Г. Н. Овчинников, С. В. Шостенко

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУЙНЫХ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
ПОЛОЖЕНИЯ СТЫКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СВАРКИ ТОНКОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

Рассмотрены основные виды первичных струйных пневмопреобразователей, используемых при аргоно-дуговой сварке тонкостенных изделий, толщиной не более 0,6 мм. Были исследованы статические характеристики пневмопреобразователей с цилиндрическим и щелевым соплами. В ходе анализа результатов был выбран наиболее подходящий пневмопреобразователь, который обладает наибольшей чувствительностью.

Ключевые слова: пневмопреобразователь, тонкостенные изделия, сварка, статические характеристики.

G. N. Ovchinnikov, S. V. Shostenko

**RESEARCH OF JET PRIMARY CONVERTERS OF JOINT POSITION
WHEN WELDING THIN-WALLED PRODUCTS**

Volgograd State Technical University

The main types of primary jet pneumatic converters used in argon-arc welding of thin-walled products with a thickness of no more than 0.6 mm are considered. Were investigated the static characteristics of pneumatic converters with cylindrical and slotted nozzles. During the analysis of the results, the most suitable pneumatic transducer was selected, which has the highest sensitivity.

Keywords: pneumatic transducer, thin-walled products, welding, static characteristics.

В современной промышленности важную роль играют различные тонкостенные (малогабаритные) изделия, которые используются в трубопроводной промышленности, а также в приборостроении в виде различных чувствительных элементов. Для создания данных конструкций, толщина которых составляет не более 0,6 мм, существуют различные методы изготовления. Наиболее распространенным является способ, при котором сборка изделий осуществляется с помощью аргонодуговой сварки с отбортовкой. Такой метод сварки позволяет сваривать тонкостенные конструкции из нержавеющей стали, меди и латуни. При их изготовлении требуется высокоточная сварка, которая осуществляется за счет применения датчиков контроля положения детали. По результатам проведенного анализа пришли к выводу, что пневматические датчики являются наиболее универсальными в использовании за счет осуществления бесконтактного контроля положения, при этом обладающие высокой точностью и простотой конструкции.

Далее были рассмотрены несколько видов первичных пневматических преобразователей: преобразователь сопло-заслонка, полукольцевой пневматический преобразователь (Пат. 1444565, МПК F 15 C 1/04. Струйный датчик приближения), щелевой пневматический преобразователь [1].

При проведении сварки тонкостенных изделий с отбортовкой для контроля положения сварочного инструмента необходима пневматическая следящая система на основе первичного пневматического преобразователя. Однако, проблема создания данных систем позиционирования с заранее заданными статическими и динамическими характеристиками следует решать на основе аналитического определения основных параметров устройств, составляющих пневмосистему. Недостаточная освещенность данного вопроса потребовала проведения теоретических исследований конкретных типов струйных первичных преобразователей, которые могут быть использованы в пневмосистеме ориентации электрода при сварке тонкостенных изделий. С целью определения возможности применения данных преобразователей в пневматических следящих системах для сварки тонкостенных изделий были проведены аналитические исследования их статических характеристик.

Анализ статистических характеристик первичных преобразователей был проведен на

примере схемы с открытым измерительным соплом. Исследуемый пневмодатчик (рис. 1) включает в себя два турбулентных цилиндрических дросселя типа жиклер: d_1 – постоянного сечения, d_2 – переменного сечения, образованный торцем сопла и заслонкой (поверхностью свариваемого тонкостенного изделия).

Рис. 1. Пневмопреобразователь с цилиндрическими соплами

Для преобразователей указанного типа течение воздуха через дроссели можно принять адиабатическим [2, 3]. Считая заслонку тонкой кромкой (0,6 мм), торцевая поверхность которой абсолютно перпендикулярна оси измерительного сопла, в расчетах принимались как константы следующие величины: $P_0 = 0,2$ МПа – абсолютное давление питания преобразователя; $P_a = 0,103$ МПа – абсолютное атмосферное давление; $P = 0,11$ МПа... P_0 – пределы изменения абсолютного значения давления в междроссельной камере преобразователя [4].

Для упрощения расчетов коэффициенты расхода α_1 через дроссели также принимались постоянными $\alpha_1 = 0,8$; $\alpha_2 = 0,4$. Их численные значения определялись по графику $\alpha = f(h)$, где h – измерительный зазор преобразователя [3].

Исследуемая комбинация различных значений диаметров входных и выходных дросселей представлена в табл. 1.

Таблица 1

Различные значения диаметров дросселей

№	d_1 , мм	d_2 , мм
1	0,3	0,3
2	0,3	0,4
3	0,3	0,5
4	0,25	0,5
5	0,2	0,5

Так как отношение давлений $P_a/P_0 \geq 0,5$, то всегда имеет место докритическое течение через оба дросселя.

