

УДК 677.11.027.62

Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, А. Н. Бизюк

Витебский государственный технологический университет
210035, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ АДГЕЗИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СЛОИСТЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, А. Н. Бизюк, 2019

Статья посвящена выводу формулы для прогнозирования и расчета прочности адгезионного соединения слоистых текстильных материалов, полученных клеевым способом формирования. Показано, что прочность адгезионного соединения зависит от глубины проникновения полимерного связующего и свойств пряжи, таких как диаметр и разрывная нагрузка волокон.

Ключевые слова: слоистый текстильный материал, адгезия, прочность адгезионного соединения.

При формировании слоистых текстильных материалов декоративно-отделочного назначения клеевым способом с последующим соединением под давлением прижимных валов тканого полотна с нетканым материалом (бумага, флизелин) важнейшим физико-химическим явлением, сопровождающим технологический процесс, является адгезия, а показателем, характеризующим качество слоистого материала, — прочность адгезионного соединения. Адгезионная прочность зависит от структуры поверхностного слоя тканого полотна и глубины проникновения полимерного связующего [1]. Авторами работ [2], [3] предлагаются формулы для расчета прочности адгезионного соединения многослойных материалов, однако при использовании в качестве полимерного связующего клеев-растворов расчетные значения прочности не согласуются с экспериментальными. Это можно объяснить тем, что не учитывается явление проникновения раствора связующего в тканое полотно под действием капиллярных сил и давления прижимных валов.

Целью данной работы являлось получение формулы для прогнозирования и расчета прочности адгезионного соединения при формировании слоистых текстильных

материалов декоративно-отделочного назначения клеевым способом, учитывающей структуру тканого полотна и глубину проникновения полимерного связующего.

Рассмотрим разрез слоистых текстильных материалов вдоль нитей утка тканого полотна (рис. 1). На нетканый материал 1 (бумагу или флизелин) наносится раствор полимерного связующего, образующего сплошную пленку по ширине полотна. Разреженное тканое полотно, состоящее из нитей основы 2 и нитей утка 3, проходит через секцию прижимных валиков, под действием капиллярных сил и давления прижимных валов полимерное связующее проникает в тканое полотно на глубину h .

Прочность адгезионного соединения слоистых текстильных материалов (P , Н/см) с использованием разреженного тканого полотна [2]:

$$P = \frac{B \cdot R_n \cdot S_k}{L}, \quad (1)$$

где B — количество волокон приповерхностного слоя, $1/\text{см}^2$; R_n — разрывная нагрузка волокна, Н; S_k — площадь контакта ткани с полимерным связующим, см^2 ; L — ширина отрыва, см.

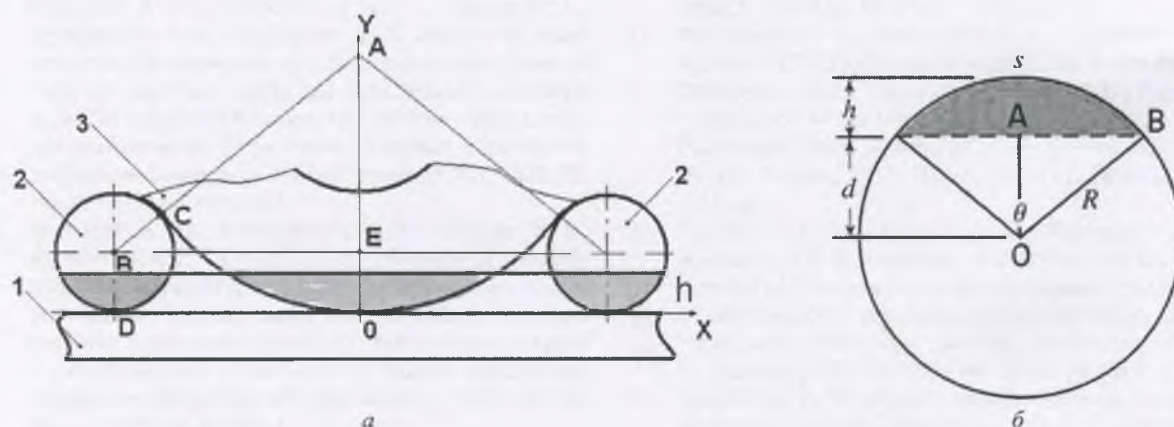


Рис. 1. Схема разреза слоистых текстильных материалов вдоль нитей утка тканого полотна

Fig. 1. The scheme of the section of layered textile materials along the weft threads of woven fabric

Рассмотрим круговой сегмент, образованный нитями утка, погруженными в полимерное связующее (рис. 1, б). Его площадь:

$$S_{\text{сегм}} = S_{\text{сект}} - S_{\Delta},$$

где $S_{\text{сект}}$ — площадь кругового сектора (ограниченного углом θ); S_{Δ} — площадь треугольника $2OAB$.

