

энергии необходимо учитывать такие важные факторы, как мощность физической дозы излучения, а также экономические соображения.

Известно, что чем выше энергия рентгеновых лучей, тем больше, при прочих равных условиях, интенсивность излучения, причем интенсивность растет почти пропорционально четвертой степени энергии [1]. Но, так как экспозиция при просвечивании определяется в конечном итоге интенсивностью излучения, то мы должны стремиться получить как можно большую интенсивность. Рассмотрение этого вопроса [2] показало, что увеличение жесткости излучения выше $25 \div 30$ Мэв, во-первых, ухудшает радиографические характеристики, во-вторых, незначительно уменьшает экспозицию при просвечивании, так как коэффициент линейного ослабления растет, и, в-третьих, габариты, вес и, следовательно, стоимость установки резко возрастают. Из этого следует, что при энергиях $25 \div 30$ Мэв интенсивность излучения следует увеличивать не за счет дальнейшего повышения энергии, а за счет улучшения механизма захвата.

В настоящее время от бетатронов с энергией $25-30$ Мэв получена интенсивность $50 \div 150$ р/мин на расстоянии 1 м от мишени [3, 7]. Такая интенсивность позволяет делать выдержки, вполне приемлемые в промышленной практике. Так, например, для железа толщиной 100 мм экспозиция составляет меньше 1 минуты, для толщин в пределах от 150 до 350 мм — порядка 10 минут и, наконец, для $450 \div 500$ мм стали экспозиция составляет 20 минут [3, 7, 4].

Большим недостатком современных бетатронов является их громоздкость, что создает значительные неудобства в эксплуатации, а также увеличивает стоимость бетатронов. Решение задачи по уменьшению веса и габаритов электромагнита бетатрона может идти в двух направлениях. Во-первых, путем применения высококачественной стали с большим значением индукции насыщения. Это позволяет значительно уменьшить вес электромагнита. Так, например, электромагнит бетатрона на 15 Мэв, изготовленный из обычной трансформаторной стали, весит $1,5$ т, тогда как электромагнит на эту же энергию, но изготовленный из стали ХТ, весит всего 400 кг [8]. Во-вторых, что является более совершенным, — путем разработки конструкции многостоечного или защищенного типа электромагнита. Расчеты показали, что, применяя такую конструкцию электромагнита, можно уменьшить вес электромагнита в $6-10$ раз и соответственно стоимость установки в $2-4$ раза.

Необходимость вертикального, горизонтального и кругового перемещений бетатрона

Испытание различных изделий с помощью излучения бетатрона можно производить для стальных изделий, толщиной от нескольких сантиметров и до $0,5$ м при практически допустимых выдержках. Это очень ценное дополнение к технике просвечивания с помощью обычных рентгеновских установок с энергией до 300 Кэв, а также с помощью радиоактивных изотопов, особенно Со—60.

При комплексном использовании для целей дефектоскопии различных источников излучения (рентгеновский аппарат, Со—60, бетатрон) на долю последнего приходится просвечивание деталей с толщиной от 100 мм и выше, т. е. приходится иметь дело с деталями, имеющими вес от нескольких сотен килограммов до нескольких тонн. Естественно, встает вопрос о возможности просвечивания испытываемого объекта с любого направления.

Правильным решением этой задачи надо считать создание подвижной конструкции бетатрона, которая сможет обеспечить перемещение пучка относительно горизонтальной оси на 180° , относительно вертикальной оси

на 360° , а также с помощью обычного мостового крана смогла бы передвигаться в горизонтальном направлении. При использовании бетатрона для целей дефектоскопии в условиях производства необходима именно такая подвижная конструкция, которая с помощью кнопочного управления позволит просто и быстро просветить деталь любого веса в нужном нам направлении [7].

