Введение. С момента своего открытия (1895 г.) и по сей день рентгеновское излучение широко используется для неразрушающего контроля различных материалов и промышленных изделий. Основными преимуществами рентгеновских методов контроля, в первую очередь, рентгенографических, являются высокие наглядность и информативность получаемых результатов, оперативность, а также относительная простота их реализации.

Последние достижения в области технологии аппаратных средств рентгенографии, в частности разработка цифровых приемников рентгеновского изображения, открыли новое направление рентгеноприборостроения – установки для рентгеновского контроля и диагностики в передвижном исполнении различного назначения.

Разработки отечественных передвижных (портативных) рентгенодиагностических установок (ПРДУ) были начаты в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» несколько лет назад. Основанием для них послужили результаты продолжительных исследований сотрудников кафедры электронных приборов и устройств (ЭПУ) в области микрофокусной рентгенографии, которая в настоящее время является международно признанным российским приоритетом.

Малые габариты, вес и энергопотребление при высоком качестве получаемых рентгеновских изображений позволяют проводить с помощью ПРДУ контроль самых разнообразных изделий непосредственно на месте их производства: в цехе, на монтажном участке или поточной линии сборки, научной или учебной лаборатории и т. д. С полным основанием можно утверждать, что ПРДУ превратились в незаменимый «настольный» инструмент инженера, технолога, научного работника и даже преподавателя вуза.

Современные технические средства рентгенографии и томографии.

К настоящему времени сотрудниками кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ «ЛЭТИ» на базе малого предприятия Технопарк университета ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед» разработаны передвижные рентгенографические семейства ПРДУ и рентгенотомографические установки семейства МРКТ, предназначенные для целого ряда областей научной и практической деятельности [1].

Типовая конструкция установок обоих семейств включает в себя рентгенозащитную камеру (РЗК) для проведения рентгенографических работ, ИРИ моноблочного типа, цифровой ПРИ на основе плоскопанельного детектора РИ, персональный компьютер (ПК) с установленным специализированным программным обеспечением (ПО) и устройство для позиционирования (УП) объекта. Типы рентгеновской трубки и детектора РИ, а также конструкция и количество степеней перемещения УП зависят от форм-фактора ОИ и задач контроля.

Основные параметры установок семейства ПРДУ представлены в табл. 1.

Области применения рентгенографических и рентгенотомографических установок.

1. Контроль изделий электронной техники.

Ни одно из производств современной электронной техники не может обойтись без контроля качества ключевых технологических операций, например, «разварки» внутренних выводов диодов, транзисторов, микросхем и т. д. или паяных соединений печатных плат. Для решения указанных задач предназначены рентгенографические установки семейства ПРДУ в нескольких исполнениях (рис. 1).

Они успешно используются при входном контроле электронных компонентов и печатных плат, например, паяных соединений, выполненных по BGA-, QFN-, THT-технологиям, дефектов нанесения паяльной пасты, включая обнаружения пустот, перемычек и т. д., поиск посторонних элементов. Примеры получаемых рентгеновских изображений представлены на рис. 2.

Специализированная установка этого семейства – ПРОДИС.КОМПОНЕНТ (СК-01) используется для оперативного подсчета SMD-компонентов в катушках, пеналах, поддонах без вскрытия упаковок, а также обрезках лент [2].

Табл. 1. Основные параметры установок семейства ПРДУ

Параметр	ПРДУ-1.1	ПРДУ-1.2	ПРДУ-2.1	ПРДУ-2.2	«КРОС»	«РУНК-50»	«СК-01»
Напряжение, кВ	20...50	20...50	40...100	40...100	30	50	80
Ток, мА	0,1	0,1	0,1	0,1	10	2	0,7
Размер фокусного пятна, мкм	Ø 20	Ø 20	Ø 20	Ø 20	100 × 100	Ø 100	500 × 500
Размер входного окна приемника, мм	240 × 300	350 × 470	240 × 300	350 × 470	20 × 30	150 × 240	430 × 430
Размер пикселя приемника, мкм	140	140	140	140	100	50	140
Разрешающая способность, мкм	5	5	5	5	-	50	140
Размеры объекта исследования, мм	100 × 220 × 280	150 × 320 × 450	100 × 220 × 280	150 × 320 × 450	100 × 200 × 300	Ø 100 × 400	400 × 400 × 100
Мощность, Вт	300	400	400	500	1000	1000	1000
Габаритные размеры, мм	420 × 420 × 650	620 × 620 × 850	420 × 420 × 650	620 × 620 × 850	200 × 700 × 700	1100 × 1100 × 1500	660 × 700 × 1270
Вес, кг	90	120	140	180	120	165	250



