

5.1.3.2. Сварка мягких пластмасс

При сварке мягких пластмасс, характеризующихся низким модулем упругости и большим коэффициентом затухания ультразвуковых колебаний, в основном используется контактная ультразвуковая сварка. Типичными представителями этих пластмасс являются полиэтилен высокой и низкой плотности, полипропилен, пластифицированный поливинилхлорид и др. Характерная особенность ультразвуковой сварки этих материалов состоит в значительном тепловыделении не только на границе раздела свариваемых материалов, но и в объемах, прилегающих к волноводу и опоре. Это приводит к существенной деформации поверхностей свариваемых деталей, проявляющейся во внедрении рабочего торца волновода в пластмассу с вытеснением пластифицированного материала, причем глубина внедрения может составлять более 50% от суммарной толщины деталей. Поэтому ультразвуковую сварку мягких пластмасс рекомендуется использовать для соединения по контуру, чаще с одновременным обрезаем материала, выступающего за внешний контур рабочего торца волновода. Такие соединения широко применяются при изготовлении емкостей, контейнеров и труб, используемых, как правило, для хранения пищевых продуктов, косметики или продуктов бытовой химии. Поэтому при разработке технологии сварки таких изделий из мягких пластмасс следует в первую очередь обращать внимание на влияние затариваемых продуктов на свариваемость.

При исследовании влияния жидких веществ на свариваемость (спирт или 60%-й раствор поваренной соли в воде) либо поверхность образцов смачивалась этими веществами, либо сварка проводилась при полном погружении образцов в среду. В случае прослоек пасты (таких, как технический вазелин) или сыпучих веществ (таких, как технический углерод и мука) последние наносились на контактные поверхности ровным слоем толщиной от 0,03 до 0,1 мм. При сварке с прослойками из 60%-го раствора соли в воде, технического вазелина и спирта прочность сварных соединений уменьшается на 3-8% по сравнению с прочностью соединений, сваренных по чистым поверхностям, а время сварки практически не изменяется. В случае прослоек в виде технического углерода и краски прочность понижается на 15-20%, а время сварки увеличивается.

При сварке с прослойками из сыпучих веществ (таких, как мука, мел, цемент, зубной порошок и т.п.) прочность уменьшается на 40%, и получение соединения становится затруднительным. Порошкообразные прослойки собираются в комки, создавая очаги непроваров. При размягчении полимера под воздействием ультразвуковых колебаний часть поверхности очищается путем выталкивания посторонних включений за пределы шва, однако некоторая доля прослойки остается и налипает на размягченную поверхность, препятствуя свариванию. Повышение прочности сварных соединений в случае сварки по загрязненным поверхностям с жидкими прослойками может быть достигнуто применением сварочного цикла ультразвук - статическое давление (см. рис. 5.16,б).

Надежная герметизация продукта обеспечивается не только правильным выбором режимов ультразвуковой сварки с учетом предварительной обработки деталей и условий их хранения до сварки, но и соблюдением специальных условий, снижающих вероятность образования различных дефектов в сварных соединениях. Такими дефектами при ультразвуковой сварке мягких пластмасс являются подрезы, непровары и свищи.

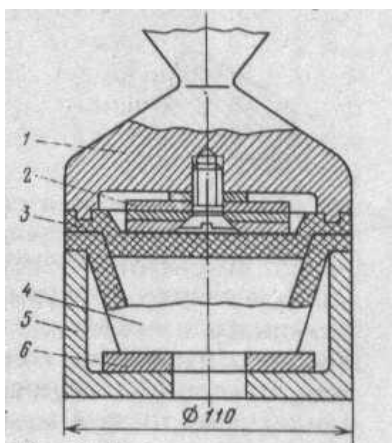


Рис. 5.26 Схема сварки цилиндрического изделия контурным волноводом с акустическим экраном: 1 - контурный волновод; 2 - звукопоглощающие пластины; 3 - крышка изделия; 4 - банка; 5 - стакан-опора; 6 - подложка

Дефекты могут быть обусловлены следующими причинами: 1) некачественная заточка рабочего торца волновода; 2) кавитационные явления в жидкости, заполняющей свариваемую коробку, вызванные ультразвуковыми колебаниями, что влечет за собой постоянное загрязнение свариваемых поверхностей; 3) разнотолщинность свариваемых деталей; 4) ориентация полимера при отливке в форму. Например, подрезы образуются вследствие того, что при сварке торец волновода под действием сварочного давления внедряется в поверхностный слой, вытесняя размягченную прослойку. В результате в месте контакта волновода с деталью происходит утонение соединения. Место утонения является концентратором напряжений, поэтому при приложении небольшого внешнего усилия в нем происходит разрушение.

