

УДК 621.791.1

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОПРЕССОВКИ КРАЯ ОБУВНОЙ РЕЗИНКИ

В. В. РУБАНИК^{1,2}, В. Ф. ЛУЦКО¹⁺, М. М. БАЧЕК³, С. Н. ШРУБИКОВ¹, О. С. ПОПОВА¹, Д. Д. ШУРМЕЛЕВИЧ¹

¹ ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», пр.-т. Людникова, 13, 210023 г. Витебск, Беларусь.

² УО «Витебский государственный технологический университет», пр.-т. Московский, 72, 210035 г. Витебск, Беларусь.

³ СООО «Белвест», пр.-т Людникова, 10, 210026 г. Витебск, Беларусь.

Приведено описание оборудования и технологии ультразвуковой опрессовки края обувной резины, содержащей не менее 60 мас.% полимерных волокон. Определены значения основных параметров режима ультразвуковой опрессовки – силы сжатия и амплитуды колебаний рабочего торца излучателя.

Ключевые слова: ультразвуковая сварка, опрессовка, обувная резинка, акустическая система, пьезоэлектрический преобразователь, клише.

Введение

Технологический процесс производства обуви включает операцию опрессовки, предназначенную для утонения и предохранения от распускания края обувной резины после ее нарезки или разрезки путем создания между волокнами достаточно прочных связей. В настоящее время на предприятиях обувной промышленности опрессовку резины осуществляют на термопрессах нагретым инструментом, входящим в прямое соприкосновение с обрабатываемой поверхностью. Так как резинка для обуви состоит из латексной нити с оплеткой из термопластичных волокон (полипропилен, лавсан, капрон и др.) или их смеси с нетермопластичными волокнами (хлопок, вискоза, шерсть и др.), то при их нагреве выше температуры плавления происходит размягчение и оплавление материала волокон. Образовавшийся расплав под действием статического давления со стороны инструмента частично вытесняется и обволакивает нерасплавившиеся нетермопластичные волокна, что приводит к их соединению (сварке) и скреплению при охлаждении расплава. Однако, нагрев рабочего инструмента до температуры 500–550 °С, что выше температуры плавления материала (≈250 °С), приводит к термическому разрушению полимерных волокон и выделению вредных веществ, появлению окалина, нарушению поверхностного контакта инструмента и материала, изменению условий теплопередачи и, в

конечном итоге, ведет к ухудшению качества опрессовки [1]. Кроме этого, для формирования опрессованного криволинейного профиля вдоль края резины как с одной, так и со второй ее стороны требуется многократное воздействие на обрабатываемую поверхность нагретого инструмента, что обуславливает низкую производительность процесса.

С ростом использования искусственных и синтетических материалов в легкой промышленности получили развитие способы соединения, связанные с генерированием в самом материале тепловой энергии, полученной в результате преобразования других видов энергии таких, как высокочастотная и ультразвуковая. Практика показала, что нагреванию токами высокой частоты целесообразно подвергать синтетические материалы, фактор диэлектрических потерь которых не ниже 0,01 [2]. Поэтому этот способ непригоден для сварки большинства распространенных материалов, в т.ч., для материалов содержащих полиэфирные и полипропиленовые волокна, у которых фактор диэлектрических потерь, ниже указанного значения.

Наиболее перспективным из этих способов соединения является сварка волокнистых материалов ультразвуком. Физическая сущность процесса заключается в том, что термопластичные волокнистые материалы, характеризующиеся большим коэффициентом затухания колебаний, при контакте с ультразвуковым инструментом

+ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: lutsko_v@mail.ru.

способны поглощать и передавать энергию вибраций [2]. За счет трения поверхностей и внутримолекулярного трения в обрабатываемом материале происходит преобразование ультразвуковой энергии в тепловую, приводящее к нагреву материала по всей толщине, вследствие этого происходит размягчение и оплавление термопластичных волокон. Относительно низкие температуры плавления и теплопроводность полимерных волокон способствуют локализации зоны разогрева, где инструмент находится в прямом контакте с обрабатываемым материалом. В этом случае расплавленная термопластичная составляющая обволакивает ориентированные или расположенные хаотически нетермопластичные волокна, тем самым образуя прочное соединение.

