

УДК 621.791.16

DOI: 10.18698/0536-1044-2018-6-24-31

Технология ультразвуковой сварки с одновременным тиснением поверхности искусственных кож

С.С. Волков¹, Д.С. Розанов¹, Л.А. Шестель²

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

² Омский государственный технический университет, 644050, Омск, Российская Федерация, пр-т Мира, д. 11

The Technology of Ultrasonic Welding with Simultaneous Embossing of Artificial Leather Surfaces

S.S. Volkov¹, D.S. Rozanov¹, L.A. Shestel²

¹ BMSTU, 105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1

² Omsk State Technical University, 644050, Omsk, Russian Federation, Mir Ave., Bldg. 11



e-mail: map@bmstu.ru, rozanovds@rambler.ru, weldtechn@mail.ru



Рассмотрены искусственные кожи на основе поливинилхлорида, относящиеся к группе полимерных материалов. Установлено, что для их сварки в каждом конкретном случае необходимо изыскивать оптимальные способы и технологические приемы. Разработана технология ультразвуковой сварки с одновременным тиснением поверхности искусственных кож, обеспечивающая получение соединений с высокими прочностными показателями и хорошим внешним видом тиснения поверхности кожи. Предложена схема управления процессом сварки по остаточной толщине шва при высокой производительности процесса и отсутствии деструкции свариваемого материала с одновременным тиснением поверхности кожи. Приведены результаты исследований влияния технологических параметров тиснения поверхности на прочность изделий. Даны рекомендации по выбору оптимальных технологических параметров режима сварки. Описаны разные способы дозирования энергии ультразвуковых колебаний, вводимых в зону сварки. Получение качественных соединений обусловлено объемным взаимодействием связей между макромолекулами покрытия и основной искусственной кожи.

Ключевые слова: ультразвуковая сварка, искусственные кожи, фиксированная осадка, прочность сварного шва, статическое сварочное давление, амплитуда колебаний волновода



In this work, artificial polyvinylchloride-based leathers that belong to the group of polymeric materials are considered. It is established that to weld these materials, it is necessary to select optimal methods and processing techniques in each specific case. A processing method of ultrasonic welding with simultaneous embossing of artificial leather is developed that provides high-strength welded joints with good appearance of the embossed surface. The results of studies into the influence of technological parameters of embossing on the strength of the manufactured products are presented. Recommendations on the choice of optimal technological parameters of welding are given. Various methods of dispensing the energy of ultrasonic fluctuations supplied to the welding zone are described.

Obtaining quality joints depends on the volumetric interaction of the connections between macromolecules of the coating and the artificial leather proper.

Keywords: ultrasonic welding, artificial leather, fixed setting, durability of a welded joint, static welding pressure, amplitude of wave guide fluctuations

Искусственные кожи (ИК) — это двухслойные материалы, сочетающие в себе естественные или синтетические волокна с пластифицированной поливинилхлоридной (ПВХ) пленкой с различными наполнителями и пластификаторами [1]. ИК широко применяют в галантерейной, обувной, автомобильной и других отраслях промышленности.

Так, для изготовления сидений и отделки салона автомобиля используют ИК на трикотажной основе — эластичной и более износостойкой, чем тканевая [1]. Однако резкое различие показателей механических свойств отделочных материалов при растяжении в разных направлениях является серьезным недостатком таких ИК [2].

Рассмотрим так называемые мягкие кожи, относящиеся к ИК и представляющие собой дублированный материал, состоящий из основы и покрытия. Для изделий, не подвергающихся в процессе эксплуатации растягивающим нагрузкам, применяют ИК без основы — пленочные материалы, имеющие низкий предел прочности при растяжении и очень высокое удлинение [3].

При повышенных требованиях к прочности изделия применяют ИК с основой из натуральных и синтетических тканей с различными переплетениями (полотняным, атласным, саржевым) и нетканых материалов [2–4].

Большую часть (70 %) всего ассортимента выпускаемых в настоящее время ИК, составляют кожи с ПВХ-покрытием. Это покрытие является многокомпонентной системой, включающей в себя добавки стабилизаторов, пластификаторов, наполнителей, модификаторов и других компонентов, введение которых позволяет значительно изменить свойства полимера. Так, в зависимости от вида и количества пластификаторов температура текучести ПВХ-покрытия составляет 370...440 К [2].