Дальнейшее совершенствование бетатрона для целей дефектоскопии

Бетатрон с максимальной энергией $25 \div 30$ Мэв имеет существенный недостаток по сравнению с обычной 200 кВ рентгеновской установкой в том, что для одного и того же расстояния поле облучения бетатрона меньше, чем у рентгеновской установки. Этот недостаток можно устранить, усовершенствовав конструкцию бетатрона, а именно: используя не только первую четверть периода, а и третью для ускорения электронов, можно получить вместо одного два равноценных луча, другими словами, можно одновременно получить два рядом расположенных поля облучения. Это можно достичь двумя путями. В первом случае вместо одной пушки в ускорительную камеру помещаются два инжектора, которые устанавливаются на 165° относительно друг друга. Перед каждой пушкой помещается мишень, выше или ниже плоскости равновесной орбиты. С помощью изменяющихся в радиальном направлении магнитных полей плоскости электронных орбит в конце ускорения будут перемещаться так, что эти плоскости для вращающихся в противоположные стороны электронов будут несколько опущены или приподняты [5]. Этим достигается то, что каждый из двух электронных пучков наталкивается на соответствующую мишень, причем оба рентгеновских пучка получают примерно одинаковое направление. Так как пушки располагаются примерно на 165° , а рентгеновские лучи направлены по касательным к орбите электронов, то получаются два отдельных пучка, оси которых пересекаются под углом 15° .

Во втором случае для получения двух пучков, направленных в одну сторону, применяется двусторонний инжектор [6]. Для того, чтобы оба пучка направлялись в одну сторону, в камеру помещают две мишени — одну внутри, другую снаружи равновесной орбиты. Инжекция производится с помощью расширительной обмотки, через которую импульсы тока пропускаются два раза на протяжении каждого периода (в конце первой и в конце третьей четверти периода), причем направление тока не меняется. Благодаря этому эти импульсы производят попеременно то расширение, то сжатие равновесной орбиты, так что пучок электронов попадает поочередно на наружную и на внутреннюю мишени.

Применяя один из этих двух способов, можно получить одновременно снимки двойной ширины. Так как выдержки для часто встречающихся толщин стали от 100 до 150 мм в общем случае много короче, чем время, необходимое для установки и подготовки снимков, то получается значительный выигрыш во времени, который нельзя получить путем уменьшения выдержки. Но это не единственное достоинство бетатрона с двумя лучами. Так как мишени устанавливаются на угол в 165° одна относительно другой, можно получить стереоскопические снимки, по которым легко определить глубину залегания найденных дефектов, не передвигая ни бетатрон, ни деталь.

Это особенно ценно, прежде всего, в случае толстых изделий, так как требуется знать, на какой глубине залегает дефект. Методика просвечивания с помощью двулучевого бетатрона состоит в следующем. Сначала испытываемый объект исследуется одновременно двумя лучами; если при

этом обнаруживаются подозрительные места, то они исследуются уже подробнее с помощью стереосъемки и, если требуется, получают их увеличенные снимки. Необходимо отметить, что применение двух пересекающихся лучей значительно повышает чувствительность метода, особенно к таким дефектам, как трещины и щели.

Таким образом, создание бетатрона, имеющего два луча, повышает эффективность установки в два раза и полностью разрешает очень важную для дефектоскопии проблему—определение глубин залегания дефекта без перемещения образца или самой установки. Если учесть, что чувствительность метода возрастает, становится ясной важность создания двухлучевой установки с целью дефектоскопии толстостенных стальных изделий.

Создание бетатрона, отвечающего вышеуказанным требованиям, несомненно, явится большим прогрессом в отечественном бетатростроении и поведет к дальнейшим успехам в деле конструирования и изготовления еще более совершенных установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А. А. Ускорители заряженных частиц. Госэнергоиздательство, 1949.
2. Горбунов В. И. Современные методы дефектоскопии металлических изделий большой толщины. Доклад на Всесоюзной конференции по бетатронам, 1955.
3. Wilson J. I. Steel Processing, 1946, p. 780.
4. Kompey M. Bull. Schweiz Elektrotech. 9. 152.
5. Wideröe R. Nondestructive Testing, march. 1953.
6. Wand T. Phys. Rev. 69, 42 (L), 1946.
7. Wideröe R. Braun Boweri Mitteilungen XXVIII Jg. Sept., 301, 1951.
8. Gund K. E. T. Z., Jg. 75, H. 15, 1954.