Утонение полимера в зоне сварного шва может явиться также причиной образования свищей, чему способствует явление "ультразвукового ветра". "Ультразвуковой ветер" представляет собой поток воздуха, направленный от торцевой поверхности волновода к поверхности жидкости. Под действием этого потока происходит возмущение жидкости. В емкости создается давление, в результате чего жидкость поднимается по стенкам и стремится выйти наружу. Давление поднимающейся жидкости может быть настолько значительным, что происходит разрыв полимера в утоненной зоне шва, т. е. образование свища. Если в процессе сварки вокруг волновода

возникает туман, это свидетельствует о наличии свищей в сварном соединении. Эти же явления обуславливают в большинстве случаев и непровары, так как поднимающаяся по стенкам жидкость поступает на поверхность раздела свариваемых изделий, препятствуя протеканию процессов сварки.

Очевидно, чем больше вязкость жидкости, тем меньше вероятность ее подъема под действием "ультразвукового ветра" до поверхности раздела деталей и тем, следовательно, меньше вероятность образования свищей и непроваров. Действительно, наилучшие результаты получаются при герметизации жидких продуктов вязкостью более 4 Па·с или при замене жидкости воздушной средой, а наихудшие при герметизации жидкостей вязкостью $(1 \div 500) \cdot 10^{-3}$ Па·с (вода, спирт). При контактной сварке для частичного предотвращения "ультразвукового ветра" может применяться акустический экран, который собирается из звукопоглощающих материалов, таких, как пористая резина, пенопласты и т.п., и крепится к торцу волновода (рис. 5.26).

Непровары при ультразвуковой сварке могут быть обусловлены также разнотолщинностью свариваемых изделий. Исследования по свариваемости материалов различной толщины (по периметру) показали, что для емкостей, наполненных жидкими продуктами, вязкость которых не превышает 1 Па·с, допускаемая разнотолщинность должна составлять не более 6-8%. При сварке емкостей, наполненных жидкостями, имеющими вязкость 4 Па·с и более, допускается разнотолщинность до 15%.

Специальная заточка рабочего торца волновода (рис. 5.27) дает возможность избежать подрезов и свищей в зоне сварного шва, а также добиться уменьшения грата. Наиболее хорошее формирование и усиление шва было достигнуто при нанесении насечки или накатки на рабочую поверхность волновода. При этом выступы насечки во избежание

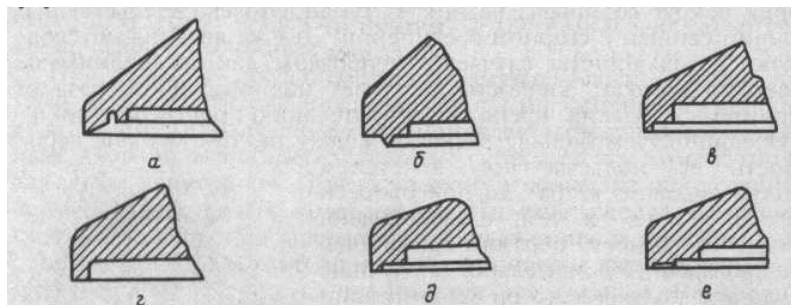


Рис 5.27. Форма заточки поверхности рабочего торца волновода для сварки мягких пластмасс толщиной:
а – в – 0,6 – 1,5 мм (с отрезанием хвостовой части изделия); д – е – 0,3 – 0,9 мм.

просекания изделия необходимо делать закругленными, без острых углов. При контактной сварке банок с крышками на внешней стороне волновода необходимо иметь выступ высотой 0,1 мм и шириной 0,4 мм (см. рис. 5.27), который, подплавляя края буртика банки и крышки, препятствует вытеканию жидкости из изделия. При увеличении высоты выступа до 0,3 мм происходит чрезмерное подплавление буртиков, в результате чего края имеют вырывы и ухудшается внешний вид изделия.