Основная трудность при сварке ИК с ПВХ-покрытием заключается в том, что в этом же интервале температур начинает происходить с заметной скоростью и низкотемпературное разложение ПВХ, обусловленное реакцией дегидрохлорирования, протекающей с сохране-

нием полимерной углеродной цепи и образованием участков сопряженной полиеновой структуры [2, 5].

Степень разложения полимера зависит не только от температуры, но и от длительности ее воздействия, поэтому с помощью высокоинтенсивных источников энергии можно сдвигать процессы деструкции в высокотемпературную область. С этой точки зрения наиболее подходящими для соединения ИК с ПВХ-покрытием являются два способа сварки — токами высокой частоты или ультразвуком, — у которых скорость нагрева на 3–4 порядка больше, чем у процессов деструкции ПВХ [1, 5, 6].

Однако сварка токами высокой частоты позволяет создать качественные сварные соединения (СС) только для пленочных ИК без основы и при укладке деталей из ИК по схеме «покрытие к покрытию». При укладке деталей по схеме «покрытие к нетермопластичной основе» соединение практически не образуется, так как не выполняется главное условие протекания процесса сварки — физический контакт термопластичных слоев покрытий. Различные приемы, обеспечивающие такой контакт (снятие основы в зоне сварки; пропитка основы полимерными составами, однородными материалу покрытия; использование в качестве основы термопластичного преимущественно нетканого материала) не нашли практического распространения, так как они приводят к усложнению технологического процесса и дополнительным затратам.

Ультразвуковая сварка (УЗС) ИК выгодно отличается от других способов тем, что позволяет получать высококачественное СС даже в случае контакта нетермопластичной основы и термопластичного покрытия. С помощью УЗС можно успешно сваривать ИК через нетермопластичную основу с термопластичными листовыми или пленочными подложками из материала, совместимого с материалом покрытия ИК, а также при наличии промежуточного слоя (например, из пенополиуретана) между слоями ИК или ИК и подложкой. Это обусловлено тем, что при ультразвуковом воздействии на ИК термопластичные покрытия, переходя

в вязкотекучее состояние, могут проникать (фильтроваться) через поры основы. В момент, когда фронты проникающих материалов достигают друг друга, начинается объемное развитие взаимодействия, приводящее к образованию СС [3, 7, 8].

Цель работы — исследование возможности получения качественного и прочного СС из ИК путем УЗС с одновременным тиснением поверхности кожи.

В результате экспериментов установлено, что одной из наиболее эффективных схем управления процессом УЗС ИК является отключение ультразвуковых колебаний при достижении заданного значения толщины сварного шва. Это исключает зависимость качества СС от разнотолщинности соединяемых материалов и параметров режима УЗС [7, 8].

Исследование влияния технологических параметров режима УЗС на прочность и качество СС. Эксперименты проводили на образцах из ИК марки АИК-С и листового поливинилхлорида (подложка) толщиной 0,8 мм для двух схем укладки образцов — «покрытие к покрытию» и «покрытие к поливинилхлоридной подложке» с одновременной фиксацией температуры в слое полимерного покрытия ИК с помощью термопар группы хромель-копель диаметром 0,1 мм [6, 9]. УЗС осуществляли на ультразвуковой сварочной машине УПМ-21, разработанной на кафедре «Технологии сварки и диагностики» МГТУ им. Н.Э. Баумана, включающей в себя магнитострикционный преобразователь ПМС1М мощностью 1,5 кВт и ножевой волновод-инструмент (далее — волновод) из титанового сплава ВТ-5. Ширина сварного шва равнялась ширине рабочей части волновода 6 мм.

Статическое сварочное давление регулировалось пружиной. УЗС с постоянным статическим сварочным давлением позволяет выдерживать на машине УПМ-21 стабильную толщину шва при колебаниях исходной толщины материала до 25 %.

В качестве источника питания магнитострикционного преобразователя (сварочного узла) использовали модернизированный серийно выпускаемый фирмой «Ультразвуковая техника ИНЛАБ» ультразвуковой генератор ИЛ10-1,5 с расширенным диапазоном частот 20...70 кГц, массой 12 кг и габаритными размерами 310×310×160 мм. Генератор оснащен

плавной регулировкой мощности до 1,5 кВт, цифровым частотомером, аналоговым индикатором резонанса акустической системы, фазовой автоподстройкой частоты колебаний и источником поляризации с выходным током до 30 А. Охлаждение генератора — воздушное, принудительное. Выходная частота может меняться в любую сторону.