Ультразвуковую сварку при приемлемой прочности сварного соединения можно осуществить на тканях, содержащих не менее 60 мас.% термопластических волокон [3]. В частности, широкое распространение получили технологии соединения термопластичных волокон ультразвуком при производстве нетканых полотен [4]. Сущность технологических процессов изготовления нетканых полотен заключается в скреплении посредством ультразвуковой сварки ориентированных или расположенных хаотически волокон холста. Однако, в текстильной промышленности при производстве изделий из тканых и нетканых полотен ультразвуковая сварка имеет очень ограниченное применение по причине низкого относительного удлинения при растяжении и высокой жесткости сварного шва по отношению к остальному материалу [5, 6]. В тоже время, нет доступной информации об использовании ультразвуковых технологий в производстве

обуви, в том числе, и для опрессовки края обувной резинки.

Цель работы – исследование и оценка возможности использования ультразвуковой опрессовки края обувной резинки в технологическом процессе производства обуви.

Материалы и методы исследования

Исследование процесса опрессовки края обувной резинки проводили на установке, созданной в ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси» совместно с УО «Витебский государственный технологический университет» и СООО «Белвест». Основными узлами разработанного оборудования (рис. 1) являются: ультразвуковой генератор, акустическая система и пневматический пресс. Генератор ультразвуковой частоты 1 (рис. 1, а) формирует колебания необходимой частоты и мощности для питания пьезоэлектрического преобразователя. Электронный генератор работает на частоте $20 \pm 0,5$ кГц и имеет максимальную выходную мощность 1200 Вт. Генератор имеет микропроцессорное управление, которое контролирует направление движения пресса, удержание резинки под давлением и включение/выключение ультразвуковой энергии. Микроконтроллер может хранить режимы цикла опрессовки, которые он использует для управления акустической системой при использовании резинок различной конфигурации. Оператор может изменить режим, чтобы выбрать изменение цикла опрессовки, введя время генерации ультразвуковых колебаний, время удержания, а также изменить различные параметры процесса.

