

Статья поступила в редакцию 23.03.2010 г.

SUMMARY

Article deals with the determination of fibers mixing efficiency at various stages of the technological process and comparative evaluation of the blending quality of mixtures from different composition (flax, cotton and man – made fibers).

УДК 687.05

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СОЕДИНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СТРУИ ЖИДКОСТИ

А.Г. Иванов, Д.Р. Амирханов, А.А. Угольников

В последнее время в ряде зарубежных стран выполняются исследования и создаются технологии и соответствующее оборудование для реализации принципиально новых способов соединения материалов легкой промышленности (сварка ТВЧ, склеивание, ультразвуковая сварка и др.).

На кафедре «Машины и аппараты легкой промышленности» УО «Витебский государственный технологический университет» проводятся исследования возможности сшивания материалов заклепочным швом, сущность которого заключается в том, что соединяемые материалы «прошиваются» дозированной струей жидкого полимера под высоким давлением, которое формируется в клепку, переходя при этом в твердое состояние (например, под действием инфракрасного облучения), а процесс формирования клепки заканчивается обкаткой роликами механизма транспортирования материала. Образование одной клепки – это единичный фрагмент работы машины. В конце цикла должна получиться эластичная строчка, достаточно устойчивая к механическому воздействию. Особенность предлагаемого способа заключается в том, что связующий полимер вступает в действие с материалом в жидком виде (раствор или расплав).

Разделим процесс образования клепки на два этапа. На первом этапе происходит разрушение («прошивание») материала струей полимера высокого давления. Механизм впрыска имеет камеру впрыска полимера, которая имеет сопло — насадку. Во время впрыска из сопла вырывается тонкая полимерная струя под высоким давлением, предварительно дозированная в объеме, достаточном для образования клепки. Обычно это зависит от толщины сшиваемых материалов. Достигнув материалов, струя разрушает их. Упрощенно этот процесс можно представить в виде цилиндрического тела, проходящего через материал. Вообще, теория прошивания материалов струей жидкости еще недостаточно изучена, однако можно утверждать, что при нагружении материала струей его общая деформация подчиняется закону Гука. Процесс этот протекает последовательно: мгновенно упругая деформация, далее деформация вязкого элемента и упругопластическая. Время взаимодействия струи с материалом составляет $2 \div 3 \cdot 10^{-2}$ с.

Второй этап завершает процесс соединения материалов и представляет собой формирование объемной формы клепки. Этап заканчивается, когда полимерный материал отвердевает. Это зависит от полимеризующих свойств, различных добавок – ингибиторов, применения различных облучающих устройств. Вопрос формообразования очень важен, так как от этого зависит прочность и устойчивость клепки в материале, эластичность при изгибе такого шва, целесообразность использования специальных формовочных приспособлений.

В общих чертах процесс образования клепки можно рассмотреть исходя из анализа теории разрушения материала струей жидкости.

Во-первых, представим форму клепки в материале, учитывая только силу действия струи полимера (рис.1). Можно предположить, что в начале контакта струи с материалом, он будет деформироваться в форме конуса, поэтому образуется головка клепки с ножкой диаметра D_1 . Далее также можно утверждать, что диаметр нижней части ножки D_2 будет больше D , то есть клепка будет иметь вид конусообразного штифта. Такая форма клепки будет обеспечивать требования прочности без дополнительных формирующих устройств. Конусообразная форма очевидна, т.к. любая струя жидкости не может быть бесконечно правильной цилиндрической формы и будет расширяться.

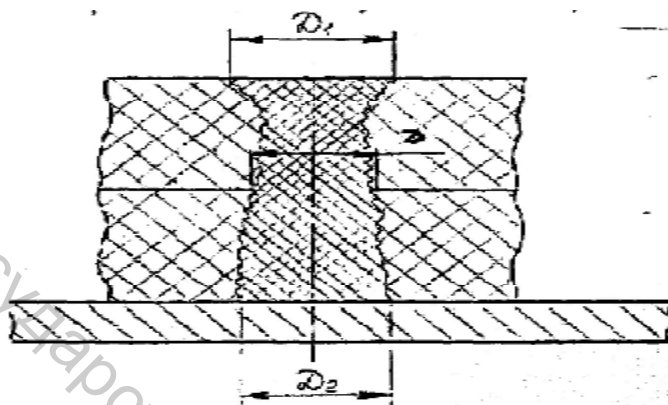


Рисунок 1 – Схема соединения материалов полимерной клепкой

Во-вторых, нетрудно представить форму клепки с учетом сил сопротивления материала, который под действием нагрузки от струи на границе контакта с материалом будет иметь микротрещины. Работа сил сопротивления деформации будет образовывать стенки с неровными краями. Этот фактор еще более увеличит устойчивость клепки в материале и прочность соединения.

