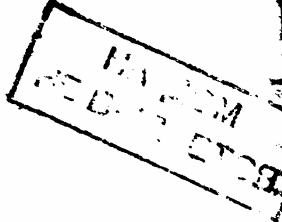


М358440

Министерство высшего и среднего специального
образования СССР



Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшее
техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

САМЧЕЛЬКИН Владислав Владимирович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКА
ТЕХНОЛОГИИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ
ВИНИЛАСТА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ
ЗОНЫ СОЕДИНЕНИЯ РАСТВОРИТЕЛЕМ

(Специальность 05.04.05 – Технология и машины
сварочного производства)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва

1980

Работа выполнена в Омском политехническом институте

Научный руководитель - академик АН СССР Николаев Г.А.

Официальные оппоненты: д.т.н., профессор Ольшанский Н.А.
к.т.н., доцент Орлов Ю.Н.

Ведущее предприятие: ВНИИСТ

Защита диссертации состоится "6" марта 1980г.
на заседании специализированного Совета по технологии и маши-
нам сварочного производства Московского ордена Ленина и орде-
на Трудового Красного Знамени высшего технического училища
им. Н.Э.Баумана.

Адрес - 107005, г. Москва, 2-я Бауманская, 5.

Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, прось-
ба

отече МВТУ

им

80г.

д

З.М.Ямпольский

М 358440

ак. 46

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Возросшее за последние годы значение винипласта как химически инертного конструкционного материала требует постоянного совершенствования технологических процессов его переработки и в первую очередь сварки, являющейся основным способом изготовления изделий из винипласта. В подавляющем большинстве случаев проблема соединения винипластовых деталей решается применением далеко не совершенного способа – прутковой сварки нагретым газом. Отсутствие высокопроизводительного способа сварки винипласта в ряде случаев является причиной отказа от применения этого прогрессивного материала и его замены дорогостоящими и дефицитными металлами. В соответствии с этим не вызывает сомнения актуальность проблемы разработки процесса сварки винипласта ультразвуком – одним из наиболее перспективных способов сварки пластмасс.

Цель работы. Определение технологических особенностей ультразвуковой сварки винипласта как материала, имеющего узкий температурный интервал сваривания, и разработка процесса сварки, позволяющего получить прочно-плотные соединения винипластовых деталей.

Методы исследований. Работа выполнялась путем сочетания теоретических и экспериментальных методов исследований. Проведен теоретический анализ процесса теплообразования при сварке винипласта и влияния на него релаксационных свойств полимера, теоретически определен закон распределения амплитуд смещений в озвучиваемом полимере. В основу экспериментальных исследований положены методы физической химии полимеров: интерференционный, гравитационный, импедансный ультразвуковой метод, а также методы микрокино – и фотосъемки, термографирования. Изучение процесса деформации и разрушения винипласта проводилось на основании разработанного электрического метода.

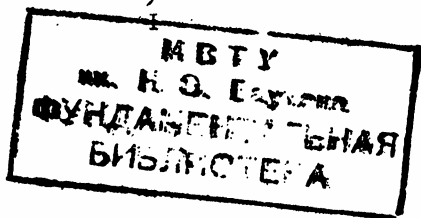
Научная новизна. Теоретически и экспериментально обоснован механизм образования соединения при ультразвуковой сварке винипласта с предварительной обработкой свариваемой зоны растворителем. При этом установлены следующие принципиально новые положения: а) в результате резкого уменьшения коэффициента диффузии

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1358440

Самченко В.В. Исследования



растворителя в полимер процесс приповерхностного растворения, начиная с определенной его продолжительности, приходит в состояние близкое к квазистационарному, характеризующееся постоянством толщины обработанной растворителем зоны и количества растворителя, абсорбированного полимером; б) при ультразвуковом воздействии на обработанные растворителем слои полимера происходит их равномерный и вместе с тем концентрированный нагрев в результате явления саморегулирования, приводящего к смещению области максимального тепловыделения в объеме обработанной зоны, а также обусловленного изменением физико-механических свойств полимера перераспределения диссипируемой механической энергии.

Практическая ценность. Разработан процесс ультразвуковой сварки винипласта, обеспечивающий выполнение прочно-плотных швов, который в своей основе может быть распространен на другие полимерные материалы, имеющие узкий температурный интервал сварочного состояния. На основании изучения температурной обстановки в зоне шва разработан рабочий цикл процесса сварки с изменяющейся в течение времени сварки амплитудой колебаний сварочного инструмента, который позволяет стабилизировать значение температуры на оптимальном заданном наперед уровне. Изучены технологические особенности и разработана технология сварки различных изделий из винипласта. Разработана рациональная производственная схема процесса предсварочной глассификации винипластовых деталей.