Акустическая система состоит из установ-

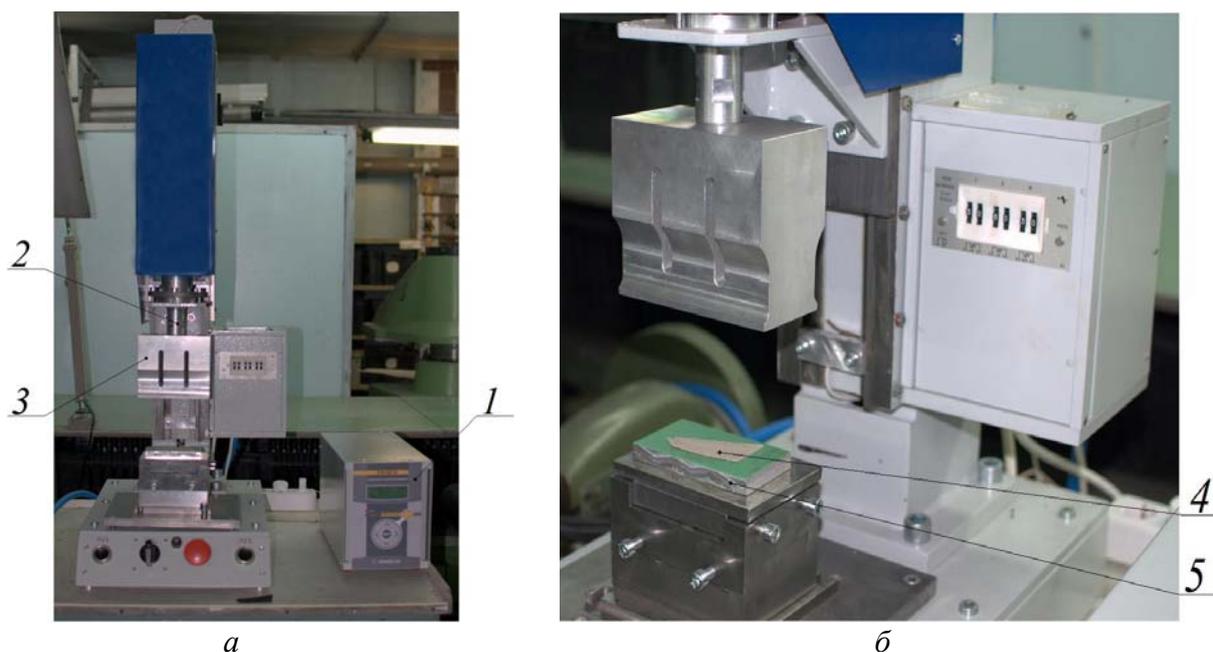


Рисунок 1 – Установка для ультразвуковой опрессовки края обувной резинки: а – общий вид, б – зона опрессовки; 1 – ультразвуковой генератор; 2 – бустер; 3 – излучатель; 4 – обувная резинка; 5 – клише

ленных соосно и последовательно соединенных между собой ультразвукового преобразователя (не показан), бустера 2 и излучателя 3. Коэффициент усиления амплитуды колебаний всей акустической системы равен произведению коэффициентов усиления бустера и излучателя.

Пневматический пресс обеспечивает подвод акустической системы к обувной резинке 4, расположенной на клише 5, и приложения к ней посредством излучателя 3 необходимого усилия опрессовки (рис. 1, б). На клише имеется выступ для формирования в процессе опрессовки по краю резинки отриска заданной формы.

Ультразвуковая опрессовка края обувной резинки осуществляется следующим образом (рис. 2). Резинка 1 размещается между клише 2 и ультразвуковым излучателем 3. Запуск цикла тиснения производится нажатием двух кнопок 4 («ПУСК») на пульте управления 5 установки. Одновременно подается напряжение на соленоид пневмораспределительного клапана (не показан), который открывает подачу сжатого воздуха в верхнюю камеру пневмоцилиндра 6, вынуждая двигаться поршневой шток 7. Последний толкает каретку 8 вместе с расположенной на ней акустической системой до тех пор, пока рабочий торец излучателя 3 с заданным усилием не прижмет заготовку 1 к клише 2. В этом положении с задержкой по времени 0,5 с производится запуск ультразвукового генератора. Генератор формирует и подает электрический сигнал частотой 19,85 кГц

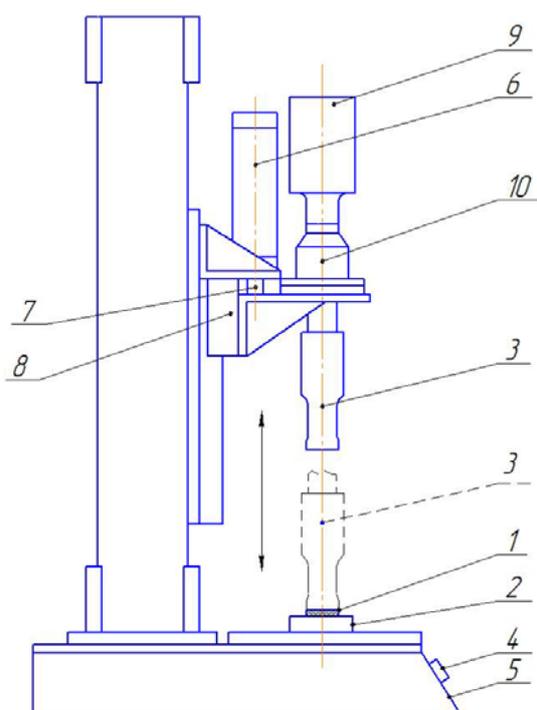


Рисунок 2 – Схема установки для ультразвуковой опрессовки края обувной резинки: 1 – обувная резинка; 2 – клише; 3 – излучатель; 4 – кнопка «ПУСК»; 5 – панель управления; 6 – пневмоцилиндр; 7 – шток пневмоцилиндра; 8 – каретка механизма перемещения; 9 – пьезоэлектрический преобразователь; 10 – бустер