В процессе экспериментов частоту ультразвуковых колебаний контролировали с помощью цифрового частотомера, вмонтированного в генератор ИЛ10-1,5. Для измерения амплитуды колебаний волноводов использовали датчики, разработанные на кафедре «Технологии сварки и диагностики» [3]. Образцы из ИК со сварными швами испытывали на сдвиг на разрывной машине с климатической камерой. Во время исследований поддерживали температуру 293 К и влажность 65 %.

По принципу дозирования вводимой ультразвуковой энергии УЗС подразделяется на сварку с фиксированным временем протекания ультразвукового импульса, с фиксированной осадкой, с фиксированным зазором и с дозированием энергии [4, 7].

Выделение энергии в зоне СС характеризуют основные параметры режима УЗС: A — амплитуда колебаний рабочего торца волновода, мкм; $p_{ст}$ — статическое сварочное давление, МПа; $t_{св}$ — время сварки; f — частота колебаний, кГц. Параметры режима УЗС взаимосвязаны: время, необходимое для сварки, зависит от амплитуды колебаний и статического сварочного давления. Оптимальным параметрам соответствуют максимальная прочность и наилучшее качество СС. Оптимальные параметры режима УЗС, зависящие от свойств свариваемого материала, толщины и формы изделия и др., определяют в каждом конкретном случае экспериментально применительно к реальным изделиям. Оценку проводят по показателям прочности, деформации, герметичности и др. [7, 10].

Исследование влияния дозирования ультразвуковой энергии по фиксированному времени (продолжительность ультразвукового импульса определяет реле времени) на прочность СС. В результате испытаний выявлен большой разброс прочностных показателей СС (обозначенный на рис. 1 вертикальными отрезками) при непродолжительном воздействии ультразвуковых колебаний на материал. Увеличение времени УЗС стабилизировало эти показатели, но они оказались значительно ниже

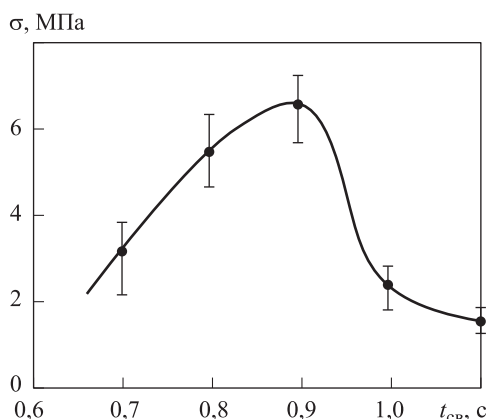


Рис. 1. Зависимость прочности σ СС от времени сварки $t_{св}$ при $A = 30$ мкм и $p_{ст} = 3$ МПа:
 ● — экспериментальные данные; — функция, полученная путем аппроксимации

прочности основного материала. Их разброс (около 15 %) связан с нестабильностью физико-механических и геометрических характеристик основного материала. Толщину ИК изменяли в диапазоне 1,08...1,3 мм. При этом время сварки $t_{св} = 0,9$ с, статическое сварочное давление $p_{ст} = 3$ МПа, амплитуда колебаний волновода $A = 30$ мкм.

Средняя прочность на сдвиг СС, полученная при УЗС ИК, имеющих одинаковую толщину 1,15 мм, составляет 6,5 МПа.

Исследование влияния дозирования ультразвуковой энергии по фиксированной осадке на прочность СС. Для этого в схему установки внесли следующие изменения: вместо реле времени, регулирующего продолжительность ультразвукового импульса, ввели микровыключатель и микрометрический винт, позволяющие ограничивать фиксированную осадку с точностью до 0,01 мм. Фиксированную осадку Δ изменяли в диапазоне 0,1...1,8 мм. После достижения образцами заданной осадки ультразвуковые колебания отключали микровыключателем и нажимным штифтом, укрепленными на подвижной и неподвижной частях сварочной машины.

Дозирование энергии по фиксированной осадке сокращает разброс прочностных показателей СС до 5 %. Зависимость прочности СС от заданной фиксированной осадки приведена на рис. 2.