Апробация работы. Диссертационная работа и ее отдельные главы доложены на Всесоюзном совещании "Прогрессивные способы получения деталей из неметаллических материалов" в г. Омске 1976г., на научно-технических семинарах ОМПИ в 1976-1978 г.г., на научно-методической конференции в г. Омске 1976г., на научном семинаре сварщиков г.Москвы при МЛТУ им. Н.Э.Баумана в 1978г.

По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, получено одно авторское свидетельство.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы (114 наименований) и приложений, содержит 75 рисунков и 6 таблиц. Текстовая часть изложена на 150 страницах, приложения и литература на 17 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе I приведен анализ современного состояния вопроса

сварки винипласта, определены направления работы и задачи исследований.

Жесткая композиция на основе поливинилхлорида – винипласт, благодаря удачному сочетанию высокой химической стойкости, механической прочности и относительно низкой стоимости, находит растущее применение при изготовлении изделий, вступающих в процессе их эксплуатации в контакт с высокоагрессивными средами. В основе изготовления большинства винипластовых изделий лежит соединение отдельных деталей с помощью сварки.

В большинстве случаев служебное назначение сварных винипластовых изделий заключается в хранении и переработке высокоагрессивных жидкостей и газов, что определяет основное требование к сварным соединениям – герметичность при достаточно высокой механической прочности. Изготовление сварной винипластовой продукции в нашей стране сосредоточено в строительно-монтажных и химических предприятиях, которые, как правило, не специализируются на изготовлении какого-то конкретного изделия, а выпускают широкий круг изделий при высоком общем объеме сварочных работ. Поэтому для изготовления сварных изделий из винипласта необходимы способы сварки, сочетающие высокую производительность с широкими технологическими возможностями.

Большинство известных способов сварки пластмасс малоприспособлено для изготовления сварной винипластовой продукции. Так, наиболее распространенный на сегодняшний день способ сварки – прутковая сварка газовым теплоносителем, обладая высокой универсальностью, имеет крайне низкую производительность, причем качество соединения во многом определяется квалификацией сварщика. Применение более совершенных способов сварки (токами высокой частоты, трением) ограничено узким кругом типов соединений или относительно небольшими размерами и простой формой деталей.

Анализ литературных источников, посвященных сварке пластмасс, показывает, что проблема сварки целого ряда винипластовых изделий может быть с успехом решена при применении ультразвуковой сварки (УЗС). С одной стороны УЗС обеспечивает высокую производительность сварочных операций, в большинстве случаев время сварки находится в пределах 0,5...5 с. Наряду с этим УЗС является одним из наиболее универсальных способов соединений пластмасс, обеспечивая выполнение разнообразных типов соединений в том числе и принципиально новых, например, при сварке "прессовкой". С помощью УЗС

возможно получение как прямолинейных швов, так и швов с замкнутым контуром, причем процесс переналадки оборудования при переходе от одного изделия к другому не занимает много времени и состоит в несложной замене сварочного инструмента и приспособления.

Промышленное применение УЗС полимерных материалов в основном освоено на наших предприятиях в начале семидесятых годов. Этому освоению в первую очередь способствовали работы советских ученых сварщиков школы МВТУ им. Н.Э.Баумана, возглавляемой действительным членом АН СССР Г.А.Николаевым. В работах Н.А.Ольшанского, А.В. Мордвинцевой, И.В.Мозгового, С.С.Волкова, Ю.Н.Орлова и их учеников решены основополагающие проблемы сварки полимеров ультразвуком и разработаны основы технологии сварки ряда полимерных материалов.

Наряду со значительными успехами в области УЗС пластмасс ряд научных и технологических вопросов остается нерешенным. Так, недостаточно изучен вопрос об особенностях сварки материалов, имеющих узкий температурный интервал сваривания, типичным представителем которых является винипласт. Литературные данные ограничиваются лишь констатацией того факта, что процесс УЗС винипласта сопровождается его частичной деструкцией, однако количественная оценка процесса терморазрушения полимера и его влияние на качество соединений в литературе не приводится. Не определены границы температурного интервала сваривания винипласта при его сварке ультразвуком, когда наряду с тепловым воздействием полимер подвергается действию знакопеременных механических напряжений. Не изучены условия процесса, обеспечивающие при сварке жестких пластмасс равномерный нагрев зоны соединения по всему периметру шва, что является непременным условием выполнения прочноплотных соединений. Наконец недостаточно изучен вопрос о концентрации энергии в зоне сварки. До сих пор совмещение области максимального тепловыделения с границей раздела достигалось путем изменения геометрии стыка деталей, однако такой способ концентрации энергии не всегда приемлем при сварке винипластовых изделий.

С учетом отмеченных обстоятельств определены основные направления в общей проблеме разработки процесса УЗС винипласта прочно-плотными швами: а) изучение особенностей процесса УЗС винипласта, имеющего узкий температурный интервал сваривания, определение границ указанного интервала и влияния процесса термодес-

деструкции не эксплуатационные свойства соединений; б) определение условий сварки, обеспечивающих равномерный и вместе с тем концентрированный нагрев материала в зоне соединения; в) разработка технологии сварки основных типов сварных соединений, встречающихся при изготовлении сварных винипластовых изделий, и сварочного оборудования.

В главе 2 приведены результаты исследований процесса деструкции полимера при одновременном воздействии на него ультразвуковых колебаний и относительно высоких температур.

Анализ литературы, посвященной деструкции поливинилхлорида, позволяет выделить в комплексной реакции терморазрушения пластика процесс дегидрохлорирования, несущий основную ответственность за потерю винипластом исходных эксплуатационных свойств. Элиминирование хлористого водорода сопровождается снижением механической прочности пластика и приводит к появлению в материале раковин и пор.

Качественная и количественная оценка процесса дегидрохлорирования производилась по разработанному электрическому методу, основанному на изменении электропроводности воды при растворении в ней газообразного хлористого водорода.

Установлено, что при чисто термическом воздействии на полимер его деструкция со скоростью, соизмеримой со скоростью сварки, начинается при температурах 185...190°C. Наложение ультразвуковых колебаний значительно ускоряет процесс дегидрохлорирования, причем, начиная с температуры 160°C, деструкция полимера может приобрести наиболее опасный "очаговый" характер, когда терморазрушение концентрируется в отдельных зонах внутри полимера с усилением вредного действия. Указанное значение температуры рассматривается как температура начала деструкции винипласта при его сварке ультразвуком.

Температура сваривания определялась по экспериментально полученной зависимости прочности соединения образцов, свариваемых термоконтактным способом, от температуры. Образцы испытывались на растяжение в направлении нормальном к плоскости сваривания, при этом сваренными считались образцы, имеющие прочность соединения не ниже 80% от прочности основного материала. Найденное значение температуры сваривания составляет 180...185°C.

Сопоставление значений температур деструкции и сваривания показывает, что при сварке ультразвуком винипласт не имеет тем-

пературного интервала, в котором он мог бы быть сварен без термодеструкции.

Термографирование процесса УЗС винипласта показало, что в трещине зоны шва под действием ультразвуковых колебаний происходит крайне неравномерно. Перепад температур, развиваемых на отдельных участках плоскости сваривания, достигает 180...200°C. В зонах максимального нагрева наблюдается интенсивная деструкция пластика, что снижает механическую прочность соединения и нарушает его герметичность в результате повышенной пористости материала, подвергнутого деструкции.

Изучение распределения температур по оси стержневых образцов показало, что положение области максимального нагрева в значительной мере зависит от суммарной длины образцов и от удаления зоны шва от сварочного инструмента. В тех случаях, когда суммарная длина стержней превышает 100 мм область максимальных температур может не совпадать с плоскостью сваривания, а находиться в слоях полимера, расположенных в непосредственной близости от сварочного инструмента.

Приведенные эксперименты показали невозможность получения стабильных прочно-плотных соединений винипласта при применении обычной технологической схемы процесса ультразвуковой сварки.

Глава 3 посвящена исследованию процесса УЗС винипласта с предварительной обработкой зоны соединения растворителем.

Одним из путей исключения деструкции при сварке винипласта является снижение интенсивности разрушающих физических факторов, действующих на полимер, то есть снижение интенсивности ультразвуковых колебаний и определяемого ею значения температуры, развиваемой в зоне соединения. Совершенно очевидно, что снижение степени сварочного нагрева возможно лишь при условии одновременного снижения температуры сваривания пластика, которая, как известно, определяется химической природой и молекулярным весом полимера, а также количеством пластифицирующих добавок в составе полимерной композиции. Из перечисленных факторов, влияющих на температуру сваривания, технологический интерес представляет лишь последний, так как изменение двух первых на готовом продукте не представляется возможным.