мощностью 1200 Вт на пьезоэлектрический преобразователь 9, где он преобразуется в механические колебания той же частоты. Бустер 10 увеличивает амплитуду колебаний преобразователя до заданной величины и передает их на излучатель 3. Смещения рабочего торца излучателя вызывают циклическую деформацию материала резинки там, где она находится в контакте с выступом на клише. За счет диссипации энергии ультразвуковых колебаний материал резинки нагревается и его термопластичная составляющая оплавляется. В результате, резинка деформируется и утоняется по поверхности контакта с выступом на клише. После заданного времени генерации 0,3–1,8 с ультразвуковые колебания отключаются и начинается процесс охлаждения, во время которого резинка удерживается под давлением в течение 1,0 с. По окончании процесса охлаждения акустическая система возвращается в исходное состояние, а опрессованная обувная резинка удаляется из ложеента.

Результаты исследования и их обсуждение

При ультразвуковой обработке основными параметрами, непосредственно влияющими на количество подводимой к заготовке механической энергии, являются: время генерации ультразвукового импульса t (с), амплитуда колебаний рабочего торца излучателя ξ (мкм) и усилие прижима F (Н) излучателя к обрабатываемому материалу. Путем изменения одного из параметров по каждому критерию определялось его влияние на результаты опрессовки. Частота и мощность сигнала, подаваемого на преобразователь, измерялась в режиме реального времени с помощью встроенных в ультразвуковой генератор частотомера и ваттметра. Генератор также имеет функцию реле времени, что позволяет дозированно подавать ультразвуковую энергию в зону обработки. Время генерации ультразвука и усилие прижима задавали соответственно таймером и регулятором давления, а их значения регистрировалось автоматически во время процесса опрессовки. Изменение амплитуды колебаний осуществляли путем использования бустеров с различными коэффициентами усиления.

В исследовании процесса ультразвуковой опрессовки использовалась обувная резинка «STANDART» (Италия) толщиной 1,4 мм. Опресовку производили на клише 1, фотография которого вместе с обрабатываемой обувной резинкой 2 представлены на рис. 3. После опрессовки измерялось утонение резинки, равное разности ее толщины до и после обработки. Толщину резинки определяли толщиномером (микрометром) МТ 026 производства ООО «МЕТРОТЕКС». Сварку выполняли по циклу сварочное давление–ультразвук–сварочное давление. Такой цикл позволяет охлаждать сварной шов под сварочным давлением после отключения ультразвуковых колебаний, что

существенно влияет на повышение прочности соединений волокон и предотвращает их расползание в расплавленном состоянии [7]. Время охлаждения сварного шва под давлением в исследовании было неизменным и равнялось 1,0 с.



Рисунок 3 – Фотография узла опрессовки:
1 – клише; 2 – обрабатываемая обувная резинка

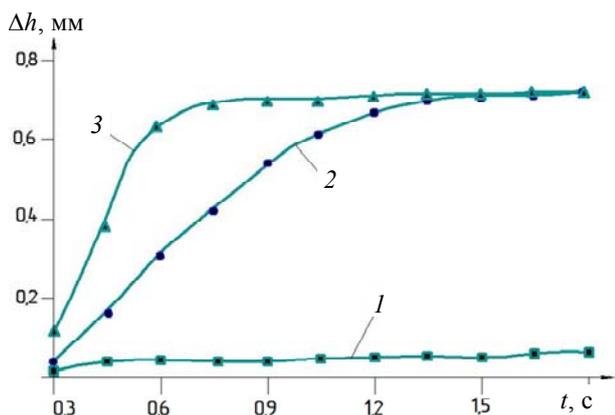


Рисунок 4 – Утонение Δh опрессованного края обувной резинки в зависимости от времени генерации ультразвуковых колебаний при разных значениях амплитуды колебаний рабочего торца излучателя: 1 – 20 мкм; 2 – 32; 3 – 40 мкм