При сварке контурным волноводом в центре крышки может возникать прожог или пробой материала. Было показано, что прожог обусловлен колебаниями крышки с собственной частотой колебаний волновода. Крышка в этом случае колеблется аналогично тонкой мембране, зажатой по контуру. При определенных условиях наибольшие динамические напряжения возникают в центре крышки, что приводит к усталостному разрушению. Отсюда следует, что наиболее рациональным способом предотвращения разрушения крышки является демпфирование ее в процессе сварки. В качестве демпфера можно использовать металлическую шайбу, плотно поджатую к крышке пористой резиной. Эксперименты показали, что при таком демпфировании, когда воздушный зазор между демпфером и крышкой полностью выбран, крышка не разрушается.

Существенное влияние на качество сварного соединения оказывают форма и расположение опоры по отношению к волноводу. При изготовлении системы опора - волновод необходимо соблюдать соосность и параллельность рабочих поверхностей волновода и опорных стаканов. При контурной сварке края опоры, соприкасающиеся с буртиком банки, должны быть закруглены. Хорошие результаты получены при сварке изделий на четвертьволновой опоре длиной $\lambda/4$, закрепленной на резиновой подложке. При этом наилучшее качество и стабильность сварного соединения достигаются только тогда, когда ширина буртика опоры почти равна ширине рабочей поверхности волновода.

5.1.3.3. Сварка полиэтиленовых туб

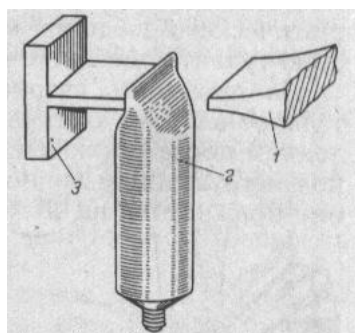


Рис 5.28. Сварка туб:
1- волновод; 2 – туба; 3 – опора.

Ультразвуковая сварка может с успехом применяться для сварки туб, заполненных пищевыми продуктами (плавленный сыр, сметана, сгущенное молоко и т.д.) или продуктами бытовой химии (кремы, шампуни, вазелин, клей и т.д.), а также шприц-тюбиков, предназначенных для одноразовой инъекции лекарственных растворов. Так как сварка производится по поверхностям, загрязненным различными продуктами, термические способы сварки в данном случае непригодны.

Процесс затаривания и герметизации тубы состоит в следующем. Туба с накрученным бушоном устанавливается головкой вниз в гнездо стола машины и заполняется продуктом, а затем хвостовая часть сваривается ультразвуком (рис. 5.28).

Аналогично производится сварка шприц-тюбиков, представляющих собой тонкостенную полиэтиленовую оболочку, на горловине которой укреплен металлический колпачок с инъекционной иглой, защищенной

пластмассовым кожухом. Сосуд, наполненный стерильным лекарственным раствором, заваривается в перевернутом положении по краю оболочки герметичным швом.

Общие закономерности сварки такого рода изделий остаются такими же, как и в описанных выше случаях: повышение интенсивности режима приводит к уменьшению времени сварки; наибольшая

прочность достигается при полном передавливании свариваемого материала с одновременным обрезанием хвостовой части изделия, вследствие чего на зависимости прочность - время сварки наблюдается участок насыщения (рис. 5.29).

При выборе режимов сварки такого рода изделий следует исходить не только из требований обеспечения максимальной производительности процесса. Применение интенсивных режимов сварки приводит к такому быстрому увеличению скорости внедрения волновода в пластмассу, что полное передавливание свариваемого материала происходит раньше, нежели температура в зоне сварки достигнет необходимого значения, что приводит к значительному понижению прочности сварных соединений. В связи с этим амплитуда смещения не должна превышать 20-25 мкм.

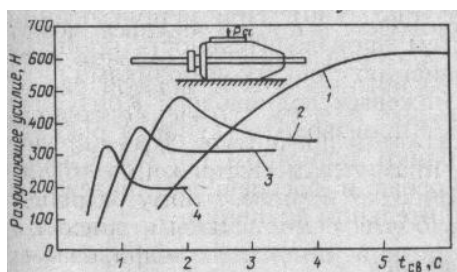


Рис. 5.29. Зависимость прочности шприц-тюбика от времени ультразвуковой сварки $t_{св}$; статическое давление $P_{ст}$ равно: 1 – 1,5 МПа; 2 – 2,2; 3 – 3,5; 4 – 5 МПа

Понижение прочности сварных соединений с увеличением статического давления может быть связано и с разнотолщинностью туб, что довольно часто встречается на практике.

На прочность сварных соединений из полиэтилена значительное влияние оказывает время проковки (выдержки под давлением после отключения ультразвука). Так, при остывании шва под нагруженным волноводом в течение 3 с прочность соединения повышается на 40 - 45%.