Ясно, что площадь кругового сегмента пропорциональна площади круга с коэффициентом пропорциональности $\frac{\theta}{2\pi}$ и равна

$$\pi R^2 \frac{\theta}{2\pi} = \frac{R^2 \theta}{2}$$

Из прямоугольного треугольника OAB находим

угол $\frac{\theta}{2}$

$$\frac{\theta}{2} = \arccos \frac{OA}{OB} = \arccos \left(\frac{R-h}{R} \right)$$

Найдем площадь треугольника S_{Δ} .

$$S_{\Delta} = 2S_{OAB} = OA \cdot AB = (R-h) \cdot R \sin \theta / 2$$

Если учесть, что

$$\sin(\theta/2) = \sqrt{1 - \cos^2(\theta/2)} = \sqrt{1 - \left(\frac{R-h}{R}\right)^2} = \sqrt{2R \cdot h - h^2},$$

получим формулу для расчета площади сегмента:

$$S_{\text{сегм}} = R^2 \arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) - (R-h) \sqrt{2R \cdot h - h^2}$$

Найдем суммарную площадь контакта разреженного тканого полотна с полимерным связующим S_k .

Известно расстояние между нитями основы l , диаметры нитей $\frac{d}{2} = r$ и глубина проникновения полимерного связующего h . Обозначим через R радиус AC . Рассмотрим прямоугольный треугольник AEB . Для него $AE = R-r, AB = R+r, BE = l/2$. Согласно теореме Пифагора,

$$(R+r)^2 = (R-r)^2 + (l/2)^2,$$

$$R^2 + 2R \cdot r + r^2 = R^2 - 2R \cdot r + r^2 + l^2 / 4,$$

$$4R \cdot r = l^2 / 4,$$

$$R = \frac{l^2}{16r}$$

Тогда искомая площадь контакта разреженного тканого полотна с полимерным связующим S_k .

$$S_k = 2r^2 \arccos \left(\frac{r-h}{r} \right) - 2(r-h) \sqrt{2rh - h^2} +$$

$$+ R^2 \arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) - (R-h) \sqrt{2R \cdot h - h^2}, \quad (2)$$

где $R = \frac{l^2}{16r}$

Подставляя (2) в (1) получим формулу для прогнозирования прочности адгезионного соединения слоистых текстильных материалов (Н/см):

$$P = \frac{B \cdot R_l}{L} \cdot 2r^2 \arccos \left(\frac{r-h}{r} \right) - 2(r-h) \sqrt{2rh - h^2} +$$

$$+ R^2 \arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) - (R-h) \sqrt{2R \cdot h - h^2},$$

где $R = \frac{l^2}{16r}$,

B — количество волокон приповерхностного слоя, $1/\text{см}^2$; L — ширина слоистого текстильного материала, см; r — радиус нити (пряжи), см; h — глубина проникновения полимерного связующего, см; l — расстояние между нитями основы, см.

Таким образом, определяющими адгезионную прочность факторами при формировании слоистых текстильных материалов с использованием разреженных тканых полотен, являются глубина проникновения полимерного связующего и свойства пряжи, такие как диаметр и разрывная нагрузка волокон.

Зависимость прочности адгезионного соединения при формировании слоистых текстильных материалов клеевым способом от ворсистости тканого полотна, при прочих одинаковых характеристиках, подтверждается теоретическими расчетами (12), а также экспериментальными исследованиями (рисунок 2). Характеристики выбранных тканей для расчета и экспериментального определения прочности адгезионного соединения представлены в таблице 1.

Таблица 1 Характеристики тканей

| Показатель | Ткань из льняной пряжи | Ткань из полиамидных комплексных нитей |
|--------------------------------|------------------------|--|
| Ворсистость, $1/\text{см}^2$ | 980 | 20 |
| Диаметр пряжи (нити), см | 0,1 | 0,1 |
| Разрывная нагрузка волокон, сН | 21,6 | 28,0 |
| Расстояние между нитями основы | 0,3 | 0,3 |

Как видно, при использовании для формирования слоистого текстильного материала ткани из полиамидных комплексных нитей, обладающих гладкой поверхностью, не происходит прочного адгезионного соединения слоев.

