

Выводы

1. Реализация национального проекта «Здоровье» позволила существенно обновить парк диагностической аппаратуры и оборудования. Только за 2005-2007 гг. лечебно-профилактические учреждения страны получили 3216 ед. рентгеновской техники с использованием цифровых технологий, в том числе 185 комплексов для рентгенографии, 2667 флюорографов, 214 радиовизиографа, 150 РК-томографов и 4445 – УЗ-аппаратов с цветовым доплером.

2. Основные тенденции развития лучевой диагностики – переход на цифровые технологии (доля ЦРА составляет 15 % от общего числа рентгеновских аппаратов), расширение спектра бездозовых технологий (доля УЗ-аппаратов и МРТ составляет 41 % от общего числа аппаратов лучевой диагностики). Необходимо продолжить внедрение цифровой рентгентехники, отдавая предпочтение отечественным производителям.

3. Для улучшения технического обслуживания аппаратов и оборудования лечебно-профилактических учреждений целесообразно приобретать оборудование одной фирмы.

4. Необходимо ускорить внедрение информационных цифровых технологий, обеспечивающих высокую организацию труда, процесса обучения и обмена информацией.

Надежда Ивановна Рожкова,

д-р мед. наук, профессор,

зам. директора, руководитель,

Галина Павловна Кочетова,

канд. техн. наук, ведущий научн. сотрудник,

ФГУ «РНЦРР»

Минздравсоцразвития России,

Федеральный маммологический центр,

г. Москва,

e-mail mailbox@ rncrr.rssi.ru

В.Н. Столяров

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АНОДА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ

Аннотация

Статья посвящена влиянию различных методов обработки вольфрамового слоя композиционного анода на мощность дозы рентгеновской трубки. Приведены результаты анализа поверхности вольфрамового слоя исследуемых образцов, обработанных различными методами. Представлены результаты измерений мощности дозы рентгеновской трубки для каждого из исследуемых образцов.

Одной из важных задач, стоящих перед разработчиками современных рентгеновских трубок, является снижение тепловой нагрузки на анод. Одним из возможных способов решения данной задачи представляется увеличение количества квантов рентгеновского излучения, испускаемых с поверхности анода при заданных уставках рентгеновского аппарата. Можно предположить, что количество квантов рентгеновского излучения, а соответственно и мощность дозы рентгеновской трубки зависят от величины физической площади поверхности, на которую падает пучок электронов. В данном случае под физической площадью подразумевается площадь поверхности с учетом ее рельефа. Поскольку в современных рентгеновских трубках геометрический размер области анода, на которую падает пучок электронов, является строго ограниченным [1], увеличение площади ее поверхности возможно посредством развития микрорельефа. С другой стороны, известно, что с увеличением срока службы рентгеновской трубки неизбежно падает мощность дозы рентгеновского излучения. Это сопряжено с видимыми изменениями состояния поверхности анода, выраженными в появлении

большого количества дефектов (типа раковин и трещин) определенных геометрических размеров [2]. Таким образом, была выдвинута гипотеза о существовании некоторой зависимости мощности дозы от качества и способа обработки вольфрамового слоя анода рентгеновской трубки.

Для проверки этого предположения были выполнены работы по определению зависимости мощности дозы рентгеновских трубок от чистоты обработки поверхностного вольфрамового слоя мишени. Было изготовлено несколько образцов анодов. Образец № 1 представляет собой композиционный анод, рабочая поверхность которого выполнена из вольфрама в состоянии поставки. Вольфрамовый слой был подвергнут химическому травлению для удаления загрязнений с последующим отжигом в среде водорода (рис. 1а). Поверхность образца № 2 была обработана токарным способом с применением алмазного инструмента, что позволило значительно улучшить качество поверхности вольфрамового слоя (рис. 1б). Образец № 3 был подвергнут шлифовке (рис. 1в). Образец № 4 был предварительно отшлифован, как и образец № 3, а затем был подвергнут струйно-абразивной обра-

ботке с использованием электрокорунда с величиной зерна 30...40 мкм (рис. 1г).

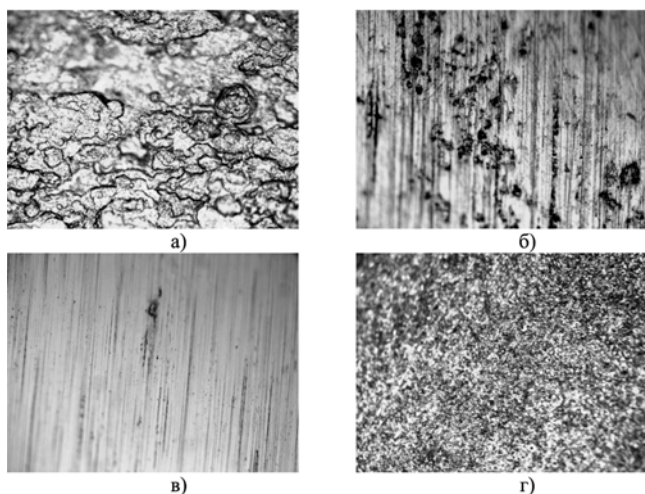


Рис. 1. Фотографии поверхности вольфрамового слоя композиционного анода после обработки различными способами с 200-кратным увеличением: а) поверхность вольфрама после химического травления и водородного отжига; б) поверхность вольфрама после обработки алмазным инструментом; в) поверхность вольфрама после шлифовки; г) поверхность вольфрама после шлифовки и струйно-абразивной обработки