В отличие от известных технологических схем пластификации полимеров, предсварочная пластификация должна выполняться на монолитном материале, причем изменение свойств пластика должно

иметь локальный и временный характер. Поэтому применение известных пластификаторов для предсварочной пластификации не может быть эффективным. Особенности предсварочной пластификации показывают, что для ее проведения могут быть применены растворители винипласта, способные достаточно активно взаимодействовать с монолитным полимером.

В работах, посвященных этому способу сварки показано, что его применение при изготовлении изделий из пластмасс значительно повышает качество швов. Проведенные эксперименты по сварке винипласта с предварительной обработкой зоны сварки дихлорэтаном показали принципиальную возможность получения герметичных соединений. В то же время механические показатели соединений при использовании для предсварочной обработки дихлорэтана отличаются нестабильностью, возникающей на стадии обработки. Поэтому возникла необходимость детального изучения процесса приповерхностного растворения, свойств обработанной растворителем зоны, а также процессов, протекающих в пластифицированном участке при ультразвуковом воздействии.

Изучение процесса приповерхностного растворения проводилось с помощью интерференционного метода, основанного на изменении оптических свойств полимера при диффузии в него растворителя.

Установлено, что, начиная с определенной продолжительности обработки (критическая продолжительность), процесс приповерхностного растворения приходит в состояние близкое к квазистационарному и дальнейшее увеличение времени взаимодействия компонентов не вызывает заметного изменения состава обработанной зоны. Возникновение квазистационарного состояния объясняется резким уменьшением скорости диффузии растворителя в полимер.

Исследования физико-механических свойств растворов винипласта проводились с помощью установки, созданной на базе прибора ДУК-20 м, реализующего импульсный ультразвуковой метод исследования полимеров. Экспериментально были получены температурно-концентрационные зависимости скорости звука и коэффициента поглощения, на основании которых определялись динамический модуль упругости E' , коэффициент механических потерь η и температура α - перехода растворов винипласта. Значения E' и η в области, недоступной эксперименту, были найдены экстраполяцией температурно-концентрационных зависимостей указанных величин и рассчитаны с помощью ЭВМ "Наири-2".

На основании данных о физико-механических свойствах растворов винипласта и известного распределения растворителя в объеме обработанной зоны была построена ее интегральная физико-механическая модель (рис.1). Обработанная растворителем зона представляет собой неравновесный раствор винипласта с переменной концентрацией компонентов, что обуславливает наличие градиента всех физико-механических свойств материала, заключенного в ее объеме. Пластифицированный растворителем участок полимера имеет более низкий по сравнению с исходным материалом модуль упругости и обладает высокими механическими потерями, причем положение максимума механических потерь определяется температурой пластика.

Полученные результаты позволили провести анализ процесса нагрева пластифицированного участка в ультразвуковом поле. При проведении теоретического анализа исходили из определяющей роли внутреннего трения в процессе нагрева полимера. Выбор внутреннего трения как основного источника тепла базировался на том очевидном факте, что обработанные растворителем слои пластика выполняют роль своеобразной смазки и значительно уменьшают вклад, вносимый граничным трением в процесс теплообразования.

На основании известного выражения для удельной энергии деформирования

$$W = \int G(x, \tau) d\epsilon(x, \tau) \quad (3-1)$$

можно прийти к соотношению

$$W' = \pi \epsilon_m^2 \epsilon' \eta \quad (3-2)$$

где: W - количество удельной энергии, подводимой к полимеру, W' - количество диссипированной энергии, $\epsilon(x, \tau)$ и ϵ_m - мгновенное и амплитудное значение деформации, $G(x, \tau)$ - мгновенное значение напряжения, x - координата рассматриваемого объема, τ - время.

Выражение 3-2 позволяет проанализировать влияние физико-механических свойств полимера на процесс его нагрева под действием ультразвука. В процессе повышения температуры меняются значения ϵ_m и $\epsilon' \eta$. Температурные изменения акустических свойств полимера в представляющем интерес диапазоне температур вызывают рост величины ϵ_m . Величина $(\epsilon' \eta)$, пройдя через максимальное значение в температурной области α -перехода, с дальнейшим повышением температуры уменьшается.