Для того чтобы процесс соединения материалов высокоскоростной струей жидкости (ВСЖ) протекал эффективно, производителью и наименьшими затратами, необходимо управлять основными технологическими и конструктивными параметрами: давлением истечения жидкости p , диаметром сопла d , расстоянием L между соплом и поверхностью материала, составом жидкости. Кроме того, процесс соединения зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала и его толщины h .

Несмотря на многогранность и сложность технологического процесса, экспериментальные и теоретические работы [1,5] позволили создать достаточно обоснованную теорию проникновения ВСЖ в различные материалы. Хотя некоторые из полученных моделей, учитывающие протекающие процессы сжатия, растяжения, эрозии, сдвига, растрескивания, кавитационного износа, имеют свои границы применимости.

В работе [2] для упрощения физической модели прошивания материалов ВСЖ процесс условно разделен на две стадии. Первая характеризуется деформацией поверхности и уплотнением материала без потерь массы, вторая отличается образованием и слиянием трещин в зоне пластической деформации и максимальной скоростью уноса материала. При этом обрабатываемая поверхность претерпевает следующие изменения: пластические деформации, деформации сдвига и скалывания.

Установлено, что время t_1 деформирования материала на первой стадии разрушения можно определить по формуле:

$$t_1 = 1,42 h_{\text{уп}} / V,$$

где V – скорость струи жидкости непосредственно перед поверхностью материала, м/с;

$h_{уп}$ – вертикальное упругое перемещение поверхности материала, мм.

Полное время t_2 проникновения струи в материал на второй стадии разрушения:

$$t_2 = HR_3^2(h - h_{уп}) / (p_3 - 0.25 p_1 \lambda_f (h - h_{уп}) / (R_3 - H)) R_c^2 \cdot V 10^{-8},$$

где H – твердость материалов, НВ; R_3 – радиус эффективной струи; H – толщина обрабатываемого материала, мм; P_3 – эффективное динамическое давление струи на выходе из сопла, МПа; λ_f – коэффициент гидравлического сопротивления; R_c – радиус выходного отверстия сопла, мм.

Таким образом, изменяя величину давления рабочей жидкости или периметр сопла, т.е. изменяя величину подаваемой энергии на единицу поверхности материала, можно в каждом конкретном случае рассчитать продолжительность обработки различных материалов, а следовательно, и производительность установки.

Работа разрушения, совершаемая жидкостной струей в микрообластях зоны прошивания, происходит за счет потери ею кинетической энергии при встрече с обрабатываемым материалом.

Сила воздействия может быть определена по уравнению Бернулли:

$$P = mV,$$

где m – масса жидкости; V – скорость истечения струи из сопла.

Так как

$$m = P Q, \text{ то } P = Q \cdot \rho \cdot V,$$

где ρ – плотность жидкости; V – объемный расход жидкости.

Согласно этому уравнению сила воздействия струи на материал прямо пропорциональна скорости истечения струи из сопла.

Скорость струи в зависимости от давления может быть определена по формуле:

$$V = 14 \sqrt{\rho}.$$

Согласно этой формуле, сила воздействия струи на материал находится в прямой зависимости от давления истечения жидкости.

Кроме того, плотность струи жидкости прямо влияет на силу прошивания, т.к. струя должна обладать определенной вязкостью и способностью противостоять интенсивной аэрации струи.

Рассмотрим изменение плотности струи жидкости при прохождении через сопло. Предположим, что движение жидкости однородно по сечению сопла, а скорость направлена практически вдоль оси.

В этих условиях все величины, характеризующие течение, будут функциями только от координат вдоль оси сопла. Линейные размеры сосуда, из которого происходит истечение, предполагаются очень большими по сравнению с диаметром сопла.

Поэтому скорость жидкости в сосуде можно считать равной нулю. Уравнение Бернулли [4] для стационарного движения:

$$\omega + V^2/2 = \text{const},$$

где ω – тепловая функция (функция состояния – термодинамической системы при постоянном давлении), Дж; V – скорость жидкости; const – величина, постоянная вдоль каждой линии тока.

Учитывая, что в сосуде скорость жидкости равна нулю, выясним характер изменения вдоль линии тока плотности потока жидкости $j = \rho V$. Из уравнения Эйлера [3] имеем вдоль линии тока:

$$V dV + dp / \rho = 0,$$

где p – давление жидкости; ρ – плотность жидкости.

Количество жидкости, проходящей в единицу времени через поперечное сечение сопла, или расход:

$$Q = \rho V S,$$

где S – площадь поперечного сечения сопла.

Из закона сохранения массы следует:

$$Q = \rho V S = \text{const} \quad (1)$$

Из формулы (1) следует, что при уменьшении площади поперечного сечения плотность потока $j = \rho V$ увеличивается. Ранее было показано, что плотность потока достигает своего максимального значения. Отсюда следует, что максимальное значение плотности потока достигается в самом узком месте сопла при $S = S_{\min}$ и $Q = j^* S_{\min}$.