Массовый расход для докритического режима истечения через дроссели с достаточной точностью можно определить по приближенным формулам [2, 3]. Учитывая равенство расходов газа и приняв допущение, что температура газа в проточной емкости постоянна получим:

$$h = \frac{\alpha_1 d_1^2}{4\alpha_2 d_2} \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P)}{P(P - P_a)}}, \quad (1)$$

где d_1 – диаметр входного дросселя; d_2 – диаметр выходного дросселя.

На рис. 2 представлено семейство статических зависимостей $P = f(h)$, рассчитанных по формуле (1).

Рис. 2. Статические характеристики $P = f(h)$ пневмопреобразователей с цилиндрическим измерительным соплом

Анализ зависимостей показывает, что с уменьшением диаметра d_2 заметно снижается чувствительность преобразователя и даже для случая 3 (табл. 1) не превышает 500 Па/мкм. Уменьшение d_1 не дает ощутимых результатов. Чувствительность при этом увеличивается незначительно и в случае 5 составляет примерно 950 Па/мкм. Измерительный зазор также невелик и на линейном участке характеристик ограничен максимальным значением 110 мкм (кривая 1).

Таким образом, результаты проведенного анализа статических характеристик первичных преобразователей с цилиндрическими дросселями малого сечения свидетельствуют о наличии у данных устройств ряда недостатков, препятствующих их практическому использованию при дуговой сварке тонкостенных изделий.

Далее проводится исследование статических характеристик преобразователей с щелевыми измерительными соплами. Исследуемый пневмодатчик (рис. 3) включает в себя входное цилиндрическое сопло d_1 и измерительное сопло d_2 щелевого типа. Исследовалась статическая зависимость изменения давления на выхо-

де преобразователя от величины измерительного зазора.

Рис. 3. Пневмопреобразователь с щелевым измерительным соплом

Преобразовав выражение (1), выведем формулу для первичного преобразователя с прямоугольным в сечении измерительным соплом. В статике при тех же допущениях, что и в предыдущем исследовании имеем:

$$h = \frac{\alpha_1 \pi d_1^2}{8\alpha_2 (a+b)} \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P)}{P(P - P_a)}}. \quad (2)$$

где α_1 , α_2 – коэффициенты расхода воздуха через входной и выходной дроссели соответственно; a , b – размеры щелевого измерительного сопла в сечении.

Значения констант уравнения (2) выбирались следующими: $a = 0,7$ мм; $b = 0,2$ мм (приняты по конструктивным соображениям); $\alpha_1 = 0,8$; $\alpha_2 = 0,3$ (определены по графику $\alpha = f(h)$). [3]

Исследуемая комбинация различных значений диаметров входного дросселя с уровнем P_0 представлены в табл. 2.

Таблица 2

Различные значения диаметров входного дросселя и уровня P_0

№	d_1 , мм	P_0 , МПа
1	0,2	0,18
2	0,2	0,20
3	0,2	0,22
4	0,3	0,18
5	0,3	0,20
6	0,3	0,22

Рис. 4. Статические характеристики $P = f(h)$ однощелевого пневмопреобразователя

На рис. 4 показано семейство зависимостей $P = f(h)$, рассчитанных по формуле (2). Вели-

чина P по оси ординат соответствует манометрическому давлению на выходе преобразователя, а указанные позиции кривых – номеру исследуемой комбинации (табл. 2).

Анализ полученных зависимостей показал, что существенное влияние на крутизну характеристики при данных размерах дросселей оказывает величина давления питания. Получена достаточно высокая чувствительность (например, для случая 6 табл. 2 она составляет до 1000 Па/мкм). Протяженность линейных участков не превышает значения 25–30 мкм. Сравнивая характеристики, представленные на рис. 2 и 4 можно сделать вывод, что при одном и том же уровне давления питания исследуемый щелевой пневмопреобразователь допускает работу при более высоком измерительном зазоре по сравнению с цилиндрическими.

В ходе проведенного аналитического исследования статических характеристик струйных преобразователей было выявлено, что наиболее оптимальным является щелевой преобразователь, т.к. он допускает работу при более высоком измерительном зазоре по сравнению с датчиками сопло-заслонка с цилиндрическими соплами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 1444565 Российская Федерация, МПК F 15 C 1/04. Струйный датчик приближения / В. Я. Бронштейн, А. М. Касимов; заявитель и патентообладатель Институт проблем управления (автоматики и телемеханики). – № 4253802; заявл. 28.04.87; опубл. 15.12.88, Бюл. № 46
2. Ибрагимов, И. А. Элементы и системы пневмоавтоматики : учеб. пособие для вузов / И. А. Ибрагимов, Н. Г. Фарзана, Л. В. Илясов. – М. : Высшая школа, 1975. – 360 с.
3. Дмитриев, В. Н. Основы пневмоавтоматики / В. Н. Дмитриев, В. Г. Градецкий. – М. : Машиностроение, 1973. – 360 с.
4. Цидулко, Ф. В. Выбор параметров пневматических приборов размерного контроля в машиностроении. Библиотека приборостроителя / Ф. В. Цидулко. – М. : Машиностроение. – 144 с.