Кривые зависимости утонения обувной резинки для заданных значений амплитуды колебаний 20, 32 и 40 мкм рабочего торца излучателя в зависимости от времени генерации ультразвуковых колебаний в процессе опрессовки приведены на рис. 4. Усилие прижима рабочего торца излучателя к резинке, при этом, оставалось неизменным и составляло 100 Н. Как видно из поведения кривых, более высоким амплитудам колебаний соответствует более короткое время 0,7 с для достижения требуемой величины утонения 0,7 мм (рис. 4, кривая 3). Увеличение времени ультразвукового воздействия более 1,5 с приводит к сильному разогреву полимера непосредственно под излучателем, что сопровождается деструкцией и появлением на опрессованной поверхности резинки прожогов. Это приводит к нарушению целостности материала резинки и ее разрушению в

процессе эксплуатации. При опрессовке с амплитудой смещения излучателя 32 мкм (рис. 4, кривая 2) требуемая величина утонения достигается за время равное 1,5 с, а при $\xi = 20$ мкм (рис. 4, кривая 1) на поверхности резинки не смог сформироваться оттиск. Очевидно, что с увеличением амплитуды смещения излучателя возрастает механическая энергия, подводимая к материалу резинки, а это приводит к более интенсивному образованию непосредственно под рабочим торцом излучателя вязкотекучей прослойки, поскольку здесь происходит максимальный разогрев материала. Под действием усилия прижима расплавленный полимерный материал вдавливается во внутренние слои материала резинки, что приводит к соединению волокон и скреплению при охлаждении расплава.

Акустический контакт между поверхностями волновода и резинки обеспечивается за счет усилия прижима. Кроме того, усилие прижима обеспечивает необходимые условия для протекания процессов объемного взаимодействия внутри материала резинки. Кривые зависимости утонения Δh опрессованного края обувной резинки в зависимости от времени генерации ультразвуковых колебаний при разных значениях усилия прижима приведены на рис. 5. Очевидно, что более высокое усилие прижима соответствует более быстрому достижению требуемого значения утонения 0,7 мм обувной резинки в процессе опрессовки (рис. 5, кривая 3). Наоборот, если усилие прижима низкое из-за недостаточного контакта следует неполная передача энергии, то есть происходит менее эффективная генерация теплоты в материале резинки, что приводит к замедлению скорости оплавления термопластичных волокон (рис. 5, кривые 1 и 2), вследствие чего, требуемое значение утонения достигается за более длительное время воздействия ультразвука на материал обувной резинки. При этом длительное воздействие ультразвука на полимерные волокна приводит к их тер-

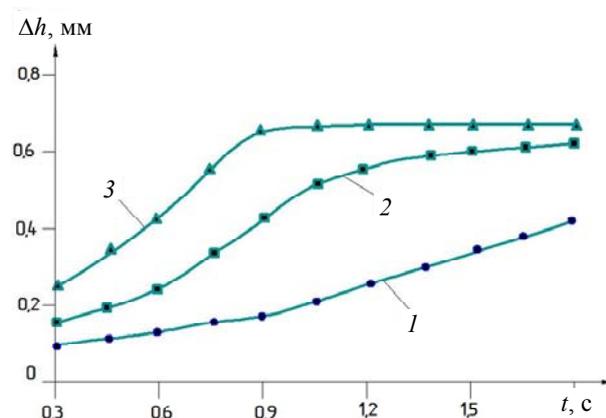


Рисунок 5 – Утонение Δh опрессованного края обувной резинки в зависимости от времени генерации t ультразвуковых колебаний при разных значениях усилия прижима F : 1 – 50 Н; 2 – 75; 3 – 100 Н

мическому разрушению и выделению вредных веществ.

