

Устройство для шовной ультразвуковой сварки габаритных полимерных пленочных конструкций

Д.А. Куташов, Д.В. Тучин, Л.А. Шестель, Ю.А. Саяпин
Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

В статье представлено краткое обоснование актуальности вопроса сварки крупногабаритных пневматических пленочных конструкций. По результатам собственных исследований разработано устройство для шовной сварки длинномерных сварных швов габаритных конструкций.

Ключевые слова: сварка, пленочные конструкции, устройство, ультразвук

На практике часто возникает необходимость в изготовлении крупногабаритных пленочных полимерных конструкций, например, метеозондов. Они могут быть многоцелевыми и использоваться также для ретрансляторов сотовой связи а также размещения аппаратуры для мониторинга земной поверхности.

Такие пневматические многосекционные конструкции могут быть снабжены автономной системой автоматического регулирования давления и температуры воздуха, поступающего в ее полость.

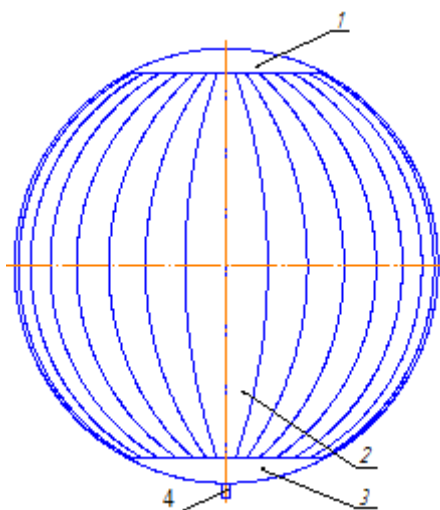
Проблема широкого использования этих пневматических, свободно парящих в воздухе, комплексов состоит в их стоимости, так как изготовление легких и прочных полимерных пленочных пневматических конструкций (зондов) больших диаметров с технической и технологической точки зрения – весьма сложный, дорогостоящий процесс.

Решение данной проблемы позволит значительно снизить эксплуатационные затраты и расширить технические возможности по указанным направлениям.

Пленочная пневматическая конструкция (далее изделие) (рис. 1) представляет собой шар из пленки полиэтиленовой модифицированной высокой плотности толщиной 40...60 мкм. в диаметре порядка 65 000мм, выполненный по периметру из сегментов, а в верхней и нижней частях имеются полюсные элементы – купол и днище. В последнем имеется штуцер, соединенный через шланг с системой регулирования давления воздуха различной температуры в полости шара.

Элементы конструкции соединены между собой нахлесточными и Т-образными швами, полученными сваркой.

Изделие должно обеспечивать надежную и устойчивую работу дорогостоящего оборудования в условиях значительного перепада температур от – 50 до + 60 градусов по Цельсию и атмосферного давления – от 760 до 50 мм ртутного столба. В то же время оно должно быть достаточно легким в исходном состоянии, чтобы обеспечить подъем максимально возможного полезного груза.



1-купол, 2 – сегменты, 3 – днищевый элемент, 4 – штуцер
Рисунок 1 – Пневматическая конструкция из полимерной пленки

Жесткие условия эксплуатации изделия предъявляют высокие требования, в целом, к конструкции и, в частности, к сварным соединениям. То есть сварные соединения, входящие в состав изделия должны иметь высокие характеристики плотности, эластичности и механической прочности по всей длине швов. В частности, прочность сварных соединений на расслаивание и сдвиг по всей их длине должна составлять не менее 65% от прочности основного материала, при этом расхождение прочностных показателей не должен превышать 2 – 3 %.

Изделие можно изготавливать с применением различных способов сварки – токами высокой частоты, термо-контактной, ультразвуковой и др. [5].

Анализ литературных источников [1,2,3,4,5,7] показал, что при изготовлении таких объемных конструкций из полимерных пленок наиболее приемлемым способом соединения отдельных элементов является ультразвуковая сварка.

В то же время, существующие схемы ультразвуковой сварки при изготовлении крупногабаритных полимерных пленочных конструкций не обеспечивают достаточной стабильности качества швов по их длине. Так, например, при широко применяемой, ультразвуковой сварке на вращающемся ролике при непрерывной длительной работе сварочной головки, в результате гистерезисных потерь внутри металла ее происходит нагрев сварочного инструмента. Это приводит к выходу колебательной системы из резонанса, что требует постоянной автоматической подстройка частоты. При этом чрезмерное увеличение температуры инструмента приводит к повышению уровня теплового поля в зоне сварки, что приводит появлению дефектов в шве – утонению, прожогам и т.д. Поэтому решение данной проблемы является весьма актуальным.