Перед началом работ для каждого образца были проведены измерения параметров шероховатости поверхности вольфрама и выполнена оценка физической площади образцов. Измерения шероховатости проводились на микроинтерферометре Линника МИИ-4 в свете с длиной волны $\lambda = 530$ нм. Расчеты проводились автоматическим электронно-вычислительным устройством в режиме определения параметров шероховатости и в режиме определения среднего линейного размера объекта.

В результате произведенных замеров были получены следующие данные: для образца № 1 средний линейный размер объектов на поверхности составил 59,58 мкм. Структура поверхности данного образца крайне неравномерна, и размеры микронеровностей лежат в диапазоне от 20...30 до 100...120 мкм. Структура поверхности образца № 2 позволила произвести более точное определение параметров шероховатости. Среднее значение наибольшей высоты профиля данной поверхности составило 0,45 мкм, однако на поверхности также наблюдалось наличие крупных микронеровностей, средний размер которых составил 17,2 мкм. Среднее значение наибольшей высоты профиля для образца № 3 составило 0,325 мкм при отсутствии крупных микронеровностей на исследуемой поверхности. У образца № 4 средний линейный размер объектов на поверхности составил 9,4 мкм. Также следует отметить, что в данном случае распределение микронеровностей по поверхности достаточно равномерное и их размеры по сравнению с образцом № 1 лежат в узком диапазоне значений 5...15 мкм.

Определение физической площади образцов с учетом микрорельефа производилось с использованием приложения Surfer 9.9.785, от «Golden Software Inc.» (США), которое позволяет выполнить программную обработку цифровых фотографий поверхности образцов. Фотографии исследуемых образцов выполнены при помощи металлографического инвертированного микроскопа «Ломо Метам» ЛВ-42 и цифровой фотовидеокамеры «Moticam» (Испания) с объективом «С-MOUNT» (Китай). В результате проведенных замеров было определено, что наименьшую физическую площадь имеет образец № 3 с вольфрамовым слоем после обработки шлифованием. Значение площади данного образца было принято за исходное. Далее, в порядке увеличения физической площади поверхности по сравнению с образцом № 3, приведены данные для остальных образцов. Так, образец № 2 имеет физическую площадь поверхности на 8 % больше исходной. За ним следует образец № 1, площадь которого на 11 % больше площади образца № 3. И наибольшую площадь, на 17 % больше исходной, имеет образец № 4.

Для оценки структуры поверхности исследуемых образцов также были построены их 3D-модели. Моделирование производилось с использованием приложения Surfer 9.9.785, от «Golden Software Inc.» (США) на основе снимков исследуемых образцов со 100-кратным увеличением. На рис. 2 представлены результаты моделирования. На них хорошо различимы структура поверхности и характер распределения микронеровностей.

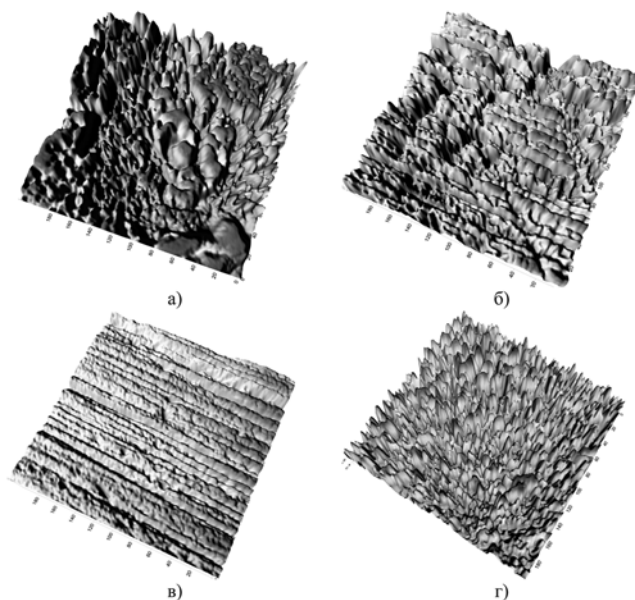


Рис. 2. Результат 3D-моделирования поверхности исследуемых образцов на участке 200x200 пикселей при 100-кратном увеличении: а) поверхность вольфрама после химического травления и водородного отжига; б) поверхность вольфрама после обработки алмазным инструментом; в) поверхность вольфрама после шлифовки; г) поверхность вольфрама после шлифовки и струйно-абразивной обработки

После того как были выполнены все предварительные работы по анализу микрорельефа поверхности исследуемых образцов, аноды были установлены в рентгеновские трубки и помещены на стенд измерения мощности дозы. Величина общей фильтрации составляла 1,5 мм алюминиевого эквивалента. Измерения проводились согласно требованиям ГОСТ Р МЭК 60601-2-7-2006.

