

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ «АВГУР 4.2» ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ПРОДОЛЬНЫХ СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБ НА ВЫКСУНСКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ

Д.С. Тихонов, В. В. Гребенников

Введение

Цель работы: исследование возможности использования системы экспертного контроля типа «Авгур 4.2» для ультразвукового контроля продольных сварных швов в условиях технологического процесса ТЭСЦ-4.

Прибор должен иметь возможность:

- § обнаружения дефектов объёмного и плоскостного типов согласно нормам, действующим на Выксунском Металлургическом Заводе.
- § определения: координаты, глубины залегания, длины и высоты дефектов,
- § обеспечения отображения изображений на развертках типа А, В, С и D- типов.

В работе использовалась система «Авгур 4.2» предназначенная для ультразвукового автоматизированного контроля плоских конструкций и труб различного диаметра (включая, продольные швы), которая состояла из:

- § системного блока;
- § выносного электронного блока;
- § механизма сканирования;
- § комплекта пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП).

Системный блок выполнен на базе промышленного компьютера. Он содержит блоки ультразвукового дефектоскопа. Системный блок соединяется с выносным блоком с помощью кабеля длиной до 96 м.

Выносной блок размещается в непосредственной близости от механизма сканирования и соединен с ним кабелем, длиной 5 м. В выносном блоке размещается блок питания и элементы автоматики для управления двигателями сканирующего механизма.

Механизм сканирования состоит из сканирующего устройства (сканера), обеспечивающего перемещения ПЭП вдоль сварного шва (ось Y) и в поперечном направлении (ось X) и продольного трека длиной 690 мм, по которому перемещается сканер. Перемещения вдоль оси X могут выполняться с шагом 0,1 - 0,5 мм (это необходимо для получения голографических изображений). Механизмы сканирования в зависимости от решаемой задачи имеют разные исполнения, обеспечивая различную апертуру перемещения ПЭП по X: 90, 120 и 150 мм.

Комплект ПЭП включал в себя наклонные (углы ввода от 40° до 70°) и прямые ПЭП.

Калибровка ПЭП производилась на стандартном образце СО-2 с помощью специальной программы калибровки входящей в ПО системы «Авгур 4.2»

Образцы продольных сварных швов труб для проведения исследований

Для проведения исследований Выксунским Металлургическим Заводом в НПЦ «Эхо+» были поставлены пять образцов сварных соединений, вырезанных из труб Ø720 мм, из углеродистой стали с толщиной стенки 8-9 мм. Один из образцов (по нашей нумерации № 2) имел малые размеры ≈ 160x160 мм, что не позволило использовать его для контроля с помощью автоматизированной установки.

Результаты ультразвукового контроля

1) Результаты контроля сварного образца № 1.

В сварном образце № 1 толщиной 9,2 - 9,4 мм были выполнены модели дефектов в виде надрезов максимальной высотой ≈ 1 мм (см. таблицу № 1). Толщина фрезы составляла ≈ 1 мм. Длина надрезов на нижней и верхней поверхностях шва составляла 55 - 70 мм.

С торцов образцов были выполнены боковые отверстия $\varnothing 4$ мм (по центру шва слева и справа). Кроме того, в образце имелись поперечные надрезы (см. рис. 1).