Соотношение значений $E'\eta$ и ϵ_m определяет темп нагрева, который протекает в две фазы. Вначале нагрев протекает с самовозбуждением — увеличение температуры вызывает рост скорости нагрева в результате увеличения ϵ_m и $E'\eta$. Затем процесс нагрева переходит в фазу саморегулирования, когда повышение температуры снижает скорость ее роста за счет резкого уменьшения величины $E'\eta$.

Переход от одной фазы к другой при сварке непластифицированного винилпласта происходит при температуре 200...250°C, что намного превышает температуру сваривания. Участок пластика, получивший преимущественный нагрев в начале сварки, вплоть до этой температуры будет нагреваться ускоренно, в то время как остальные участки могут оставаться относительно холодными. Пластификация зоны сварки снижает температуру перехода процесса теплообразования в фазу саморегулирования (величина $E'\eta$ начинает уменьшаться с самого начала процесса нагрева), что способствует выравниванию температур в зоне шва.

Аналитически установлено, что наличие градиента значений E' и η в пластифицированной зоне приводит к последовательному нагреву всех ее слоев до приблизительно одинаковых температур. Для расчета значений температур был применен известный прием, когда количество диссипируемой энергии приравнивается к количеству тепла необходимого для нагрева полимера на температуру ΔT , что позволяет связать время ультразвукового воздействия с температурой, развиваемой в полимере.

$$\tau = \frac{1}{\omega} \int_{T_1}^{T_2} \frac{2\rho\tilde{c}}{E'\eta\epsilon_m} dT \quad (3-3)$$

где ω — круговая частота колебаний, ρ и $\tilde{c}$ — плотность и теплоемкость полимера, T — абсолютная температура.

Значения температуры определялись путем последовательного интегрирования выражения 3-3 с шагом $\Delta T = 10^\circ\text{C}$, в пределах которого величины, входящие в подинтегральное выражение, считались постоянными. Необходимое для расчета значение ϵ_m определялось экспериментально с помощью кино съемки и микрофотографирования траекторий движения частиц полимера под действием ультразвука.

На основании экспериментально полученной зависимости прочности соединений образцов от температуры установлено, что предварительная обработка позволяет получить соединения, прочность которых соответствует когезионной прочности винилпласта, при температурах 120...130°C. Снижение температуры сваривания при неизменной температуре

деструкции позволяет получить у пластифицированного и пластика температурный интервал, в котором он может быть сварен без терморазрушения. Ширина этого интервала определяется продолжительностью предварительной обработки, достигая своего максимального значения при критическом времени взаимодействия растворителя с полимером.

Изучение влияния предварительной пластификации на распределение температур в соединяемых элементах показало, что обработанная растворителем зона выполняет роль концентратора энергии, получая при сварке преимущественный нагрев. В отсутствие пластифицированного участка распределение диссипируемой энергии определяется законом распределения амплитуд смещений.

$$\xi(x, \tau) = \sum_{i=0}^{\infty} k_{\text{отр}}^i \xi_m \exp\{-\beta[m\ell + (-1)^i x]\} \cos\left[\omega\left[\tau + \frac{m\ell + (-1)^i x}{c}\right] + i\tau\right] \quad (3-4)$$

где $\xi(x, \tau)$ - мгновенное значение смещения в точке с координатой x , ξ_m - амплитуда колебаний инструмента, β - коэффициент поглощения $k_{\text{отр}}$ - коэффициент отражения на границе полимер-сталь, $m = \frac{c - \ell}{2}$, i принимает значение 0, 1, 2, 3, ..., c - скорость звука, ℓ - длина озвучиваемого образца.

Решение выражение 3-4 для случаев, представляющих практический интерес, показывает, что в зависимости от размера (ℓ) пластика, заключенного между инструментом и опорой, распределение амплитуд смещений в полимере подчиняется экспоненциальному или линейному закону:

$$\xi(x) = \xi_m \exp(-\beta x) \quad \text{при} \quad \ell \geq 100 \text{ мм}$$

$$\xi(x) = \xi_m (a - bx) \quad \text{при} \quad \ell \leq 30 \text{ мм}$$

где a и b - постоянные коэффициенты. При $\ell \leq 30$ мм деформации $\epsilon_m = \frac{d\xi(x)}{dx}$ равномерно распределены в озвучиваемом объеме пластика и удаление зоны сварки от сварочного инструмента не оказывает влияния на распределение температур. При $\ell \geq 100$ мм преимущественный нагрев получают слои полимера, контактирующие со сварочным инструментом, в то время как температура в зоне шва деталей может оставаться относительно низкой.