Для каждого образца было выполнено 4 серии измерений при значениях анодного напряжения 40, 60, 80 и 100 кВ. В каждой серии для заданного напряжения было выполнено по 3 замера мощности дозы при переменном значении анодного тока 5, 10 и 15 мА. По полученным данным были определены средние по трем величинам значения мощности дозы при заданных анодном токе и напряжении.

Таблица 1

Средние значения мощности дозы для всех применяемых режимов и образцов, мГр/с

U_a , кВ	I_a , мА	Номер образца			
		1	2	3	4
40	5	0,462	0,542	0,651	0,667
	10	0,929	1,053	1,286	1,293
	15	1,380	1,570	1,962	1,966
60	5	1,322	1,469	1,725	1,731
	10	2,648	2,989	3,365	3,453
	15	4,008	4,485	5,081	5,144
80	5	2,027	2,228	2,435	2,451
	10	4,064	4,573	4,939	5,142
	15	6,087	6,779	7,353	7,639
100	5	2,693	3,022	3,193	3,508
	10	5,456	6,082	6,478	6,741
	15	8,046	9,001	9,468	10,277

Данные измерений мощности дозы для всех применяемых режимов и образцов представлены в табл. 1. Так же по полученным данным был построен график зависимости мощности дозы от анодного тока рентгеновской трубки (рис. 3).

По результатам проделанной работы была экспериментально подтверждена зависимость мощности дозы рентгеновской трубки от способа механической обработки рабочей поверхности композиционного анода. Наименьшее значение мощности дозы было получено для образца № 1 после химического травления и водородного отжига (табл. 1). Значение мощности дозы для образца № 1 было принято за исходное. Мощность дозы для образца № 2 после обработки алмазным инструментом была в среднем на 12,5 % больше исходной. Мощность дозы для образца № 3 после шлифовки была на 27 %, а для образца № 4 после шлифовки и струйно-абразивной обработки на 31 % больше значения, полученного для образца № 1.

Образец № 4, поверхность которого была отшлифована, а затем обработана электрокорундом с величиной зерна 30...40 мкм, показал наилучший результат. Помимо того, что получившаяся в ре-

зультате обработки поверхность обладает максимальной физической площадью, она также имеет отличное от других образцов распределение микронеровностей (рис. 2г). Структуры на рабочей поверхности имеют схожие размеры, лежащие в узком диапазоне значений 5...15 мкм, и равномерно распределены относительно друг друга. Несмотря на то что образец № 1 (рис. 2а) занимает второе место после образца № 4 по физической площади поверхности, он показал наименьшее значение мощности дозы рентгеновской трубки. Данный эффект можно объяснить тем, что глубина неровностей поверхности создает условия для самоэкранировки выходящего рентгеновского излучения. Исходя из этого можно сделать вывод, что глубина и характер распределения микронеровностей по поверхности анода оказывают значительное влияние на мощность дозы рентгеновской трубки.

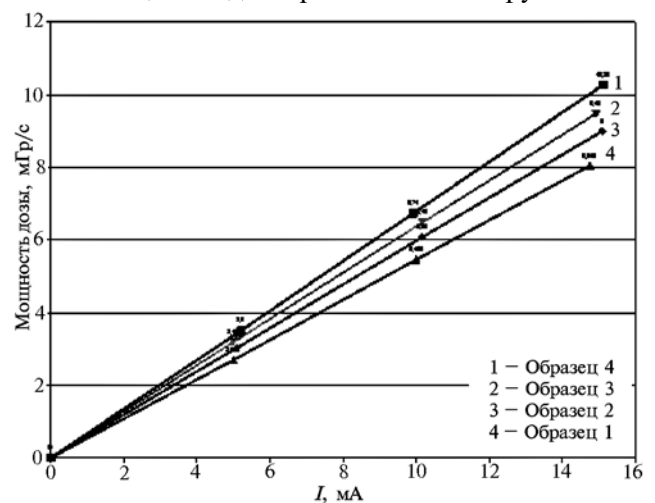


Рис. 3. График зависимости мощности дозы исследуемых образцов от анодного тока при напряжении рентгеновской трубки 100 кВ

Таким образом, в результате проделанной работы был экспериментально определен оптимальный метод обработки вольфрамового слоя композиционного анода: предварительное шлифование вольфрама до Ra 0,16...0,32 и дальнейшая струйно-абразивная обработка специально подготовленным электрокорундом с фракцией зерна 30...40 мкм. Поскольку с увеличением срока службы рентгеновской трубки неизбежно падает мощность дозы рентгеновского излучения, предполагается проведение работы по определению влияния различных методов обработки анода на ресурс рентгеновской трубки.

Список литературы:

1. Основы рентгенодиагностической техники / Под ред. Н.Н. Блинова. – М.: Медицина, 2002. 389 с.
2. Таубин М.Л. Материалы изделий медицинской техники. Часть 1. Металлические аноды рентгеновских трубок. 2-е издание. – М.: МИФИ, 2002. 72 с.

Столяров Василий Николаевич,
инженер, ЗАО «Рентгенпром»,
г. Москва, e-mail: mailbox.08@mail.ru