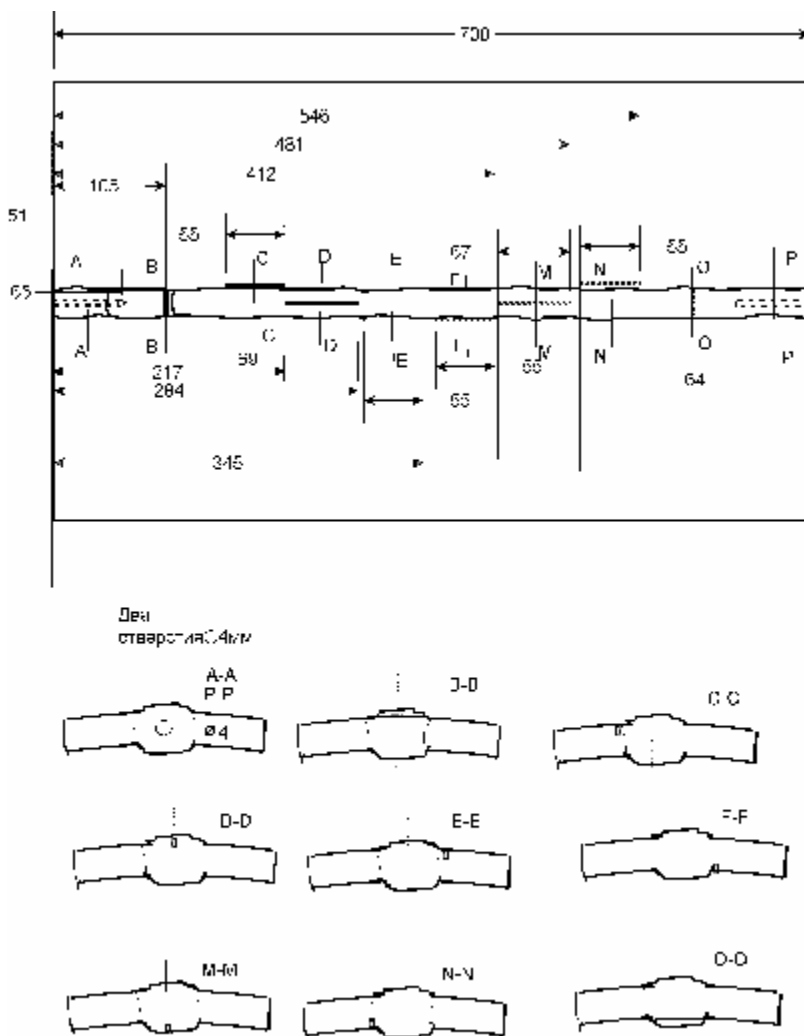


Рис. 1. Сварной образец № 1 с моделями дефектов.

Ультразвуковой контроль осуществлялся с помощью ПЭП, работающих на частоте 2,5 МГц с углами ввода луча 55-65°. Контроль осуществлялся одновременно четырьмя ПЭП (по два с каждой стороны). Схема проведения контроля показана на рис. 2.

Результаты контроля в обзорном режиме (поиск дефектов) представлены на рис. 4. Сопоставление реальной длины надрезов с величинами, измеренными по А-сканам представлены в таблице № 1. Видно, что модели дефектов выявляются практически всеми ПЭП. Выявлены оба боковых отверстия (отверстие 2 – справа - лишь частично). Поперечные

надрезы ($Y = 105\text{мм}$, $Y = 595\text{мм}$) также были зафиксированы на обзорных изображениях. На обзорных изображениях видны также и поперечные надрезы ($Y = 105\text{мм}$, $Y = 595\text{мм}$).