Наличие пластифицированного участка в озвучиваемом объеме полимера приводит к перераспределению диссипированной энергии. Экспериментально установлено, что максимальные деформации развиваются в обработанной растворителем зоне. Кроме того, пластифицированный материал имеет наибольшее значение произведений $E\eta$. В соответствии с выражением 3-3 увеличение значений $E\eta$ и ϵ_m приводит к концен-

трации: диссипируемой энергии в обработанной растворителем зоне. Проведенное термографирование подтвердило установленный характер распределения энергии.

Проведенный комплекс исследований показал, что температурная обстановка в зоне соединения зависит как от режима предсварочной пластификации, так и от режима сварки. На стадии предварительной обработки основным рычагом технологического воздействия на процесс является продолжительность взаимодействия полимера с растворителем. Оптимальная степень изменения свойств полимера достигается при критической продолжительности обработки. В этом случае на процесс нагрева пластика практически с самого его начала решающее влияние оказывает явление саморегулирования, приводящее к выравниванию температур в зоне соединения. Кроме того, при критической продолжительности обработки имеет максимальное значение температурный интервал сваривания винипласта. Наибольшее влияние на температуру процесса на стадии ультразвукового воздействия оказывает величина амплитуды колебаний сварочного инструмента. В соответствии с этим, одним из путей управления температурным режимом сварки является изменение амплитуды в течение времени сварки. Проведенное термографирование показало, что при сварке с переменной амплитудой возможно стабилизировать значение температуры на заданном уровне.

На основании изучения процессов, протекающих в зоне соединения после сварки, было установлено, что в послесварочный период происходит испарение остаточного растворителя, ведущее к некоторому увеличению прочности швов.

Результаты проведенных исследований позволили сформулировать механизм образования соединения при сварке с предварительной обработкой зоны шва растворителем. Процесс образования соединения протекает в три стадии: на стадии предварительной обработки происходит образование пластифицированной зоны с благоприятным для сварки изменением свойств полимера, заключенного в ее объеме; на стадии сварки происходит концентрированный и вместе с тем равномерный нагрев пластифицированного пластика, что приводит к образованию шва с частичным вытеснением обработанной зоны в грат; в послесварочный период происходит испарение остаточного растворителя и восстановление полимером исходных свойств.

В главе 4 приведены результаты технологических исследований, обоснован выбор растворителя и схемы проведения предсварочной пла-

тификации, даны примеры промышленного применения разработанного процесса и характеристика сварочного оборудования.

На основании изучения влияния режима предварительной обработки и сварки на эксплуатационные свойства соединений (прочность, долговечность, герметичность) определены оптимальные режимы процесса.

В основу выбора производственной схемы процесса предсварочной пластификации были положены его санитарно-гигиенические условия. Исходя из принципа минимизации количества растворителя, испаряющегося в воздух, была выбрана схема обработки, основанная на погружении обрабатываемой детали в уплотняемый сосуд с растворителем. Данная схема не только снижает до минимума потери растворителя на испарение, но и позволяет автоматизировать процесс предсварочной пластификации. Анализ биологических свойств растворителей винипласта позволил рекомендовать для предварительной обработки тетрагидрофуран (ТГФ), имеющий максимальное предельно допустимое значение концентрации паров в атмосфере. При применении ТГФ для предсварочной пластификации, выполняемой по схеме погружения, количество паров растворителя в воздухе в десятки раз меньше установленных норм.

На основании комплекса технологических исследований разработанная технология сварки малогабаритных сосудов, элементов промышленной вентиляции и деталей фильтрующих устройств, а также оборудования для предварительной обработки и сварки названных изделий.

В результате внедрения разработанного технологического процесса сварки кислотно-го цилиндра в производство получен годовой экономический эффект в 61890 рублей. Предполагаемый экономический эффект от внедрения одной полуавтоматической установки для сварки элементов вентиляции в производство составляет 22000 рублей.

ВЫВОДЫ

1. На основании изучения процесса дегидрохлорирования - одной из наиболее опасных реакций в комплексном процессе термодеструкции винипласта установлено, что при сварке ультразвуком винипласт не имеет температурного интервала сваривания. Интенсивная деструкция полимера, протекающая на фоне крайне неравномерного распределения температур в плоскости сваривания и ведущая к порообразованию в шве, не позволяет применить известную технологическую схему процесса УЗС при выполнении прочно-плотных соединений винипласта.