Ультразвук применяется также для заварки горловин мешков из полиэтилена, наполненных различными продуктами. Герметизировать мешки можно с помощью роликовой сварки по ширине мешка, сварки "в пучок" и сварки "в гармошку".

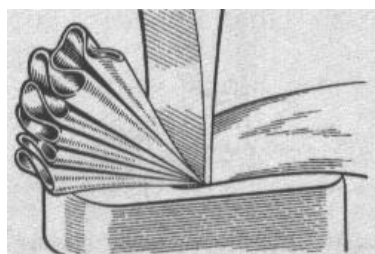


Рис. 5.30 Ультразвуковая сварка горловин полиэтиленовых мешков «в гармошку»

Сварка "в пучок" и "в гармошку" производится за один ход волновода (рис. 5.30).

При использовании этих схем производительность процесса увеличивается в 3-5 раз по сравнению с обкаткой роликами.

Мешки и тубы сваривают ножевым волноводом. Контурная ультразвуковая сварка позволяет производить укупорку рыбных продуктов в полиэтиленовые банки диаметром 110 мм. Сварка происходит за один ход волновода и обеспечивает надежную герметизацию продуктов при длительном хранении.

Мешки и тубы сваривают ножевым волноводом. Контурная ультразвуковая сварка позволяет производить укупорку рыбных продуктов в полиэтиленовые банки диаметром 110 мм. Сварка происходит за один ход волновода и обеспечивает надежную герметизацию продуктов при длительном хранении.

5.1.3.4. Сварка синтетических тканей

Ткани на основе капрона, нитрона, лавсана, полипропилена, хлорина и др. широко применяются для изготовления изделий технического назначения, фильтров, а также различной одежды, брезентов, палаток, нетканых материалов и других изделий.

Соединение тканей из термопластичных волокон нитками имеет ряд недостатков. Так, при ниточном соединении тканей, обладающих большой упругостью, неизбежно образование волнистости и гофров, шов делается морщинистым, вследствие чего ухудшается внешний вид изделия и нарушается герметичность. Из-за больших скоростей сшивания наблюдаются частые обрывы нити в результате сильного нагрева ушка иглы. В связи с этим применяется ультразвуковая сварка синтетических тканей. Ультразвуковая сварка синтетических тканей, как и пленочных материалов, может выполняться двумя способами: ткань неподвижна, движется ультразвуковой инструмент-пистолет; ткань подвижна, сварочная головка закреплена на стационарной установке. В этих случаях сварка может быть: шовная, шовно-шаговая и профильно-прессовая. Свариваются не только синтетические ткани, но и ткани с добавлением до 50% натуральных волокон толщиной от 40 до 4000 мкм.

Для сварки тканей используются ножевые и точечные волноводы экспоненциальной формы из титанового и алюминиевого сплавов.

Капроновую, лавсановую и полипропиленовую ткани толщиной 80-150 мкм сваривают ручную сварочным пистолетом на стальной шлифовальной опоре. Скорость сварки (1,1÷1,3) 10^{-2} м/с, амплитуда 30-40 мкм, сварочное давление 1,0-1,4 МПа. Скорость сварки этих же тканей толщиной 200-450 мкм при шовной сварке на опоре-ролике составляет (0,6÷0,8) 10^{-2} м/с.

Особое место в швейной промышленности заняла ультразвуковая сварка при изготовлении клапанов, воротничков, петель, швов рукавов и т.д. Здесь происходит одновременная сварка и резка ткани. При этом производительность по сравнению с ниточным соединением увеличена в 5-6 раз.

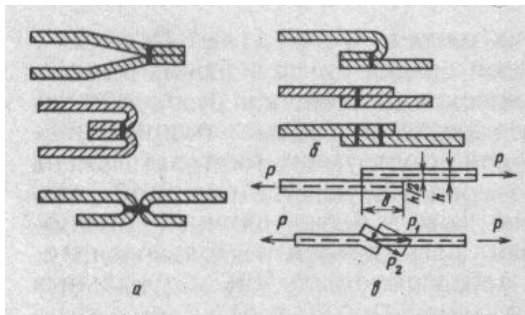


Рис. 5.31. Сварные швы синтетических тканей, выполненные ультразвуковой сваркой (а – стачные; б – накладные) и схема испытания накладных сварных швов(в)

В тех случаях, когда требуется высокая производительность процесса, для сварки синтетических тканей нужно применять мощные источники питания (от 400 Вт до 1,5 кВт) и металлические магнитострикционные преобразователи. В других случаях целесообразно применять более экономичные пьезокерамические преобразователи или сварочные головки с ферритовыми преобразователями мощностью до 400 Вт. Прочность сварных соединений синтетических тканей и режимы сварки в значительной степени зависят от материала, из которого изготовлены волновод и опора. Так, время сварки, необходимое для получения сварных соединений с максимальной прочностью, при использовании волноводов из стали значительно больше, чем при использовании алюминиевых волноводов.

Прочность сварных соединений, выполненных на стальной и алюминиевой опорах, почти одинакова, в то время как при сварке на опорах из дерева и стекла прочность меньше приблизительно на 40% в случае лавсановой и капроновой тканей и практически равно нулю для полипропиленовой ткани. При этом сварные швы сильно расплавляются со стороны опоры, теряется их эластичность и увеличивается жесткость. Это объясняется низкой теплопроводностью дерева и стекла и, следовательно, слабым теплоотводом из зоны сварки.

На прочность сварных соединений влияет также конструкция сварных швов. В зависимости от назначения синтетических тканей используются различные конструкции швов (рис. 5.31). Наибольшее применение получили стачные (рис. 5.31,а) и накладные (рис. 5.31,б) швы. Ниже приводятся данные о прочности (в кН/м) этих швов (в числителе – накладного, в знаменателе – стачного) для трех видов тканей:

Лавсановая (арт. 21710/3).....	13,8/7,2
Капроновая (арт. 22059)	16,0/8,8
Полипропиленовая (арт. 24259/1)	12,3/6,0

Как следует из этих данных, прочность накладных швов почти на 50% выше прочности стачных швов. Это обусловлено различной работой этих швов при приложении к ним растягивающей нагрузки. Стачные швы при приложении растягивающей нагрузки к верхнему и нижнему слоям ткани в направлении, перпендикулярном шву (по такой схеме проводились испытания), работают на расслаивание. Накладные же швы при этом работают в основном на сдвиг. Составляющая P_1 (рис. 5.31, в), которая образуется вследствие того, что шов под действием реактивного момента занимает равновесное положение, достигает не более 17% от внешней нагрузки P , поэтому расслаиванием в этом случае можно пренебречь.

При многослойной сварке трикотажно-лавсановой ткани, применяемой для фильтрации стерильно чистых веществ, время сварки с увеличением числа слоев возрастает, а прочность отдельных слоев определяется изменением характера тепловыделения и теплоотвода при увеличении числа слоев ткани.

Разработан новый способ изготовления нетканых материалов, согласно которому волокна холста, ориентированные или распределенные случайно, скрепляются посредством ультразвуковой сварки (рис. 5.32).

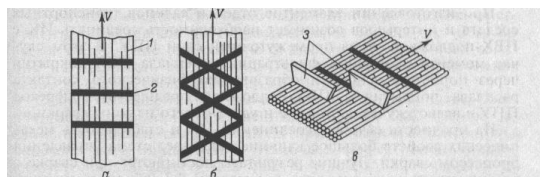


Рис 5.32. Схемы расположения сварных швов при изготовлении нетканых полотен (а, б) и схема расположения сварочных волноводов (в): 1 - волокнистый холст; 2 - сварной шов; 3 – волноводы

При этом холст может состоять из термопластичных волокон (полипропилена, капрона, лавсана, хлорина и др.) или из смеси этих волокон с хлопком, вискозой, шерстью и другими нетермопластичными волокнами. В последнем случае размягченная термопластическая составляющая обволакивает нетермопластичные волокна, тем самым образуя прочные соединения.

Поскольку волокнистые холсты характеризуются большим коэффициентом затухания, то их скрепление может производиться по схеме контактной ультразвуковой сварки. Для непрерывного осуществления процесса наиболее приемлем способ шовной сварки с шаговым перемещением материала, так как в этом случае предотвращаются деформации и разрывы нескрепленного холста как в процессе сварки, так и в процессе транспортировки готового материала на заданный шаг. При этом сварные швы могут укладываться как в направлении, перпендикулярном продольной оси холста, так и под углом к оси (рис. 5.32,а,б). Протяженные швы могут быть получены при использовании нескольких сварочных головок, установленных таким образом, чтобы обеспечивалось необходимое перекрытие сварных швов (рис.5.32, в)