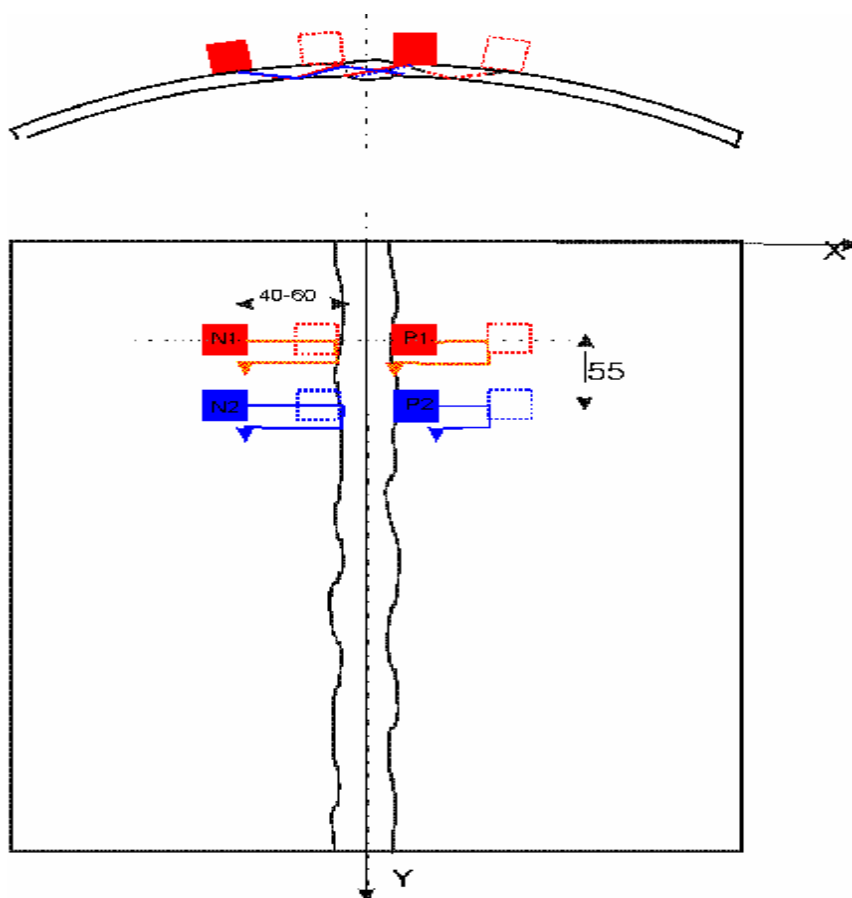


Рис.2. Схема контроля сварных образцов Выксунского металлургического завода.

Сопоставление реальных координат и длины надрезов приводится в таблице № 1. Видно, что измеренные размеры надрезов и их координаты хорошо коррелируют реальными величинами. Погрешность измерения указанных выше величин не превышала величины шага сканирования при обзорном контроле (3-4мм).

При анализе результатов контроля используются проекции типа В, С и D, что дает возможность измерить размеры в сечениях шва, прежде всего высоту дефекта. Длину дефекта обычно определяют непосредственно по А-сканам.

Некоторые результаты голографического контроля участков сварных швов с надрезами в нижней и верхней частях шва показаны на Рис.3 – 4.

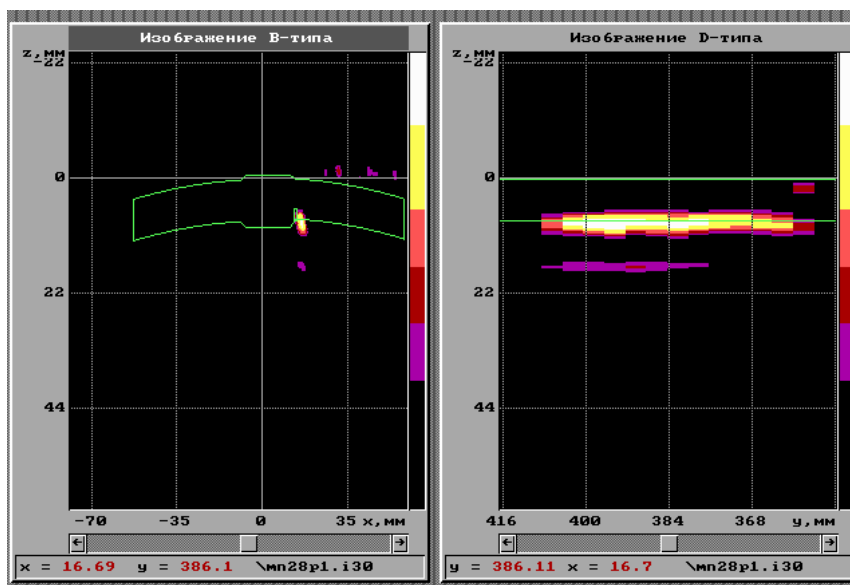


Рис. 3. Изображение надреза № 4 в нижней части шва.