Выводы

Исследования показывали, что время генерации ультразвука, усилие прижима и амплитуда колебаний являются основными параметрами, с помощью которых можно управлять процессом ультразвуковой опрессовки края обувной резинки. Преимуществом технологии опрессовки ультразвуком является оперативность, так как не требуется предварительного разогрева инструмента, как в обычных термопрессах. Запуск и остановку ультразвукового пресса можно производить в любое время. Необходимое количество тепла в материале обувной резинки генерируется в доли секунды. Разработанное оборудование позволяет с помощью сменного клише производить опрессовку края обувной резинки различной конфигурации и размеров. В отличие от опрессовки на термопрессах, где для формирования криволинейного профиля оттиска вдоль края резинки как с одной, так и со второй ее стороны требуется многократное воздействие на обрабатываемую поверхность нагретого инструмента, опрессовка на разработанном оборудовании осуществляется однократным воздействием на резинку ультразвуковым излучателем.

Внедрение разработки на СООО «Белвест»

позволило: повысить производительность процесса опрессовки в 2–3 раза, снизить энергозатраты в 8–10 раз, исключить прилипание расплавленного материала к поверхности инструмента и обеспечить равномерное оплавление по периметру и толщине обувной резинки, а также обеспечить экологическую безопасность процесса.

Литература

1. Клеткин, И.Д. Ультразвуковая сварка при изготовлении одежды: монография / Клеткин, И.Д. Крючков, Н.В. Морева, Р.Ф. [и др.]; Под ред. В.П. Полухина. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 336 с.
2. Волков, С.С. Сварка пластмасс ультразвуком / С.С. Волков, Б.Я. Черняк. – М.: Химия, 1986. – 254 с.
3. Appleby, Chelsea Katen. Development of Fabric Seaming for Clothing Using Ultrasonic Sealing Technique / Chelsea Katen Appleby // Senior Honors Theses. – 2009. – P. 229.
4. Flood, G. Ultrasonic Bonding of Nonwovens / G. Flood // Tappi Journal. – May, 1989. – P. 165.
5. Mistik, S.İ. Effect of Ultrasonic Sewing on the Seam Strength Properties of the Woven Polyester Fabric/ S.İ Mistik, Kayar, M. Koçak, E.D. Merdan // 2nd International Conference on Value Addition and Innovation in Textile, National Textile University, Faisalabad, Pakistan. N. – March 2013, №№ 18–19.
6. Reddy, Renuka Kadiri. Ultrasonic Seaming of PET, PET/Cotton Blend, and Spectra Fabrics / Renuka Kadiri. Reddy // Master's Theses and Doctoral Dissertations. – 2007. – P. 177.
7. Ghosh, S. Ultrasonic Sealing of Polyester and Spectra Fabrics Using Thermo Plastic Properties / S. Ghosh, R. Reddy // Journal of Applied Polymer Science. – 2009. – Vol. 113. – P. 1082–1089.

Rubanik V. V., Lutsko V. F., Bachek M. M., Shrubikov S. N., Popova O. S., and Shurmelevich D. D.
Technology and equipment of shoe rubber edge ultrasonic crimping.

The equipment and technology of shoe rubber edge ultrasonic crimping containing at least 60 mas.% of polymer fibers is described. The values of the basic parameters of ultrasonic crimping such as compression force and vibration amplitude of the working butt of the emitter are determined.

Keywords: ultrasonic welding, crimping, shoe rubber, acoustic system, piezoelectric transducer, cliché.

Поступила в редакцию 26.11.2015.

© В. В. Рубаник, В. Ф. Луцко, М. М. Бачек, С. Н. Шрубиков, О. С. Попова, Д. Д. Шурмелевич, 2015.