Для решения этой задачи была предложена технологическая схема ультразвуковой шовной сварки с использованием дисковой ультразвуковой многоэлементной сварочной головки (ДУМСГ) [5], вращающейся вокруг своей оси в процессе работы.

ДУМСГ – далее головка (рис.2) содержит дисковый инструмент 1, выполненный из отдельных секторов 2, насаженных на тороидальный магнито-стрикционный преобразователь 3, состоящий из отдельных изолированных секций 4 с индивидуальными обмотками возбуждения 5. Число секций тороидального преобразователя соответствует числу секторов дискового инструмента, при этом секторы 2 дискового инструмента расположены с зазором друг от друга [7].

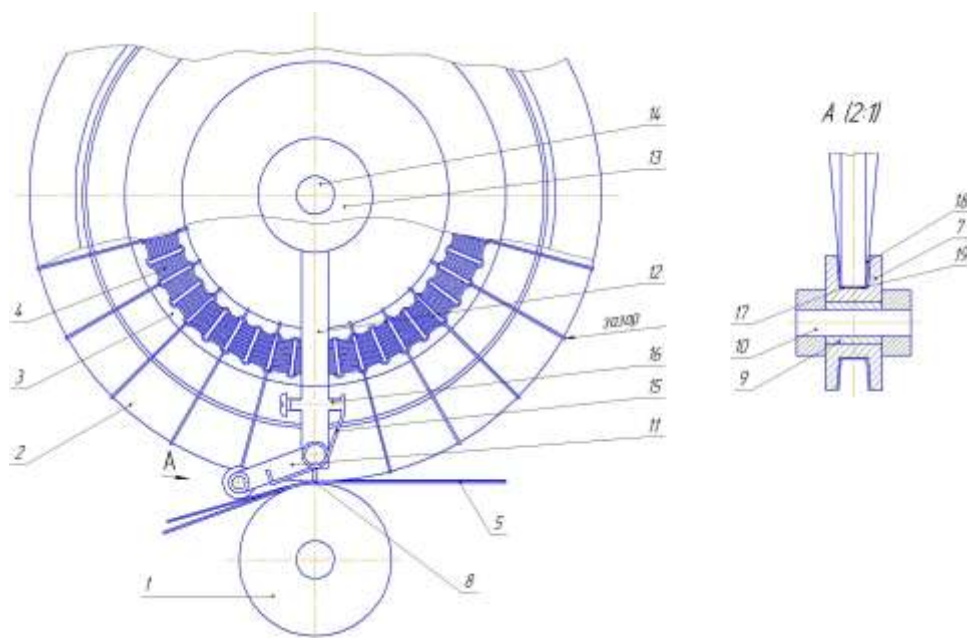


Рисунок 2 –Ультразвуковая сварочная головка

Опорный ролик 6, установлен в нижней части головки и обеспечивает возможность перемещения свариваемого пленочного полимерного материала 7 между ним и очередным сектором 2 дискового инструмента.

Устройство имеет также вращающийся валик 8 с ребрами 9, который расположен перед рабочей зоной 10 (по ходу движения свариваемого материала) в точке контакта 11 опорного ролика 6 с сектором дискового инструмента 2. Валик 8 через подшипник 12 и ось 13 связан с кронштейном 14 и шарнирно соединен со штангой 15, свободный конец которой посредством втулки 16, жестко установлен на оси 17 устройства. Усилие прижатия валика 6 к сектору 2 дискового инструмента обеспечивается пружиной 18 с возможностью регулирования усилия винтом 19. Наружная по образующей поверхности 20 валика 8 и внутренние поверхности 21 реборд 9 покрыты полимерным слоем 22, например, фторопластом(Ф4) методом напыления с толщиной равной величине амплитуды рабочего торца каждого из секторов 2 дискового инструмента.

Опорный ролик установлен в нижней части головки и обеспечивает возможность перемещения свариваемого пленочного полимерного материала между ним и очередным сектором дискового инструмента, находящегося в зоне сварки – точке контакта свариваемых пленок, находящихся между ними.