Рис. 1. Рентгенографические установки семейства ПРДУ

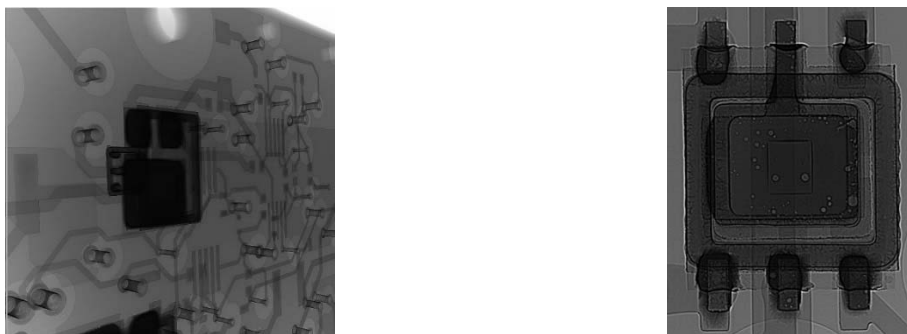


Рис. 2. Рентгеновское изображение фрагментов печатных плат

Для получения трехмерных рентгеновских изображений изделий электронной техники используются микрофокусные рентгеновские компьютерные томографические установки семейства МРКТ. Внешний вид одной из установок этого семейства – томографа МРКТ-04 – представлен на рис. 3.



Рис. 3. Микрофокусный рентгеновский компьютерный томограф МРКТ-04

В качестве примера результатов исследований, выполненных на томографе МРКТ-04, на рис. 4 представлено трехмерное рентгеновское изображение одного из изделий отечественной электронной техники – диода Ганна. Диаметр проволочных выводов равен 20 мкм.

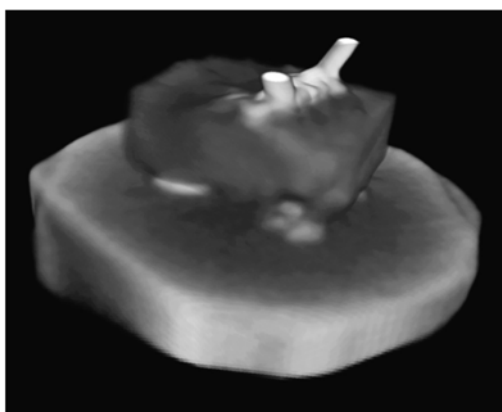


Рис. 4. Трехмерное рентгеновское изображение диода Ганна

2. Контроль кристаллографической ориентации и разориентации субзерен в монокристаллических изделиях.

Технологический процесс изготовления монокристаллических лопаток, современных газотурбинных двигателей требует контроля кристаллографической ориентации основного кристалла и разориентации возможных субзерен в отливке лопатки.

Для проведения этих операций разработана специализированная рентгеновская установка ПРДУ «КРОС», в которой реализован симметричный метод Лауэ в режиме обратной съемки [3]. Внешний вид установки представлен на рис. 5.

3. Контроль качества кабельных соединений.

Надежность и долговечность современных информационных или силовых кабельных линий в значительной мере обеспечиваются качеством выполнения технологических операций при сборке (изготовлении) кабельных соединений. Соединение двух отрезков кабеля является наиболее сложной из таких операций, поскольку проводится чаще всего в полевых условиях. Практика показывает, что на соединительные или концевые кабельные муфты приходится до 75 % всех дефектов.

Для проведения контроля качества кабельных муфт непосредственно на месте их сборки разработана специализированная рентгеновская установка РУКН-50 [4]. Установка позволяет определить герметичность соединения двух отрезков кабеля, наличие и отсутствие воздушных пузырей или металлических включений непосредственно на месте их сборки, например на борту судна-кабелеукладчика. Внешний вид установки представлен на рис. 6.



Рис. 5. Специализированная рентгеновская установка ПРДУ «КРОС»



Рис. 6. Специализированная рентгеновская установка РУКН-50

Заключение. Нарботанный опыт создания и эксплуатации современных технических средств рентгенографии показывает, что сформировался новый

класс оборудования для рентгеновского контроля и диагностики – портативные рентгенографические и рентгенотомографические установки. Так, диагностические возможности отечественного портативного томографа МРКТ-04, позволяют решать большинство задач, до недавнего времени посильных лишь зарубежным стационарным системам рентгеновского контроля. Однако использование оригинальных технических решений и ключевых комплектующих отечественного производства позволило принципиально снизить габариты, вес и, самое главное, стоимость. В результате дорогостоящая стационарная система рентгеновского контроля превратилась в «настольный» инструмент, подобно известному всем специалистам и радиолюбителям тестеру для измерения параметров радиоэлектронных схем, электрических сетей и т. д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микрофокусная рентгенография: результаты исследований Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова / Н. Н. Потрахов [и др.] // Территория NDT. – 2016. – № 3. – С. 54.
2. Рентгеновский счетчик компонентов ПРОДИС.КОМПОНЕНТ [Электронный ресурс] / ПРОДИС.НДТ. – Режим доступа: <https://prodis-tech.ru/>. – Дата доступа: 29.06.2022.
3. Установка ПРДУ «КРОС» для экспрессного определения кристаллографической ориентации кубических монокристаллов по обратным лауэграммам / Н. Н. Потрахов [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2015. – Т. 81, № 8. – С. 27–30.
4. Специализированная рентгеновская установка РУКН-50 [Электронный ресурс] / ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед». – Режим доступа: <https://eltech-med.com/ru/catalog?prod=26>. – Дата доступа: 12.07.2022.

E-mail: nn@eltech-med.com, kzhamova@gmail.com, vbbessonov@yandex.ru.