Если площадь выходного сечения сопла S_1 , то из уравнения [1] получим:

$$j_1 S_1 = j^* S_{\min},$$

$$j_1 = j^* S_{\min} / S_1,$$

где j_1 – плотность потока на выходе из сопла.

Таким образом, в суживающейся части сопла плотность потока j возрастает, давление падает ($dp = j dV$), скорость возрастает. При расширении потока ($ds > 0$) с начальной скоростью $V \ll c$, будет иметь место уменьшение скорости по потоку с одновременным ростом давления и плотности.

Технологические показатели прошивки, режимы и параметры работы установки находятся в прямой зависимости от качества струи и характера изменения ее гидродинамических параметров по длине, которые главным образом зависят от геометрических особенностей внутреннего профиля сопла.

В более общей постановке вопроса эффективность процесса прошивания является функцией трех групп переменных величин [4].

К первой группе относятся величины, характеризующие энергетические параметры струи – давление истечения, диаметр сопла и расстояние между соплом и обрабатываемым материалом.

Ко второй группе относятся физико-механические свойства обрабатываемого материала, характеризующие сопротивляемость материала разрушению; третья группа величин определяет объем разрушенного в зоне прошивания материала в единицу времени. К ним относятся толщина обрабатываемого материала и форма клепки.

Для практической реализации исследуемого процесса предполагается провести экспериментальные исследования по соединению широкой номенклатуры материалов, применяемых в швейной, обувной и других отраслях промышленности, с целью достижения требуемых качественных, экологических и санитарно-гигиенических показателей.

ВЫВОДЫ

Предлагаемый способ соединения материалов обладает расширенной областью применения и функционального назначения, например, для соединения материалов с плотной структурой строения и отличается от ниточного улучшенным качеством и надежностью соединительного шва.

Список использованных источников

1. Тихомиров, Р. А. Гидрорезание судостроительных материалов / Р. А. Тихомиров, Е. Н. Петухов. – Ленинград : Судостроение, 1987. – 164 с.
2. Петко, И. В. Моделирование процесса разрушения неметаллических материалов гидроструей высокого давления / И. В. Петко, Б. Г. Кедровский.

- Москва : Известие ВУЗов. Технология легкой промышленности. №4, - 1987.- 131с.
3. Холин, К. М. Основы гидравлики и гидроприводы / К. М. Холин, О. Ф. Никитин. – Москва : Машиностроение, 1989. –420 с.
 4. Степанов, Ю. С. Современные технологические процессы механического и гидроструйного процесса раскроя технических тканей / Ю. С. Степанов, Г. В. Барсуков. – Москва : Машиностроение, 2004. – 239 с.
 5. Тихомиров, Р. А. Гидрорезание неметаллических материалов / Р. А. Тихомиров, В. С. Гуенко. – Киев : Техника, 1980. – 150 с.

Статья поступила в редакцию 28.04.2010 г.

SUMMARY

The process of materials connection by using the high-speed liquid polymer under high pressure is described in this article. The feature of the offered method is that the polymer interacts with the material in the liquid condition.

For the practical realization of the investigated process the experimental investigations of the materials used in the shoe clothing industries are necessary.

УДК 677.08.02.16./022

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОМПОЗИЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ МЯГКИХ СВП-М

А.М. Карпеня

В условиях существующей экологической ситуации в Республике Беларусь перед предприятиями текстильной промышленности остро стоит проблема использования отходов производства. Текстильные отходы создают экологические проблемы, они являются многотоннажными, доля таких отходов на предприятиях составляет до 40% от используемого сырья. Значительная их часть не перерабатывается, а вывозится на свалки и полигоны. Постоянное накопление текстильных отходов оказывает негативное воздействие на окружающую среду, вследствие их горючести уровень экологической опасности постоянно возрастает.

Внедрение энергосберегающих технологий, рациональное использование местных ресурсов и отходов является важнейшим механизмом обеспечения роста конкурентоспособности выпускаемой продукции и импортозамещения.

Разработка способов формирования новых видов композиционных материалов с использованием коротковолокнистых текстильных отходов позволит значительно расширить ассортимент строительных композиционных материалов.

В отраслевой научно-исследовательской лаборатории кафедры «Прядение натуральных и химических волокон» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» совместно с ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев» разработан и запатентован новый способ получения изоляционных синтетических волокнистых плит (СВП-М) [5].

В качестве основного сырьевого компонента приняты отходы стрижки искусственного меха. Кноп стригальный – это вид отхода, образующийся в результате заключительной отделки трикотажного искусственного меха. В процессе производства искусственного меха образуется значительное количество отходов: на пригответельном участке образуется 1,5% от всего используемого сырья; на вязальном количество отходов составляет 12,9%; на швейном – 1%; на