Прочность адгезионного соединения, Н/см



Рис. 2. Теоретическая и экспериментальная прочность адгезионного соединения

Fig. 2. Theoretical and experimental strength of adhesive bond

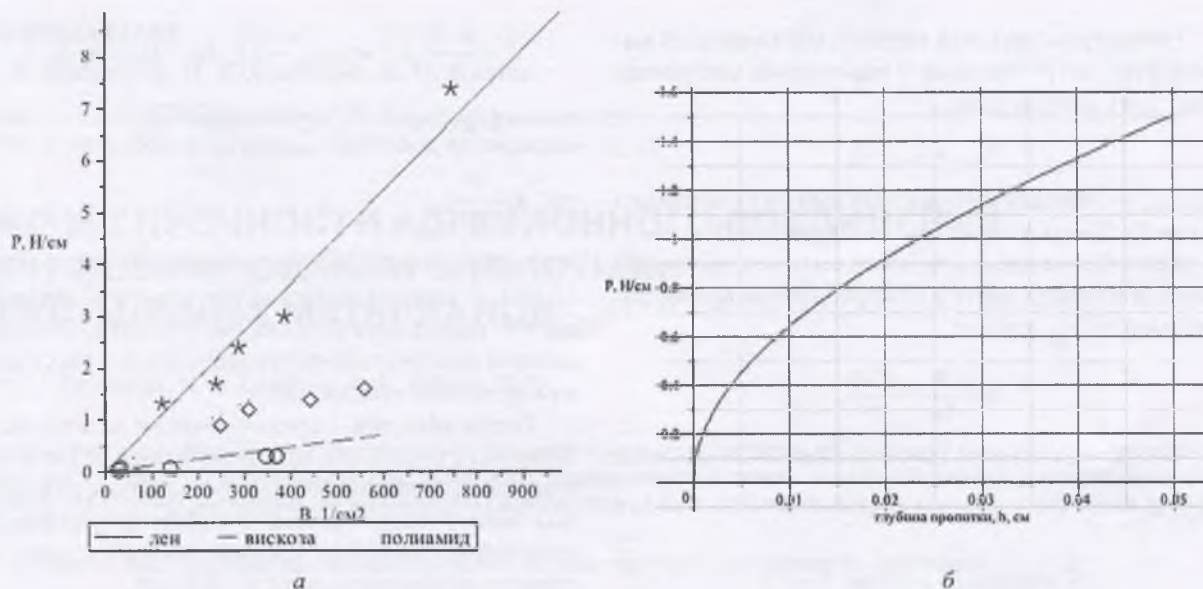


Рис. 3. Зависимость прочности адгезионного соединения от ворсистости (а) и глубины проникновения полимерного связующего (б)

Fig. 3. Dependence of the strength of the adhesive compound on the fleece (a) and the penetration depth of the polymer binder (b)

Для слоистых текстильных материалов, полученных с использованием тканых полотен из льняных, вискозных и полиамидных пряжи и нитей, построены теоретические и экспериментальные зависимости прочности адгезионного соединения от ворсистости (рис. 3, а), а также от глубины проникновения полимерного связующего в тканое полотно (рис. 3, б).

Сопоставляя теоретические и экспериментальные зависимости прочности адгезионного соединения слоистых текстильных материалов, можно видеть, что относительная ошибка составляет не более 10%. Полученная формула (12) может быть использована для прогнозирования и расчета прочности адгезионного соединения.

Список литературы

1. Ясинская Н. Н., Ольшанский В. И., Коган А. Г. Композиционные текстильные материалы // Витебск.. ВГТУ, 2016. 300 с.
2. Кузьмичев В. Е. Теория и практика процессов склеивания деталей одежды. М.: Академия, 2005. 255 с.
3. Калиновская И. Н. Определение теоретической прочности адгезионного соединения слоев текстильных настенных покрытий // Молодой ученый. 2010. № 4. С. 83–86.
4. Ясинская Н. Н., Мурычева В. В. Исследование распределения дисперсий стирол-акрилата по объему тканой основы при формировании текстильного композиционного материала // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2016. Т. 33 (№ 3) С. 36–39.

N. N. Yasinskaya, N. V. Skobova, A. N. Bizuk

Vitebsk State Technological University
210035, Belarus, Vitebsk, Moskovsky Prospekt, 72

Calculation of strength of adhesion connection for formation of layered textile materials

The article is devoted to the creation of a formula for predicting and calculating of the strength of an adhesive bonding of layered textile materials obtained by the adhesive forming method. It is shown that the strength of the adhesive compound depends on the penetration depth of the polymer binder and the properties of the yarn, such as the diameter and the breaking load of the fibers.

Keywords: laminated textile material, adhesion, strength of adhesive compound.

References

1. Yasinskaya N. N., Olshanski V. I., Kogan A. G. Kompozitsionnyye tekstilnyye materialy. [Composite textile materials]. Vitebsk. VSTU Publishing House. 2016. (in Rus.)
2. Kuzmechov V. E. Teoriya i praktika protsessov skleivaniya detaley odezhdy. [Theory and practice of the processes of gluing the details of clothing]. Moscow. 2005. (in Rus.)
3. Kalinovskaya I. N. Determination of the theoretical strength of the adhesive bonding of layers of textile wall coverings. Molodoy uchenyy. [Young scientist]. 2010. Vol. 4. 83–86 pp. (in Rus.)
4. Yasinskaya N. N., Muricheva V. V. Investigation of the distribution of styrene-acrylate dispersion by volume of a woven base when forming a textile composite material. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti. [The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry]. 2016. Vol. 33. 36–39 pp. (in Rus.)