На участке *АВ* прочность растет по мере увеличения осадки до 0,6 мм, но разброс σ остается значительным. Нестабильность прочности объясняется тем, что на этом участке происходит частичная УЗС. Исследование зоны УЗС после

разрушения швов показало, что площадь схватывания при осадке $\Delta = 0,3...0,5$ мм составляет 20...80 % площади рабочего сечения волновода. Возрастание осадки до 0,6 мм ведет к общему повышению прочности и снижению разброса. На участке *ВВ* прочность шва максимальна. Разрушение СС происходит в околосшовной зоне. При осадке $\Delta > 0,9$ мм прочность СС уменьшается (участок *ВГ*).

В этом случае для предотвращения полного продавливания образцов использовали ограничитель перемещения сварочного узла. При УЗС ИК не происходит полного продавливания зоны шва. При длительном ультразвуковом воздействии шов утончается до определенного конечного значения — остаточной толщины $h_{ост} = 0,24$ мм.

При приложении статического сварочного давления до включения ультразвуковых колебаний наблюдается преимущественное утончение нетканой основы из-за уплотнения. Включение колебаний ведет к утончению свариваемого материала под волноводом вследствие расплавления, выдавливания и частичного перемешивания ПВХ-покрытия с нетканой основой. Прочность СС существенным образом зависит от остаточной толщины СС $h_{ост}$ (рис. 3). Максимальная прочность сварного шва из ИК наблюдается при $h_{ост} = 0,7...0,9$ мм.

В целях определения степени участия ПВХ-покрытия в процессе образования сварного шва измеряли толщину покрытия после УЗС с помощью микроскопа с 15-кратным увеличением. Для этого предварительно подготавлива-

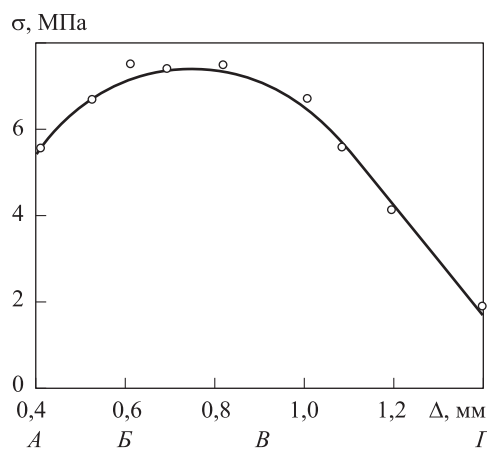


Рис. 2. Зависимость прочности σ СС от заданной фиксированной осадки Δ при $A = 30$ мкм и $p_{ст} = 2$ МПа:
 ○ — экспериментальные данные; — функция, полученная путем аппроксимации

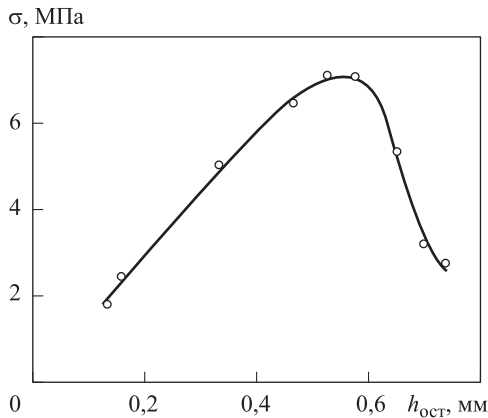


Рис. 3. Зависимость прочности σ СС от остаточной толщины СС $h_{ост}$ при $A = 25$ мкм и $p_{ст} = 2,5$ МПа: \circ — экспериментальные данные; ---- — функция, полученная путем аппроксимации

ли срезы швов. Результаты исследований показали, что толщина покрытия h_n линейно падает с ростом осадки Δ . Прочность СС повышается при снижении h_n до 0,35 мм. При дальнейшем уменьшении толщины покрытия прочность СС падает, что связано с общим утончением шва.

Исследование влияния технологических параметров режима УЗС с одновременным тиснением поверхности (времени, площади и глубины тиснения) на прочность и качество СС с тисненной поверхностью ИК. Для одновременного выполнения сварного шва и тиснения можно использовать две технологические схемы (рис. 4).

Первая схема (рис. 4, а) состоит из двух магнитострикционных преобразователей 1 и 5. Преобразователь 1, предназначенный для УЗС, установлен подвижно в вертикальной плоскости. Преобразователь 5 осуществляет тиснение лицевой поверхности детали. Во второй схеме (рис. 4, б) для УЗС и тиснения использовали один преобразователь 6 и один волновод 7. Это достигается конструкцией волновода, основанной на разнице остаточных толщин шва z и тисненной детали (рис. 5): первая на 0,6...0,9 мм меньше второй.