Работа головки осуществляется в следующем порядке. Свариваемый полимерный пленочный материал подается в зону сварки – участок контакта

опорного ролика с очередным сектором дискового инструмента. Вращение головки осуществляется от электропривода вокруг оси. Одновременно от ультразвукового генератора через электро – контактное устройство на индивидуальные обмотки возбуждения подается электроэнергия высокой частоты (42 кГц.), преобразуемая в секторах дискового в энергию механических колебаний такой же частоты. При подходе в зону сварки они поочередно включаются, а при выходе из неё – выключаются, что благоприятно влияет на температурный режим колебательных систем головки, так как охлаждение их осуществляется естественно - воздушным путем. При этом валик воздействует на сектор, предстоящий перед сектором, находящимся в рабочей под воздействием опорного ролика и приводит его в режим резонанса под давлением, подготавливая его к вхождению в зону сварки с рабочей амплитудой.

Были проведены эксперименты с целью определения работоспособности головки, в частности, исследовали влияние величины зазора между секторами на температуру нагрева двух соседних работающих секторов головки в рабочем режиме и на качество сварного шва на участках между секторами и по всей его длине, а также влияние давления валика на рабочую поверхность очередного сектора на величину амплитуды этого сектора и, как следствие, на прочность в переходном участке шва, полученного между двумя соседними секторами.

Эксперименты проводили по разработанной методике, для этого часть макета головки, состоящая из нескольких (4 -6) секторов размещенных по заданному диаметру, устанавливали на стенд, имитирующий ее работу в реальном режиме. Таким техническим решением обеспечивали условия варьирования размерами ее конструктивных элементов – величина зазора между секторами и величина усилия прижатия валика к рабочей поверхности каждого сектора в заданных пределах.

В ходе экспериментов было установлено, что оптимальная величина зазора находится в пределах от 0,005 до 0,025 от длины дуги рабочего торца любого сектора дискового инструмента. При величине меньше указанного значения возникает трение между секторами и, как следствие, нагрев секторов дополнительно к гистерезисным потерям при работе их от ультразвукового генератора, что подтверждается чрезмерным нагревом соседних секторов. При величине зазора больше указанного значения при сварке возникают не сплавления участков шва свариваемого материала в промежутке между соседними секторами головки.

После установления оптимальных значений указанных размеров головки определяли температурное состояние секторов находящихся в рабочем режиме изучали путём циклического включения – выключения, в режиме, приближенном к работе головки в реальных условиях при различных скоростях сварки, а, следовательно, времени включения сектора и времени отключения до следующего подхода его в рабочую зону.

Исследование влияния величины усилия прижатия валика к рабочей поверхности сектора показали, что значение амплитуды рабочей поверхности сектора находящегося в свободном состоянии на 15 -20 % выше, чем в нагруженном со сварочным усилием состоянии.

Анализ результатов проведенных экспериментов показал, что разработанная конструкция головки обеспечивает условия качественной ультразвуковой сварки длинномерных швов при изготовлении крупногабаритных ответственных пневматических конструкций из полимерных пленок.

Таким образом, предложенная конструкция КУМСГ позволяет расширить функциональные возможности путем повышения стабильности прочностных показателей по всей длине протяженных сварных соединений пленочных полимерных материалов.

Библиографический список

1. Волков, С.С. Сварка пластмасс ультразвуком / С.С. Волков, Б.Я. Черняк. – М.: Химия, 1986. – 256 с.
2. Волков, С.С. Сварка и склеивание полимерных материалов / С.С. Волков. – М.: Химия, 2003. – 374 с.
3. Зайцев, К.И. Сварка пластмасс / К.И. Зайцев, Л.Н. Мацюк. – М.: Машиностроение, 1978. – 234 с.
4. Холопов, Ю.В. Оборудование для ультразвуковой сварки / Ю.В. Холопов – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 167 с.
5. Холопов, Ю.В. Ультразвуковая сварка пластмасс и металлов / Ю.В. Холопов – Л.: Машиностроение, 1988. – 224 с.
6. Пат. 2537681 Российская Федерация. МПК В 29 С 65/08. Устройство для шовной ультразвуковой сварки полимерных материалов / Шестель Л.А., Саяпин Ю.А., Волков С.С., Соколов В.А. № 2013121542/02; заявл. 07.05.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1.
7. Шестоков, А.Н. Справочник по сварке и склеиванию пластмасс / А.Н. Шестоков – Киев: Вища школа, 1986. – 320 с.