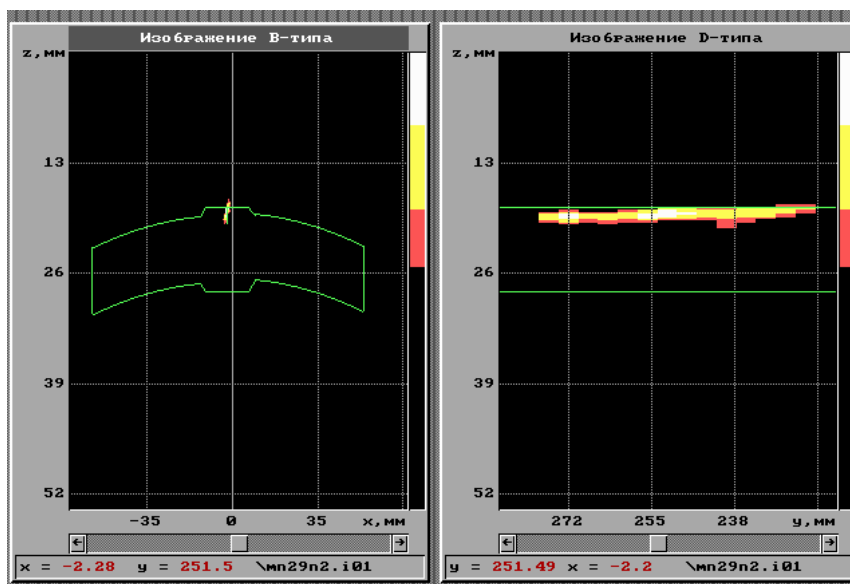


Рис. 4. Изображение надреза № 2 в верхней части шва.

Оценка высоты пропилов по полученным изображениям показала то, что указанная величина лежит в пределах разрешающей способности голографического метода на выбранной частоте. Для частоты 2,5МГц разрешающая способность голографического метода - ≈ 1 мм. Достаточно эффективное измерение высоты дефекта с погрешностью ± 1 мм возможно, начиная высоты 1,5-2мм. Измеренная глубина дефекта в этом случае соответствует действительной высоте 4 мм. Следует отметить, что боковое отверстие значительно лучше выявляется на многократно отражённом луче (сравнить верхнее и нижнее изображения), причём в последнем случае более точно отображается длина дефекта.

Таблица № 1. Сопоставление реальной длины надрезов и измеренных их значений по результатам обзорного УЗ контроля.

№ надреза	Глубина залегания /максимальная глубина пропила, мм	Реальные координаты		Реальная длина, мм	Измеренные значения координат		Измеренная длина, мм	Примечание
		Начало, мм	Конец, мм		Начало, мм	Конец, мм		
1	18/0,75	160	215	55	160	214	54	Отраженный луч
2	20/0,8	217	285	68	219	283	64	Отраженный луч
3	18/0,8	289	344	55	288	342	54	Отраженный луч
4	9/0,75	357	412	55	356	410	54	Прямой луч
5	10/0,8	413	481	68	415	480	65	Прямой луч
6	9/0,7	490	545	55	489	543	54	Прямой луч

2) Результаты контроля образца № 3.

Сварной образец № 3 имеет размеры 530х420х7,9мм.

В данном образце было выявлено пять дефектов (см. таблицу № 2).

Длина выявленных дефектов от 10 до 30мм, высота дефектов от 1,5 до 3мм. Тип дефектов – плоскостной.

Таблица № 2. Дефекты, выявленные в образце № 3.

№ дефекта	Координаты вдоль шва		Протяжённость, ΔУ, мм	Глубина залегания, Z _{средн.} , мм	Максимальная высота дефекта, мм
	Начало, У1, мм	Конец, У2, мм			
1	142	172	30	6-9	2,5
2	329	341	12	4-5	2
3	333	345	12	4-5	2
4	384	395	11	7,5	1,5
5	444	460	16	2,5	3,5

В качестве примера, на рис. 5 представлено изображение дефекта № 1 таблицы 2.