Наибольшую трудность представляет получение качественного рисунка при тиснении по поверхности деталей. Для этого применяли два способа. При первом рисунок (гравюру) наносили непосредственно на рабочую поверхность для ультразвукового тиснения, при втором использовали клише с гравюрой, рисунок переносили с клише на материал после достижения вязкотекучего состояния ПВХ-покрытия. Каче-

ство сварных швов и рисунков было одинаковым в обоих случаях.

Основные определяющие параметры качества швов и рисунков — их термопластичность и коэффициент диэлектрических потерь материала. В качестве испытываемого материала выбрали ИК с монолитным ПВХ-покрытием. Толщины основы ИК и ПВХ-покрытия составляли 0,6 и 0,7 мм соответственно.

Получение СС с помощью УЗС и рисунков на ИК обусловлено объемными взаимодействиями в покрытии. Обычно покрытие ИК включает в себя три слоя: основной, средний и отделочный. Основной слой, наносимый на основу, обеспечивает прочную связь между покрытием и основой, что достигается применением пластификаторов и уменьшением вяз-

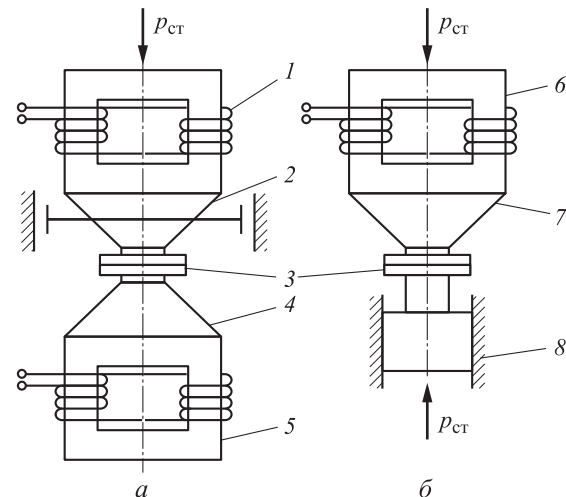


Рис. 4. Технологические схемы для УЗС с одновременным тиснением деталей из ИК: 1 и 5 — магнитострикционный преобразователь для УЗС и тиснения; 2 и 4 — волновод для УЗС и тиснения; 3 — соединяемый материал; 6 — магнитострикционный преобразователь для УЗС и тиснения; 7 — волновод для УЗС и тиснения; 8 — опора

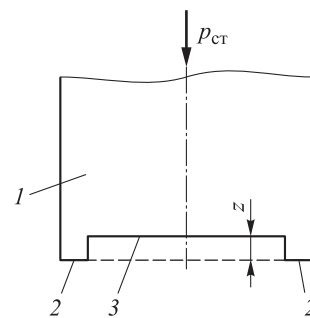


Рис. 5. Волновод для УЗС с одновременным тиснением деталей из ИК: 1 — волновод; 2 и 3 — рабочая поверхность для УЗС и тиснения

кости расплава для облегчения его проникновения в основу. Средний слой составляет по массе 40...50 % всего покрытия. Смесь для его нанесения имеет большую вязкость, чем для основного слоя, и содержит дешевые наполнители. Отделочный слой, подверженный наибольшим нагрузкам, состоит из высококачественных смесей, обеспечивающих создание сухой, нелипкой поверхности ИК [2, 10].

Процессы объемного взаимодействия вызывают образование связей между макромолекулами отделочного и среднего слоев. Наиболее интенсивно эти процессы происходят при температуре текучести. В реальных условиях при тиснении и сварке невозможно выдержать данную температуру в течение необходимого времени. Реальная температура на 50...100 К больше, чем температура текучести. Это приводит к тому, что одновременно с объемными взаимодействиями протекают процессы деструкции, влекущие за собой изменение структуры макромолекул, а следовательно, и свойств сварных деталей с тисненной поверхностью по сравнению с исходными [1, 10].

ПВХ-покрытие состоит из множества компонентов, введение которых позволяет изменить свойства ИК. Температура текучести ПВХ-покрытия находится в пределах 373...443 К. Здесь же начинается и низкотемпературное разложение ПВХ-покрытия, т. е. интервал температуры для сварки и тиснения лежит внутри такового для процессов деструкции [1]. Однако разложение полимера зависит не только от температуры и длительности ее воздействия. Поэтому с помощью высокоинтенсивных источников энергии можно сдвигать процессы деструкции в высокотемпературную область [3, 5].

