

## Радиационные измерительные системы

Для контроля и измерения линейных размеров изделий применяются радиоактивные изотопы как источники излучения; при этом используются их свойства проникновения излучения сквозь вещество изделия и рассеяние излучения веществом изделия. В последнем случае пучок излучения определенной геометрии направляется на измеряемое изделие. В результате ряда сложных процессов взаимодействия излучения с веществом часть излучения поглощается в веществе, а часть рассеивается. Это взаимодействие, интенсивность излучения, а также проникающая и отражательная способность зависят от природы и плотности вещества изделия и от вида и энергии излучения.

С помощью специальной регистрирующей аппаратуры можно измерять интенсивность того потока излучения, который прошел через изделие или рассеялся от него. При этом наблюдается определенная зависимость интенсивности прошедшего или рассеянного потока излучения от размеров изделия. Таким образом можно измерять ширину и высоту изделия, толщину его стенок, диаметр цилиндрических изделий, толщину материала, толщину покрытий и т. п.

В датчиках радиоактивного контроля технических процессов используются альфа-излучение, бета-излучение и гамма-излучение.

Альфа-излучение ( $\alpha$ ) – поток положительно заряженных ядер гелия. Альфа-излучение обладает небольшой проникающей способностью, но, проходя через газовую среду, вызывает самую интенсивную ионизацию газа, что приводит к повышению проводимости газовой среды и используется для изучения параметров газовых сред.

Бета-излучение ( $\beta$ ) – поток электронов (позитронов). Бета-излучение обладает сравнительно большой проникающей способностью и используется, например, для контроля толщины и плотности листовых материалов.

Гамма-излучение ( $\gamma$ ) – электромагнитное излучение волновой {квантовой} природы. Оно обладает большой проникающей способностью и сравнительно малой ионизирующей способностью.

В табл. 9 приведены характеристики источников радиоактивного излучения (изотопов), применяемых в системах автоматического контроля технических процессов [29].

Таблица 9

### 1. Источники радиоактивного излучения

Химический символ	Название изотопа	Вид излучения	Период полураспада	Энергия, М эв	
				частиц	квантов
Co	Кобальт	$\beta, \gamma$	5,27 года	0,31	1,3
Sr	Стронций, при распаде образует	$\beta$	20 лет	0,54	-
	итрий	$\beta$	2,54 дня	2,27	
Ru	Рутений, при распаде образует	$\beta$	290 дней	0,039	-
Rh	родий	$\beta, \gamma$	30 сек	3,5	0,52
Cs	Цезий	$\beta, \gamma$	33 года	0,52	0,66
Ce	Цезий, при распаде образует	$\beta, \gamma$	282 дня	0,3	0,3
		$\beta, \gamma$	17,5 мин	2,96	0,7-0,22

	празеодим				
Ir	Иридий	$\beta, \gamma$	74,37	0,67	0,14-0,88
Tl	Таллий	$\beta, \gamma$	2,7 года	-	0,76-0,076
Ro	Полоний	$\alpha, \gamma$	138 дней	-	5,3-0,8

Излучения детектируются (обнаруживаются) и измеряются специальным устройством – детектором излучений, который является одним из основных элементов радиоэлектронной схемы измерения размеров изделий. Назначение различных типов детекторов излучения состоит в преобразовании энергий радиоактивного излучения в электрическую энергию и измерении тока или напряжения.

В качестве детекторов излучения обычно применяются счетчики Гейгера – Мюллера или ионизационные камеры.

Почти во всех радиационных приборах и устройствах для измерения размеров изделий, в том числе и для автоматического контроля, применяются в основном несколько типичных измерительных схем, приведенных на рис.91.

Схема прямого измерения (рис.91,а) основана на измерении интенсивности радиоактивного излучения, ослабленного при прохождении через измеряемое изделие, и является наиболее простой. Схема состоит из источника излучения 1 и детектора 3, расположенных по обе стороны измеряемого изделия 2, блока радиоэлектронной схемы 4 и отсчетного устройства 5.

В качестве детектора на рис.91,а изображена наиболее надежная и простая ионизационная камера, позволяющая измерять радиоактивность  $\alpha$ -  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -лучей. В камере расположены на некотором расстоянии друг от друга два электрода А и Б в виде пластин, К электродам приложено постоянное напряжение. Ионизационную камеру можно представить себе как конденсатор из двух металлических параллельных пластин, за- полненный изолирующей газовой средой (воздухом). На обкладки конденсатора подается разность потенциалов.

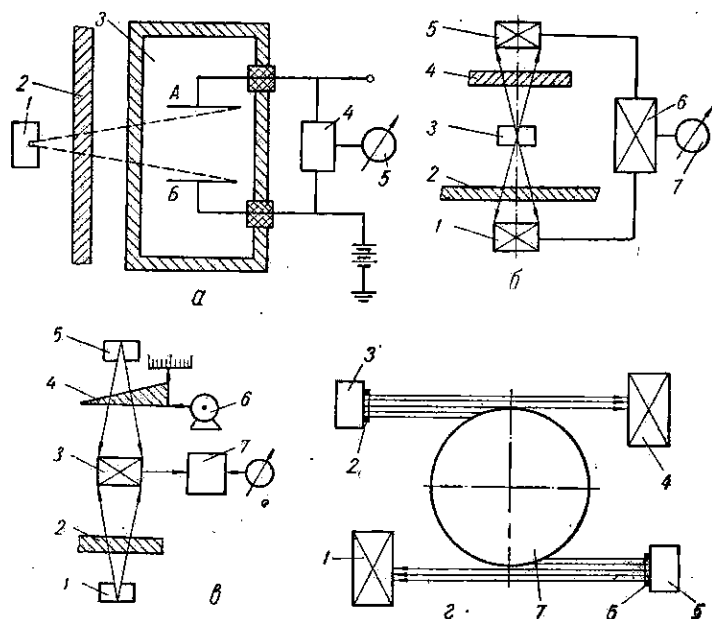


Рис. 91. Схемы радиационных методов измерений.

Ионизирующее излучение от источника 1 проходит сквозь измеряемую деталь 2, воздействует на газ, находящийся в камере 3, и образует на своем пути большое количество ионов атомов воздуха. Под

действием электрического поля ионы перемещаются к электродам А и Б, замыкая электрическую цепь камеры, и образуют электрический ток, который может быть измерен.

Блок радиоэлектронной схемы может содержать интегрирующую цепочку, усилитель импульсов, амплитудный дискриминатор, формирующее устройство и т. д. Выходное отсчетное устройство может быть показывающим или пересчетным.

Схема прямого измерения обладает существенным недостатком – низкой точностью. Все аппаратные и статистические погрешности непосредственно сказываются на точности измерения. Кроме того, источником погрешности может быть изменение геометрических условий измерения: перекос, колебание изделия и т. п. Однако во многих случаях, когда не требуется особенно высокой точности, она находит применение благодаря своей простоте и надежности.

Дифференциальная схема измерения является более совершенной (рис.91,б). Для нее характерно сравнение двух потоков, испускаемых от одного источника излучений 3. Один поток радиоактивных излучений проходит через измеряемое изделие 2, а другой – через эталонное изделие 4. Ослабленные потоки излучений регистрируются детекторами излучений 1 и 5.

Точность измерения за счет уменьшения влияния погрешностей в этой схеме повышена, но сама схема несколько усложнена. Блоки радиоэлектронной схемы 6, помимо функций, выполняемых в схеме прямого измерения, должны производить вычитание двух потоков, выделять разностный сигнал разбаланса и подавать его на отсчетное устройство 7. В этой схеме погрешности возникают только из-за изменения характеристик детекторов излучений и нестабильности блоков схемы.

Компенсационная схема измерения (рис.91,в) является одной из наиболее эффективных; в ней устранены указанные погрешности. От двух одинаковых источников радиоактивных излучений 1 и 5 потоки проходят через измеряемое изделие 2 и компенсационный клин 4 и попадают на один детектор 3, связанный с блоками радиоэлектронной схемы 7. При равенстве интенсивностей двух потоков схема не выдает рабочего сигнала. При изменении параметра контролируемого изделия изменяется и поглощение излучения в изделии (или его перекрытие), и на выходе схемы 7 появляется разностный сигнал разбаланса, который усиливается и приводит в действие сервопривод 6 с клином 4 до тех пор, пока оба потока не скомпенсируются. Указатель 8 при этом показывает нуль. Величина перемещения клина однозначно определяется интенсивностью потока излучений.

Для контроля размеров деталей в процессе обработки на станках удобен щелевой метод, сущность которого заключается в следующем. С помощью диафрагм 2 и 6 (рис.91,г) из контейнеров 3 и 5 выделяются узкие пучки радиоактивного излучения, которые направлены по хорде контролируемой детали 7 (близко совпадающей с касательной к ее поверхности) и попадают на детекторы 1 и 4.

Интенсивность излучения зависит от положения детали в измерительном пучке, т. е. от ее размеров. По мере снятия припуска с контролируемой детали при обработке на станке и при поступлении детали с меньшим допуском на измерительную позицию контрольного автомата интенсивность попадающего в детекторы излучения меняется пропорционально изменению размеров.

В качестве источника излучения следует применять изотопы, дающие мягкое гамма-излучение ( $Tu^{170}$ ,  $Eu^{155}$ ). Жесткое гамма-излучение неприемлемо, так как оно легко проходит через стенки диафрагмы и сквозь край детали. Бета-излучение также непригодно, так как оно в значительной степени поглощается охлаждающей жидкостью, обволакивающей деталь. При мягком гамма-излучении интенсивность излучения, достигающая приемника, определяется в основном той частью пучка лучей, которая проходит над деталью. Частичное проникновение излучения через деталь (особенно при энергии 75 – 100 квантов) учитывается при градуировке прибора и никакого отрицательного влияния в дальнейшем на измерение не оказывает, приводя лишь к некоторому снижению чувствительности прибора. При значительном увеличении жесткости излучения чувствительность метода резко падает. Поэтому выбор жесткости излучения определяется в основном из условия свободного прохождения излучения через слой охлаждающей жидкости. По данным Уральского политехнического института, щелевой метод контроля может дать точность 0,3 – 0,5 мк.