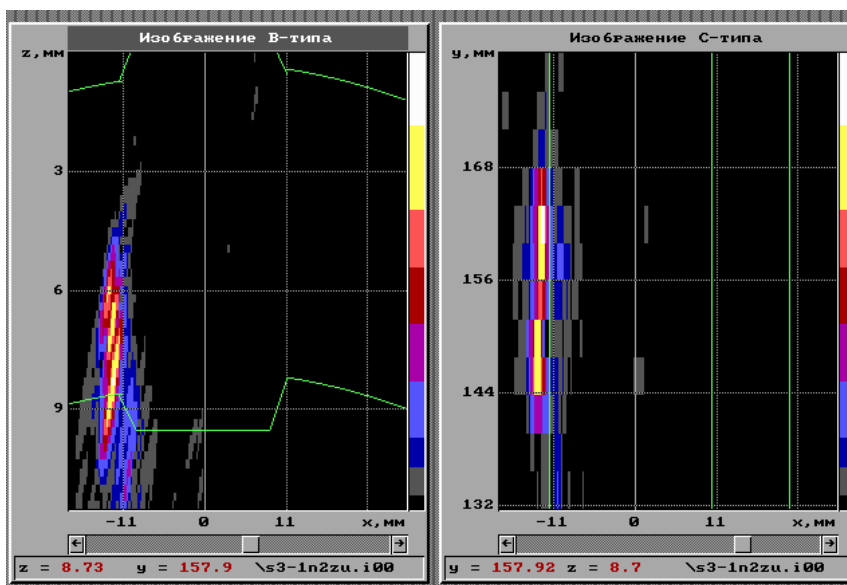


Рис. 5. Образец № 3. Дефект № 1 в нижней части шва по границе сплавления.

3) Результаты контроля образца № 4.

Сварной образец № 4 имел размеры 160x330x 8,8 мм.

В образце с помощью толщиномера обнаружено расслоение, охватывающее более половины стыкуемой части образца.

Был выявлен один дефект плоскостного характера длиной 32 мм (рис. 6). Высота дефекта составляла – 3 мм.

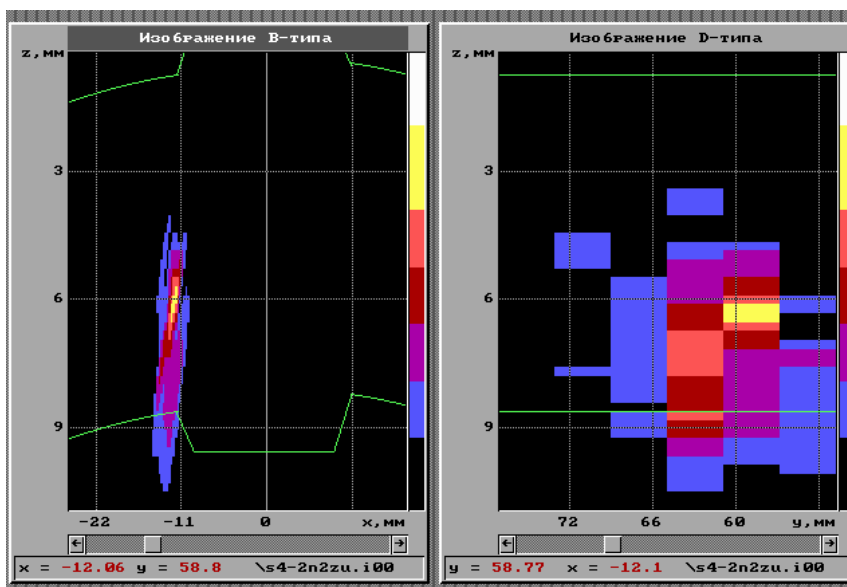


Рис. 6. Изображение дефекта, выявленного в образце № 4

4) Результаты контроля образца № 5.

Сварной образец № 5 имел размеры 660x410x 7,8 мм (последнее значение – размер по хорде).

Установлено, что выявленные небольшие дефекты соответствуют цепочке точечных (не имеющих развития по высоте и длине) дефектов в нижней части шва.

Выводы.

1. Проведены исследования возможности применения системы «Авгур 4.2» с линейным сканером для ультразвукового контроля продольных сварных швов труб 720x8(9) мм.
2. Показана возможность надёжного выявления реальных и искусственных дефектов в образцах сварных соединений предоставленных Выксунским металлургическим заводом.
3. Погрешность измерения длины дефектов не превышает выбранного шага санирования вдоль сварного шва (3-4 мм).
4. Точность измерения высоты дефекта составляет при выбранной частоте контроля 2,5 МГц 1-1,5мм