С этой точки зрения наиболее приемлемым является метод УЗС с тиснением, где скорость нагрева на 2–3 порядка больше, чем у процессов деструкции в физико-химических исследованиях ПВХ-покрытия [1, 2, 6].

Исследование влияния дозирования ультразвуковой энергии по фиксированному времени тиснения на прочность деталей из ИК. Образцы из ИК размерами 100×200 мм испытывали на сдвиг на разрывной машине с климатической камерой. В случае непродолжительного воздействия на материал при тиснении ИК с

дозированием энергии по фиксированному времени, как и при УЗС ИК, наблюдался большой разброс прочностных показателей. С увеличением времени воздействия рисунок становится некачественным, а прочность оказывается значительно ниже, чем у основных образцов. За основные принимали образцы со сварным швом шириной 6 мм, полученным с помощью УЗС. Параметры режима сварки: $A = 30$ мм; $p_{ст} = 3$ МПа; $t_{св} = 0,9$ с.

Исследование влияния дозирования ультразвуковой энергии по фиксированной глубине тиснения на прочность деталей из ИК. Для этого в схему установки внесли изменения, аналогичные описанным в экспериментах по УЗС ИК. Образцы подвергали тиснению одним и тем же волноводом, площадь которого составляла 25 % площади образца. Анализ результатов экспериментов показал, что при глубине тиснения до 0,6 мм прочность уменьшается до 10 %. При дальнейшем увеличении глубины тиснения снижение прочности достигает 25...30 %.

Исследование зависимости прочности деталей из ИК от площади тиснения. Испытания проводили при глубине тиснения, равной половине толщины материала, т. е. 0,6 мм. В этом случае рост площади тиснения приводит к падению прочности. При площади тиснения, составляющей 30 % площади образца, прочность снижается на 5...6 %, а при тиснении по всей площади образца — на 30 %.

Выводы

1. Разработана технология УЗС с одновременным тиснением поверхности изделий из ИК, позволяющая получать сварные соединения с высокими прочностными показателями и эстетичным внешним видом с ограничением толщины шва в пределах 0,7...0,9 суммарной толщины покрытий или покрытия и ПВХ-подложки.

2. При УЗС ИК с одновременным тиснением поверхности изделий рекомендуется выбирать технологическую схему с двумя магнитоотрицательными преобразователями. В этом случае время тиснения равно 0,6...0,9 с, а глубина тиснения должна быть не больше половины толщины детали.

Литература

- [1] Минскер К.С., Федосеева Г.Т. *Деструкция и стабилизация поливинилхлорида*. Москва, Химия, 2002. 288 с.
- [2] Гольдберг М.М., Корюхин А.В., Кондратьев Э.К. *Покрытия для полимерных материалов*. Москва, Химия, 2003. 210 с.
- [3] Волков С.С., Шестель Л.А., Соколов В.А. Технология и оборудование для ультразвуковой сварки изделий из полиэтилентерефталатной пленки. *Сварочное производство*, 2014, № 3, с. 45–50.
- [4] Volkov S.S. The effect of conditions of ultrasound welding on the fracture force of nonwoven materials. *Welding international*, 2005, no. 19(6), pp. 484–489.
- [5] Зеер Г.М., Зеленкова Е.Г., Королева Ю.П., Михеев А.А. Диффузионная сварка через промежуточные прослойки. *Сварочное производство*, 2012, № 7, с. 17–22.
- [6] Кархин В.А. *Тепловые процессы при сварке*. Санкт-Петербург, Изд-во Политехнического университета, 2013. 646 с.
- [7] Волков С.С. *Сварка и склеивание полимерных материалов*. Москва, Химия, 2001. 376 с.
- [8] Volkov S.S. Main welding parameters of ultrasound contour welding of polyethylene vessels. *Welding international*, 2011, no. 25(11), pp. 898–902.
- [9] Volkov S.S., Shestel L.A., Sokolov V.A. Ultrasonic welding of polyamide sealing gaskets using infrared radiation. *Welding International*, 2016, vol. 30(2), pp. 150–154.
- [10] Fomenko A.F., Volkov S.S. Ultrasound welding of polymer multilayered film materials. *Welding International*, 2010, № 15(7), pp. 583–584.