2. Разработан процесс сварки винипласта ультразвуком с предварительной обработкой свариваемой зоны растворителем, особенностью которого является то, что подлежащие соединению поверхности полимера перед сваркой подвергаются воздействию растворителя, что приводит к временному локальному изменению физико-механических свойств и позволяет использовать при сварке сочетание параметров режима, при котором исключается перегрев и термодеструкция полимера и становится возможным выполнение прочно-плотных швов.

3. С помощью интерференционного и гравитационного методов изучены основные закономерности процесса приповерхностного растворения винипласта. Установлено, что, начиная с определенной продолжительности, процесс приходит в состояние, близкое к квазистационарному, для которого характерно постоянство толщины обработанной растворителем зоны и количества растворителя, абсорбированного полимером.

4. Экспериментально-расчетным путем определены основные физико-механические свойства обработанной растворителем зоны, представляющей собой неравновесный раствор винипласта с переменной концентрацией компонентов, чем предопределяется градиент всех ее физико-механических характеристик. Пластифицированные растворителем слои полимера имеют более низкое по сравнению с исходным полимером значение температуры сваривания, модуль упругости и обладают более высокими механическими потерями, положение максимума которых в объеме обработанной зоны определяется температурой последней.

5. На основании экспериментов и теоретических исследований изучена кинетика нагрева обработанной растворителем зоны. Установлено, что в процессе ультразвукового воздействия происходит равномерный и вместе с тем локальный нагрев обработанной растворителем зоны в результате явления саморегулирования, приводящего к перемещению в этой зоне области максимального тепловыделения, а также обусловленного локальным изменением физико-механических свойств перераспределения энергии в соединяемых элементах.

6. Процесс образования соединения при сварке с локальной пластификацией зоны шва растворителем протекает в три стадии. На первой стадии в процессе предсварочной обработки происходит образование пластифицированной зоны; на стадии сварки в результате ультразвукового воздействия происходит нагрев обработанных растворителем слоев и образование сварного соединения с одновременным частичным вытеснением обработанной зоны в грат; в послесварочный период происхо-

дит испарение остатка растворителя и восстановление полимером исходных свойств.

7. Теоретически и экспериментально обоснован рабочий цикл процесса, при котором происходит скачкообразное изменение (уменьшение) амплитуды в течение времени сварки, позволяющий стабилизировать значение температуры в зоне шва на заданном уровне и обеспечивающий в сочетании с оптимальным режимом предсварочной пластификации получение стабильно герметичных и прочных швов, сохраняющих свои свойства в течение длительного времени.

8. Разработана производственная технологическая схема выполнения предсварочной пластификации, основанная на погружении обрабатываемой части детали в уплотняемый сосуд с растворителем. Разработанная схема позволяет автоматизировать процесс предсварочной обработки и свести к минимуму потери растворителя на испарение. При применении для предсварочной пластификации наименее токсичного растворителя — тетрагидрофурана количество паров растворителя в воздухе в десятки раз меньше его предельно допустимой концентрации, что позволяет с полным основанием считать разработанный техпроцесс безопасным для здоровья человека.

9. На основании изучения технологических особенностей выполнения различных типов соединений разработана технология сварки ряда изделий из винилпласта и сварочное оборудование. Использование разработанного техпроцесса при изготовлении малогабаритных сосудов дало экономический эффект 61890 рублей. Ожидаемый экономический эффект от внедрения одной полуавтоматической установки для сварки винилпластовых листов составляет 22000 рублей.

10. В перспективе следует развивать разработанный процесс применительно к другим полимерам, имеющим узкий температурный интервал сваривания, а также и к остальным полимерам при изготовлении деталей, конструкция которых не позволяет применить традиционные способы концентрации энергии в зоне шва или делает невозможным равномерный нагрев всей поверхности сваривания.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Мозговой И.В., Самчевский В.В. Ультразвуковая сварка полиметилметакрилата с предварительной обработкой поверхностей. "Автоматическая сварка" № 8, 1974, с.75.

2. Мозговой И.В., Самчелькин В.В. и др. Пути воздействия на технологию сварки и свойства оргстекла с целью повышения его свариваемости ультразвуком. Труды научно-технического совещания "Прогрессивные способы получения деталей из неметаллических материалов" Омск, 1976, с.56-59.

3. Мозговой И.В., Самчелькин В.В. и др. Регулирование температуры при ультразвуковой сварке полиметилметакрилата. "Автоматическая сварка", №10, 1974, с 75-76.

4. Мозговой И.В., Самчелькин В.В. и др. Установка для скоростной киностемки процесса ультразвуковой сварки пластмасс. "Автоматическая сварка", №5, 1975, с 24-25.

5. Мозговой И.В., Самчелькин В.В., Царенко И.Я. Характер колебательного движения соединяемых деталей и теплообразования в них при ультразвуковой сварке пластмасс. "Автоматическая сварка", №12, 1977, с 63-64.

6. Самчелькин В.В. и др. Характер колебательного движения при ультразвуковой сварке пластмасс. Материалы научно-методической конференции "Эффективность использования технических средств в вузах РСФСР". Новосибирск, 1976, с 98.

7. Мозговой И.В., Ощепков В.Е., Самчелькин В.В. Характер распространения ультразвуковых волн в стержне. Материалы научно-методической конференции "Эффективность использования технических средств в вузах РСФСР, Новосибирск, с 57.

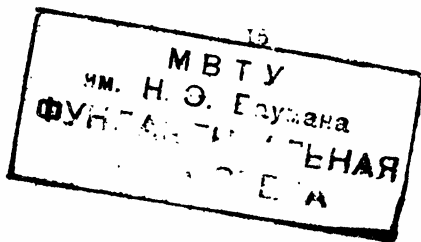
8. Мозговой И.В., Самчелькин В.В. Тепловые процессы при УЗС винипласта, обработанного растворителем. "Автоматическая сварка", №10, 1976, с 75-76.

9. Мозговой И.В., Самчелькин В.В., Фомин В.Н. Ультразвуковая сварка листов из винипласта. "Сварочное производство", №1, 1977, с 32-33.

10. Мозговой И.В., Самчелькин В.В. и др. Микрофотографирование траекторий колебаний при ультразвуковой сварке пластмасс. "Сварочное производство", №10, 1978, с 52-53.

11. Самчелькин В.В., Зубарев А.А. Методика определения концентрации при диффузии растворителя в полимер, Сборник "Прогрессивные технологические процессы заготовительного производства", Новосибирск, 1978, с 131-133.

12. Мозговой И.В., Самчелькин В.В., Макеев В.С. Устройство для ультразвуковой сварки пластмасс. Авт. свид. № 1481, Всл. изобретений, №5, 1977.



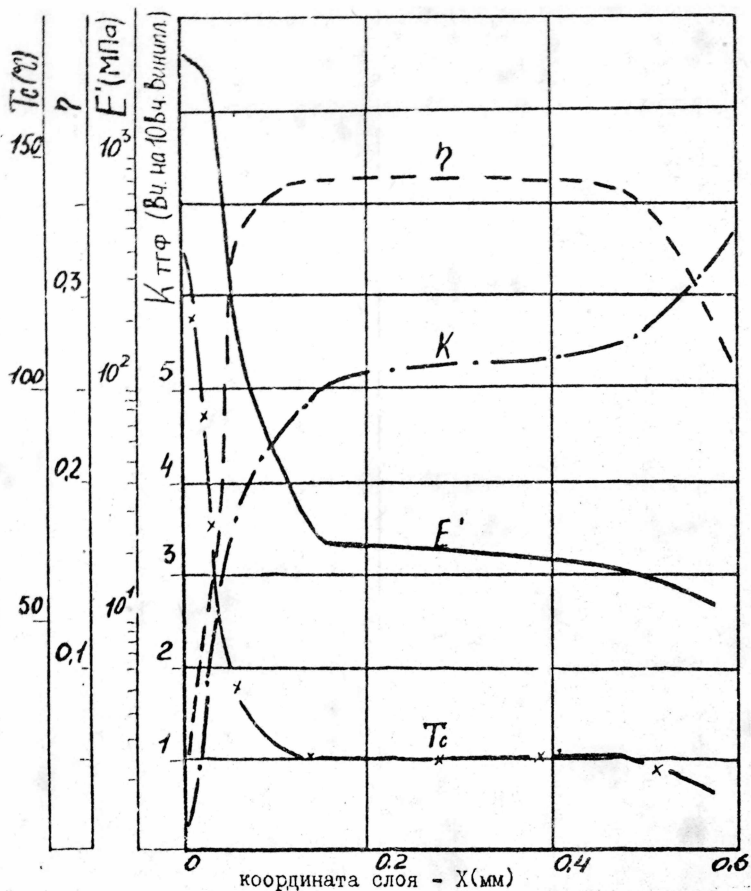


Рис. I. Физико-механические свойства обработанной растворителем зоны:

K - концентрация растворителя

E' - динамический модуль упругости

η - коэффициент механических потерь

T_c - температура α -перехода