References

- [1] Minsker K.S., Fedoseeva G.T. *Destruksiia i stabilizatsiia polivinilkhlorida* [Destruction and stabilization of polyvinyl chloride]. Moscow, Khimiia publ., 2002. 288 p.
- [2] Gol'dberg M.M., Koriukhin A.V., Kondrat'ev E.K. *Pokrytiia dlia polimernykh materialov* [Coatings for polymeric materials]. Moscow, Khimiia publ., 2003. 210 p.
- [3] Volkov S.S., Shestel' L.A., Sokolov V.A. Tekhnologii i oborudovanie dlia ul'trazvukovoi svarki izdelii iz polietilentereftalatnoi plenki [Technology and equipment for ultrasonic welding of products from polyethylene terephthalate film]. *Svarochnoe proizvodstvo* [Welding International]. 2014, no. 3, pp. 45–50.
- [4] Volkov S.S. The effect of conditions of ultrasound welding on the fracture force of nonwoven materials. *Welding international*, 2005, no. 19(6), pp. 484–489.
- [5] Zeer G.M., Zelenkova E.G., Koroleva Iu.P., Mikheev A.A. Diffuzionnaia svarka cherez promezhutochnye prosloiki [Diffusion welding through intermediate layers]. *Svarochnoe proizvodstvo* [Welding international]. 2012, no. 7, pp. 17–22.
- [6] Karkhin V.A. *Teplovyie protsessy pri svarke* [Thermal processes during welding]. Sankt-Petersburg, Politekhnikeskii universitet publ., 2013. 646 p.
- [7] Volkov S.S. *Svarka i skleivanie polimernykh materialov* [Welding and gluing of polymeric materials]. Moscow, Khimiia publ., 2001. 376 p.
- [8] Volkov S.S. Main welding parameters of ultrasound contour welding of polyethylene vessels. *Welding international*, 2011, no. 25(11), pp. 898–902.
- [9] Volkov S.S., Shestel L.A., Sokolov V.A. Ultrasonic welding of polyamide sealing gaskets using infrared radiation. *Welding International*, 2016, vol. 30(2), pp. 150–154.
- [10] Fomenko A.F., Volkov S.S. Ultrasound welding of polymer multilayered film materials. *Welding International*, 2010, no. 15(7), pp. 583–584.

Информация об авторах

ВОЛКОВ Станислав Степанович (Москва) — кандидат технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: map@bmstu.ru).

РОЗАНОВ Дмитрий Сергеевич (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии сварки и диагностики». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: rozanovds@rambler.ru).

ШЕСТЕЛЬ Леонид Александрович (Омск) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технология сварочного производства». Омский государственный технический университет (644050, Омск, Российская Федерация, пр-т Мира, д. 11, e-mail: weldtech@mail.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Волков С.С., Розанов Д.С., Шестель Л.А. Технология ультразвуковой сварки с одновременным тиснением поверхности искусственных кож. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2018, № 6, с. 24–31, doi: 10.18698/0536-1044-2018-6-24-31.

Please cite this article in English as:

Volkov S.S., Rozanov D.S., Shestel L.A. The Technology of Ultrasonic Welding with Simultaneous Embossing of Artificial Leather Surfaces. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 2018, no. 6, pp. 24–31, doi: 10.18698/0536-1044-2018-6-24-31.

Information about the authors

VOLKOV Stanislav Stepanovich (Moscow) — Candidate of Science (Eng.), Professor, Technology of Welding and Diagnostics Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, 105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: map@bmstu.ru).

ROZANOV Dmitriy Sergeevich (Moscow) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Technology of Welding and Diagnostics Department. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: rozanovds@rambler.ru).

SHESTEL Leonid Aleksandrovich (Omsk) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Equipment and Technology of Welding Production. Omsk State Technical University (644050, Omsk, Russian Federation, Mir Ave., Bldg. 11, e-mail: weldtech@mail.ru).



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана вышло в свет 4-е издание учебного пособия **В.П. Строгалева, И.О. Толкачевой** **«Имитационное моделирование»**

Изложены основные вопросы, связанные с построением моделей реальных систем, проведением компьютерных экспериментов на моделях и управлением этими экспериментами. Подробно рассмотрены принципы имитационного моделирования и представлен соответствующий математический аппарат с большим количеством примеров.

Содержание учебного пособия соответствует курсу лекций, который авторы читают в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов технических вузов, специализирующихся в области разработки сложных технических систем, а также для специалистов, занимающихся прикладными исследованиями, и руководителей различного рода предприятий.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;
press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru