

Корнеев С. В., *Доброногова В. Ю., Долгих В. П.
Донбасский государственный технический университет
*E-mail: kafedra.gemio@dstu.education

ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ ЗУБЧАТЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЕЗИНОТКАНЕВЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

В результате экспериментальных исследований установлено, что несущая способность изготовленных способом холодной вулканизации зубчатых соединений резинотканевой конвейерной ленты 2ШБКНЛ-65 в 1,14...1,23 раза выше, чем у аналогичных ступенчатых соединений полунхлестного типа. Величина средней прочности зубчатых соединений составляет 2,1...2,4 МПа, а ступенчатых соединений — 0,55...0,62 МПа.

Ключевые слова: конвейерная резинотканевая лента, клей, зубчатый стык, ступенчатый стык, холодная вулканизация, эксперимент, несущая способность, средняя прочность, прочность на сдвиг.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Ленточные конвейеры широко применяются во многих отраслях промышленного производства. Замкнутый тяговый орган конвейера, состоящий из отдельных поставляемых в рулонах кусков резинотканевой многопрокладочной ленты длиной от 100 до 200 м, в зависимости от их длины может иметь большое число стыков: свыше 20 на километр длины конвейера. В настоящее время наибольшее распространение получили рекомендуемые заводами-изготовителями стыки ступенчатой конструкции нахлестного (Н) и полунахлестного (П) типов. Стыковка производится способами горячей и холодной вулканизации. Наиболее привлекательными по простоте технологии являются клеевые стыки (холодная вулканизация). Ступенчатые стыки нагружаются силой натяжения ленты, действующей вдоль ленты, и поперечной силой, возникающей при изгибах на барабанах и приводящей к отрыву прокладок по склейке. Статическая прочность таких стыков при продольном нагружении, в зависимости от множества факторов, может колебаться в широких пределах. Однако даже при соблюдении всех требований технологии изготовления прочность стыка не превышает 70...75 % агрегатной прочности

целой ленты, что является их существенным недостатком [1, 2]. Прочность клеевого стыка, если исключить случайные причины разрушения, обусловленные особенностями или нарушениями технологии склеивания, по сути, определяется прочностью когезии или адгезии элементов стыка [3]. Соответственно, различают когезионное (по клею или по материалу) и адгезионное разрушения клеевого соединения. Адгезия разнородных тел определяется физическими силами межмолекулярного притяжения и адсорбции (силы Ван-дер-Ваальса). Когезия материалов определяется силами сцепления молекул полимеров между собой и также межмолекулярными силами притяжения (силы Ван-дер-Ваальса). Прочность адгезии и когезии определяется физическими и химическими свойствами клеящего вещества. При изготовлении и ремонте конвейерных лент в основном применяются двухкомпонентные клеи преимущественно немецкого производства: Nilos, TipTop, ContiTech (Германия) и др. Полимерным базисом таких клеев является полихлоропрен, растворителем — трихлорэтилен, а отвердителем — UT-R 20. Существует достаточно обоснованное представление о трехслойной структуре склейки, согласно которой в адгезиве в зоне его контакта с основой об-

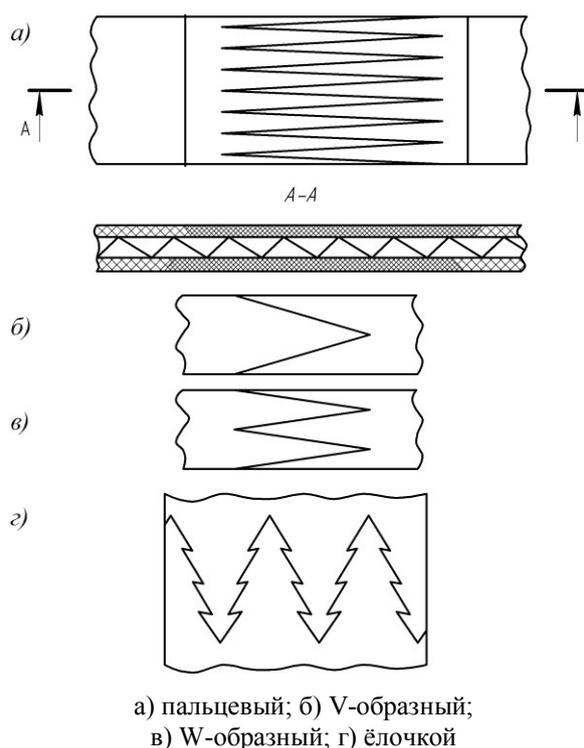
разуется промежуточный (пограничный) слой, в котором изменяется ориентация молекул и имеются незамещенные связи [4]. Именно в этом ослабленном слое при сдвиге происходит разрушение, которое часто воспринимается как адгезионное, так как адгезионный слой, остающийся на поверхности основы (на прокладке ленты), имеет весьма небольшую толщину (около 7...10 см).

Нагрузка на сдвиг распределяется вдоль клевого шва неравномерно, обычно присутствуют зоны концентрации напряжений. Например, при соединении «внахлест» концы склейки подвержены большему напряжению, чем середина. Даже значительно увеличенная длина перекрытия не дает существенного приращения прочности на разрыв. Так как максимальная нагрузка приходится на край сопряжения, то стык начинает разрушаться именно в этом месте концентрации напряжений, где превышены адгезивная или когезивная прочность клея [5]. Вид разрушения зависит от соотношения прочности адгезии и когезии материалов в данном клеевом соединении, скорости нагружения, направления разрушающего усилия и от температурно-влажностных условий нагружения. Очевидно, стыки конвейерных лент являются «слабейшим звеном» конвейера.

Основными направлениями повышения прочности вулканизированных стыков следует считать совершенствование их конструкции, технологии соединения и качества применяемых материалов, а также обоснованный выбор параметров соединений с учетом особенностей их конструкции и условий эксплуатации.

В плане конструкции для обеспечения постепенного набегания ступенчатого стыка на барабаны его выполняют косым, под некоторым углом к борту ленты.

Известны различного рода бесступенчатые профильные стыки (рис. 1), в том числе: пальцевые (обычно для лент с цельнотканым каркасом), V-образные, W-образные [2, 6], с зубцами в виде «ёлочки» [7].



а) пальцевый; б) V-образный; в) W-образный; г) ёлочкой

Рисунок 1 — Конструкции бесступенчатых профильных стыков конвейерных лент

Известны косые бесступенчатые соединения лент встык со стыкуемыми поверхностями в виде клина [5, 8, 9]. Установлено, что распределение напряжений в клиновых стыках близко к равномерному, а их прочность на 5...10 % выше прочности ступенчатых соединений равной длины. Благодаря своей технологичности клиновые соединения считаются одними из наиболее перспективных.

В качестве стыков более высокого технического уровня анонсированы бесступенчатые зубчатые вулканизированные соединения (см. рис. 2) [10–12], отличительной чертой которых является изготовление боковых поверхностей зубьев в виде клина. Иначе, боковые грани выступов наклонены под некоторым острым углом α к поверхности ленты, причем сечение зуба нормальной к продольной оси ленты плоскостью представляет собой трапецию или параллелограмм. Соединительные прослойки зубчатых стыков, находящиеся в объемном напряженном состоянии, удерживаются

живают соединяемые поверхности от отрыва одной поверхности от другой, а также, как в случае ступенчатого стыка, от относительного смещения в плоскости стыка (сдвига), т. е. работают одновременно на сдвиг и на отрыв. При этом касательные напряжения в плоскости прослойки и нормальные напряжения, перпендикулярные плоскости прослойки (отдирающие напряжения), могут оказаться величинами одного порядка. Образованные путем фрезерования выступы пилообразной формы одного конца ленты входят во впадины другого конца. Очевидно, зубчатые стыки вобрала в себя достоинства пальцевых и клиновых стыков.

Постановка задачи. За счет увеличения площади и улучшения структуры поверхностей в зубчатых соединениях конвейерной ленты при обеспечении их плотного контакта при склеивании появляется возможность повышения прочности стыка. Если прочностные параметры ступенчатых стыков достаточно хорошо исследованы, то прочность зубчатых соединений, как и механизм их разрушения, нуждается во всестороннем изучении.

В связи с этим *целью* настоящей работы является экспериментальное установление значений несущей способности, средней прочности и прочности соединительной прослойки на сдвиг зубчатых стыков, изготовленных способом холодной вулканизации, а также, для сопоставления, аналогичных ступенчатых стыков.

Объект исследования — процессы нагружения зубчатого и ступенчатого стыков резиноканевой конвейерной ленты, полученных способом холодной вулканизации.

Предмет исследования — прочностные параметры ступенчатых и зубчатых стыков конвейерной ленты.

Задачи исследования:

– установление значений несущей способности, средней прочности и прочности соединительной прослойки на сдвиг зубчатых стыков, изготовленных способом холодной вулканизации;

– сопоставление экспериментальных значений прочностных параметров зубчатых и ступенчатых стыков, полученных способом холодной вулканизации.

Методика исследования. Экспериментальные исследования основываются на нормативных документах [13, 14]. Под несущей способностью стыка σ понимаем отношение разрушающего усилия $[S]$ к ширине образца b или, что в ряде случаев удобнее, к ширине прокладки.

$$\sigma = \begin{cases} \frac{[S]}{b}, & \text{если } [S] \text{ отнесено} \\ & \text{к } b \text{ образца;} \\ \frac{[S]}{n_{\text{пр}}b}, & \text{если } [S] \text{ отнесено} \\ & \text{к } b \text{ прокладки,} \end{cases} \quad (1)$$

где $n_{\text{пр}}$ — число прокладок в ленте.

Средняя прочность стыка $[\tau]$ — отношение разрушающего усилия к площади $F_{\text{скл}}$ склеивания, т. е.

$$[\tau] = [S]/F_{\text{скл}}. \quad (2)$$

Прочность связи на сдвиг $[\tau_c]$ — предел прочности клеевой прослойки стыка при сдвиге.

Очевидно, для ступенчатых соединений типа П и Н $[\tau_c]$ равно $[\tau]$.

Площадь склеивания в стыке типа З:

$$F_{\text{скл}} = n_{\Gamma} F_{\Gamma}, \quad (3)$$

где n_{Γ} и F_{Γ} — число граней зубьев в стыке и площадь грани зуба.

Площадь грани зуба определяется по формуле

$$F_{\Gamma} = \frac{hl}{\sin\alpha}, \quad (4)$$

где h — толщина каркаса ленты, $h = n_{\text{пр}}h_{\text{пр}} + n_{\text{ск}}h_{\text{ск}}$; $n_{\text{ск}}$ — число сквиджей в ленте; $h_{\text{пр}}$ и $h_{\text{ск}}$ — толщина прокладок и сквиджей соответственно; l — длина грани зуба.

Тогда с учетом зависимостей (3), (4) и равенства $n_{\Gamma} = b/(l\sin\alpha)$ выражение (2) обретает вид:

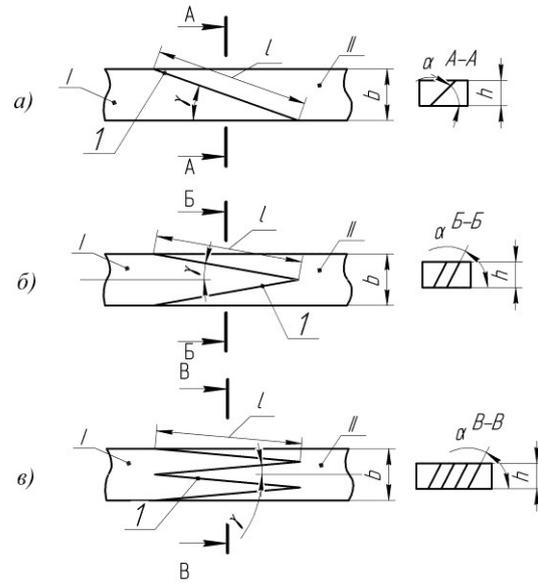
$$[\tau] = \begin{cases} \frac{\sigma \cdot \sin \alpha \cdot \sin \gamma_1}{h}, & \text{если } [S] \\ \text{отнесено к } b \text{ образца;} \\ \frac{\sigma \cdot n_{\text{пр}} \sin \alpha \cdot \sin \gamma_1}{h}, & \text{если } [S] \\ \text{отнесено к } b \text{ прокладки.} \end{cases} \quad (5)$$

Испытаниям подвергались стыки длиной до 600 мм резиноканевой конвейерной ленты 2ШБКНЛ-65 с 5-ю прокладками. При изготовлении соединений применялся двухкомпонентный клей холодного отверждения Cement SC-2000 (фирма ТР-ТОР), получивший широкое распространение в угольной промышленности. Проводились исследования несущей способности и прочности связи на сдвиг зубчатых с симметричными зубьями (поперечное сечение зуба в виде трапеции) и, для сравнения, ступенчатых соединений. В первом случае соединяемые поверхности представляют собой срез нитей основы и утка (СНОУ), а во втором — плетение нитей основы и утка (ПНОУ).

Соединения разрезались на образцы требуемой ширины. Каждый образец, кроме крайних, устанавливался в зажимах испытательной машины и нагружался растягивающими усилиями до разрушения. После испытания образца фиксировалось усилие его разрушения путем снятия показаний с отсчетного устройства.

Конструктивные схемы образцов зубчатых соединений с соединяемыми поверхностями в виде СНОУ приведены на рисунке 2, где b — ширина образца, γ_1 — угол заострения, т. е. половина угла γ при вершине треугольного выступа (зуба). На рисунке 2, а представлен образец с одной гранью (половина зуба), $b = 50$ мм; на рисунке 2, б — с двумя гранями (один полный зуб), $b = 100$ мм; на рисунке 2, в — с четырьмя гранями (два полных зуба), $b = 200$ мм.

Испытания проводятся сериями по n образцов каждого типа в партии, в данном случае $n = 5$.



а) половина зуба, $b = 50$ мм; б) один зуб, $b = 100$ мм; в) два зуба $b = 200$ мм

Рисунок 2 — Конструктивные схемы образцов соединений типа 3 с поверхностями зубьев в виде СНОУ

Результаты статистической обработки массивов реализаций σ_i ($i = 1, 2, \dots, n$) случайной величины σ , являющейся функцией случайной величины $[S]$, полученных для каждой серии образцов соединений типа 3 при угле клина α , равном 45° , и различных значениях длины грани l , отражены в таблице 1.

Среднее значение $\bar{\sigma}$, стандартное отклонение s , половина доверительного интервала $\Delta\sigma$ для математического ожидания случайной величины σ , предположительно распределенной по нормальному закону, и относительная ошибка (ξ) определялись по формулам:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i}{n}; \quad (6)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{n(n-1)}}. \quad (7)$$

$$\Delta\sigma = ts; \quad (8)$$

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

$$\xi = \frac{\Delta\sigma}{\bar{\sigma}} 100 \%, \quad (9)$$

где t — коэффициент Стьюдента, значение которого определяется числом экспериментов n и принятой доверительной вероятностью.

Нормальная к клиновой поверхности грани зуба и тангенциальная составляющие силы растяжения S_r , приходящейся на одну грань зуба в образце, определяются по формулам [15]:

$$S_{r,n} = S_r \sin \gamma_1 \sin \alpha; \quad (10)$$

$$S_{r,\tau} = S_r \sqrt{\cos^2 \gamma_1 + \sin^2 \gamma_1 \cos^2 \alpha}. \quad (11)$$

$$[\sigma_n] = \frac{[S_{r,n}]}{F_r} = \begin{cases} \frac{\sigma \sin^2 \alpha \sin^2 \gamma_1}{h}, & \text{если } [S] \text{ отнесено к } b \text{ образца;} \\ \frac{\sigma n_{\text{пр}} \sin^2 \alpha \sin^2 \gamma_1}{h}, & \text{если } [S] \text{ отнесено к } b \text{ прокладки,} \end{cases} \quad (13)$$

$$[\tau_c] = \frac{[S_{r,\tau}]}{F_r} = \begin{cases} \frac{\sigma \sin \alpha \sin \gamma_1}{h} \cdot \frac{\sqrt{\cos^2 \gamma_1 + \sin^2 \gamma_1 \cos^2 \alpha}}{h}, & \text{если } [S] \text{ отнесено к } b \text{ образца;} \\ \frac{\sigma n_{\text{пр}} \sin \alpha \sin \gamma_1}{h} \cdot \frac{\sqrt{\cos^2 \gamma_1 + \sin^2 \gamma_1 \cos^2 \alpha}}{h}, & \text{если } [S] \text{ отнесено к } b \text{ прокладки.} \end{cases} \quad (14)$$

Разрушающая сила, приходящаяся на один зуб, равна

$$[S_r] = \begin{cases} \sigma / \sin \gamma_1, & \text{если } [S] \\ & \text{отнесено к } b \text{ образца;} \\ \sigma n_{\text{пр}} / \sin \gamma_1, & \text{если } [S] \\ & \text{отнесено к } b \text{ прокладки.} \end{cases} \quad (12)$$

Отсюда, из выражений (10) и (11), с учетом зависимостей (4) и (12) определяются соответствующие разрушению образца нормальные $[\sigma_n]$ и тангенциальные $[\tau_c]$ напряжения в клеевой прослойке стыка типа 3 с соединяемыми поверхностями в виде СНОУ:

Таблица 1

Результаты статистической обработки массивов экспериментальных значений несущей способности σ_i образцов соединений типа 3 ленты 2ШБКНЛ-65

| Конструкция и параметры используемых образцов соединений | Длина грани зуба, l , мм | Угол заострения γ_1 , град | Среднее значение несущей способности, $\bar{\sigma}$, Н/мм ширины прокладки | Половина доверительного интервала $\Delta\sigma$ для математического ожидания несущей способности, Н/мм | Относительная погрешность, ξ , % |
|--|----------------------------|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| рис. 1, а, $b = 50$ мм | 100 | 30° | 57,5 | 2,15 | 3,74 |
| | 300 | 9°33' | 155,5 | 5,64 | 3,63 |
| | 500 | 5°45' | 231,3 | 7,94 | 3,43 |
| | 700 | 4°6' | 299,8 | 4,66 | 1,55 |
| рис. 1, б, $b = 100$ мм | 100 | 30° | 56,2 | 1,85 | 3,29 |
| | 300 | 9°33' | 150,0 | 4,88 | 3,25 |
| | 500 | 5°45' | 221,5 | 9,67 | 4,37 |
| | 700 | 4°6' | 291,4 | 5,01 | 1,72 |
| рис. 1, в, $b = 200$ мм | 100 | 30° | 55,7 | 1,41 | 2,53 |
| | 300 | 9°33' | 142,6 | 2,92 | 2,05 |
| | 500 | 5°45' | 219,2 | 3,41 | 1,56 |
| | 700 | 4°6' | 288,3 | 3,02 | 1,05 |

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Из приведенных формул (10–14), после подстановки в них вместо σ экспериментальных значений $\bar{\sigma}$, получим соответствующие им средние сериальные значения величин $[S_{г.л}]$, $[S_{г.т}]$, $[\sigma_n]$, $[\tau_c]$, что подразумевается и в дальнейшем. Если при этом разрушение связующих элементов стыка происходит при их сдвиге, то прочность связующего слоя определяется величиной $[\tau_c]$, а если при отрыве, то величиной $[\sigma_n]$. Характер разрушения определяется визуально. Во всех рассмотренных случаях стыки разрушались при сдвиге.

Результаты расчета, полученные для конструкции образца, приведенной на рисунке 2, a ($b=50$ мм, $\alpha=45^\circ$, $n_{пр}=5$, $h_{пр}=h_c=1$ мм), отражены в таблице 2. Аналогичная картина наблюдается и при большем числе граней.

Углы α и γ_1 определяют: 1) соотношение нормальной $[S_{г.л}]$ и тангенциальной $[S_{г.т}]$ составляющих разрушающей нагрузки $[S_{г}]$; 2) площадь склеивания $F_{г}$; 3) как результат — нормальное и тангенциальное напряжения в клеевой прослойке стыка

типа 3, одно из которых является предельным по условию прочности стыка.

При малых значениях γ_1 , в данном случае при $\gamma_1=4^\circ 6'$, прочность стыка составляет 92,2 % от агрегатной прочности ленты, что значительно выше среднестатистических значений прочности ступенчатых стыков.

По мере уменьшения углов α и γ_1 значения $F_{г}$ и $[S_{г.т}]$ возрастают, причем $F_{г}$ возрастает быстрее, что приводит к некоторому снижению прочности на сдвиг $[\tau_c]$. Убывание $[\tau_c]$ можно объяснить возрастанием степени неравномерности нагружения стыка при малых значениях углов.

На рисунке 3 представлена схема соединения ступенчатой конструкции полунхлестного типа для пятипрокладочной ленты 2ШБКНЛ-65.

Для определения прочности связи на сдвиг образцы изготавливались также с учетом рекомендаций, изложенных в [13, 14].

В таблицах 3 и 4 представлены результаты исследований несущей способности и средней прочности соединений конвейерной ленты 2ШБКНЛ-65 типов 3 и П.

Таблица 2

Расчетные показатели прочности зубчатого соединения типа 3 конвейерной ленты 2ШБКНЛ-65

| Длина соединения, l , мм | Несущая способность, $\bar{\sigma}$, Н/мм ширины образца | Среднее значение средней прочности стыка $[\bar{\tau}]$, МПа | Разрушающая сила, отнесенная к одной грани зуба, $[S_{г.л}]$, кН | Площадь одной грани зуба, $F_{г}$, мм ² | γ_1 , град | $[S_{г.л}]$, кН | $[S_{г.т}]$, кН | $[\sigma_n]$, МПа | $[\tau_c]$, МПа |
|----------------------------|---|---|---|---|-------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| 100 | 57,5 | 2,26 | 2,87 | 1272 | 30° | 1,01 | 2,69 | 0,8 | 2,14 |
| 300 | 155,5 | 2,04 | 7,77 | 3811 | 9°33' | 0,92 | 7,70 | 0,24 | 2,02 |
| 500 | 231,3 | 1,82 | 11,56 | 6354 | 5°45' | 0,82 | 11,55 | 0,13 | 1,82 |
| 700 | 299,8 | 1,68 | 14,99 | 8923 | 4°6' | 0,76 | 14,97 | 0,05 | 1,68 |

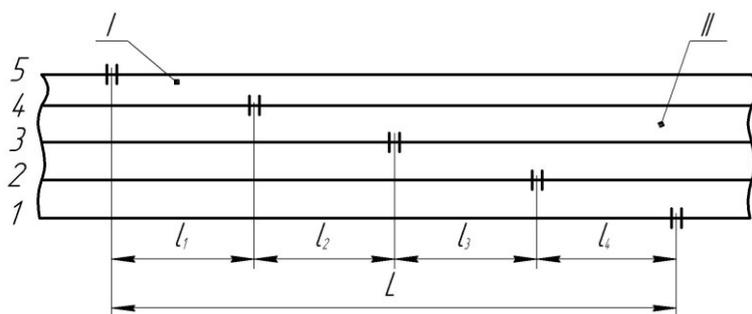


Рисунок 3 — Конструктивная схема ступенчатого соединения типа П пятипрокладочной ленты

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Таблица 3

Экспериментальные значения несущей способности соединений конвейерной ленты 2ШБКНЛ-65

| № схемы соединения, тип соединения | Длина соединения, l , мм | Несущая способность, σ , Н/мм ширины прокладки | Доверительные границы случайной погрешности, $\pm\Delta\sigma$, Н/мм | Относительная погрешность, ξ , % |
|------------------------------------|----------------------------|---|---|--------------------------------------|
| рис. 2, в, 3 | 100 | 76,2 | 6,2 | 8,2 |
| | 300 | 199,9 | 6,3 | 3,2 |
| | 500 | 219,0 | 6,9 | 3,1 |
| рис. 3, П | 100 | 61,8 | 5,3 | 8,5 |
| | 300 | 165,6 | 4,2 | 2,5 |
| | 500 | 192,8 | 7,7 | 4,0 |
| | целая лента | 238,0 | 7,5 | 3,1 |

Таблица 4

Экспериментальные значения средней прочности соединений конвейерной ленты 2ШБКНЛ-65

| Конструкция и параметры используемых образцов соединений | Длина соединения, l , мм | Средняя прочность, $[\tau_c]$, МПа | Доверительные границы случайной погрешности, $\pm\Delta\tau$, МПа | Относительная погрешность, ξ , % |
|--|----------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1 (рис. 2, в), 3 | 100 | 2,4 | 0,12 | 5,0 |
| | 300 | 2,1 | 0,10 | 4,8 |
| 2 (рис. 3), П | 100 | 0,62 | 0,04 | 6,5 |
| | 300 | 0,55 | 0,06 | 10,9 |

Выводы и направление дальнейших исследований. Анализ результатов исследований, приведенных в таблицах 1–4, показывает, что несущая способность зубчатых соединений конвейерной ленты 2ШБКНЛ-65, полученных способом холодной вулканизации, в 1,14...1,23 раза выше, чем несущая способность аналогичных ступенчатых соединений полунахлестного типа. Величина

средней прочности $[\tau_c]$ зубчатых соединений составляет 2,1...2,4 МПа, тогда как ступенчатых соединений полунахлестного типа — 0,55...0,62 МПа.

Дальнейшие исследования будут направлены на определение прочностных параметров зубчатых соединений наиболее распространенных резиноканевых конвейерных лент.

Список источников

1. Пасечный Ф. В., Подопригра Ю. А. Исследование прочности различных видов соединений резиноканевых конвейерных лент // Шахтный и карьерный транспорт. М. : Недра. 1980. № 5. С. 29–31.
2. Прушак В. Я., Миранович О. Л. Оценка эффективности соединений конвейерных лент // Вестник БНТУ. 2006. № 4. С. 18–22. EDN SCXVRX
3. ГОСТ Р 56977-2016. Композиты полимерные. Классификация типов разрушения клеевых соединений. М. : Стандартинформ, 2016. 19 с.
4. Калиниченко М. Л., Долгий Л. П., Калиниченко В. А. Технология склеивания: теория, практика, материалы. Минск : БНТУ, 2021. 187 с.
5. Реутов А. А. Конструкции и расчет соединений резиноканевых конвейерных лент : монография. Брянск : БГТУ, 1997. 64 с.
6. Способ разделки концов резиноканевых конвейерных лент и устройство для его осуществления : пат. 2001332 РФ / В. П. Дунаев, Н. Г. Заворотнов, Ю. А. Подопригра [и др.] ; № 4928937 ; заявл. 22.04.1991; опубл. 15.10.1993. Бюл. № 37-3.

7. Стыковое соединение конвейерной ленты : а. с. SU 1638398 / Л. И. Чугреев, И. А. Джимиев ; № 4434657/27 ; заявл. 01.06.1988 ; опубл. 30.03.1991, Бюл. № 12. EDN ICYRNT

8. Исследование бесступенчатой конструкции стыка резиноканевой ленты, средств его выполнения и способов повышения работоспособности : отчет о НИР. № гос. рег. 79008213. Брянск, 1980. 87 с.

9. Рубин М. А. Напряжения в клеевой прослойке клиновидного стыка резиноканевых конвейерных лент // Изв. вузов. Машиностроение. 1983. № 5. С. 93–96.

10. Способ соединения конвейерных лент : а. с. 1548075 СССР / В. И. Кузьменко, Е. Х. Завгородний, А. В. Переселков, Т. Н. Бородин ; № 4451867/31-05 ; заявл. 30.06.1988 ; опубл. 07.03.1990, Бюл. № 9. EDN MWKZVO

11. Спосіб з'єднання конвеєрних стрічок : пат. 41552A Україна / В. І. Кузьменко, В. Ю. Доброногова ; № 2000020684 ; заявл. 08.02.2000 ; опубл. 17.09.2001, Бюл. № 8.

12. Спосіб з'єднання конвеєрних стрічок : пат. 51459A Україна / В. І. Кузьменко, В. Ю. Доброногова ; № 2002042729 ; заявл. 05.04.2002 ; опубл. 15.11.2002, Бюл. № 11.

13. ГОСТ 14759-69. Клеи. Метод определения прочности при сдвиге. М. : Изд-во стандартов, 1970. 6 с.

14. ГОСТ 14760-69. Клеи. Метод определения прочности при отрыве. М. : Изд-во стандартов, 1986. 6 с.

15. Корнеев С. В., Доброногова В. Ю., Долгих В. П. Упрощенный метод расчета геометрических параметров зубчатых соединений резиноканевых конвейерных лент // Наукоёмкие технологии и оборудование в промышленности и строительстве. 2023. Вып. 2 (76). С. 5–11. EDN NSWJQE

© Корнеев С. В., Доброногова В. Ю., Долгих В. П.

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. ГБП ДонГТУ Леоновым А. А., к.т.н., доц., зав. каф. общинженерных дисциплин СИПИМ ЛГУ им. В. Даля Сафоновым В. И.

Статья поступила в редакцию 01.04.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Корнеев Сергей Васильевич, д-р техн. наук, профессор каф. горных энергомеханических систем Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

Доброногова Виктория Юрьевна, канд. техн. наук, доцент, зав. каф. горных энергомеханических систем Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия, e-mail: kafedra.gemio@dstu.education

Долгих Виталий Павлович, канд. техн. наук, доцент каф. горных энергомеханических систем Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

Korneev S. V., *Dobronogova V. Yu., Dolgikh V. P. (Donbass State Technical University, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia, *e-mail: kafedra.gemio@dstu.education)

STRENGTH TESTS OF ADHESIVE TEETH JOINTS OF FABRIC-PLY BELTS

As a result of experimental researches, it has been found that the load-bearing capacity of teeth joints of fabric-ply belt 2ShBKNL-65 made by cold vulcanization method is 1,14...1,23 times higher than that of similar step joints of semi-overlapping type. The value of medium-strength of teeth joints is 2,1...2,4 MPa, and of step joints — 0,55...0,62 MPa.

Key words: fabric-ply belt, adhesive, teeth joint, stepped joint, cold vulcanization, experiment, load-bearing capacity, medium-strength, shear strength.

References

1. Pasechnyi F. V., Podoprigora Yu. A. Investigating the strength of different joint types of the fabric-ply belts [Issledovanie prochnosti razlichnykh vidov soedinenij rezinotkanevykh konvejernykh lent]. *Shahtnyj i kar'ernyj transport*. M. : Nedra. 1980. No. 5. Pp. 29–31. (rus)
2. Prushchak V. Ya., Miranovich O. L. Evaluation of conveyor belt joint efficiency [Ocenka effektivnosti soedinenij konvejernykh lent]. *Repository BNTU*. 2006. No. 4. Pp. 18–22. EDN SCXVRX (rus)
3. GOST P 56977-2016. Polymer composites. Classification of adhesive joint failure types. M. : Standartinform. 2016. 19 p.
4. Kalinichenko M. L., Dolgiy L. P., Kalinichenko V. A. Adhesive technology: theory, practice, materials [Kompozity polimernye. Klassifikaciya tipov razrusheniya kleevykh soedinenij]. Minsk : BNTU. 2021. 187 p. (rus)
5. Reutov A. A. Designs and calculation of joints of fabric-ply belts: a monograph [Konstrukcii i raschet soedinenij rezinotkanevykh konvejernykh lent: monografiya]. Briansk : BSTU. 1997. 64 p. (rus)
6. Dunaev V. P., Zavorotnov N. G., Podoprigora Yu. A. [et al.]. Method for splitting the fabric-ply belts ends and device for its realization : Patent 2001332 the Russian Federation : No. 4928937 ; submitted 22.04.1991 ; published 15.10.1993, Bulletin No. 37-3.
7. Chugreev L. I., Dzhimiev I. A. Conveyor belt butt jointing : a. s. SU 1638398. No. 4434657/27 ; submitted 01.06.1988 ; published 30.03.1991, Bulletin No. 12. EDN ICYRNT
8. Investigation of stepless design of fabric-ply belt joint, means of its fulfillment and ways to increase its working capacity : research work report No. of SR 79008213. Briansk. 1980. 87 p.
9. Rubin M. A. Stresses in the adhesive layer of the wedge-shaped joint of fabric-ply belts. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*. 1983. No. 5. Pp. 93–96. (rus)
10. Kuz'menko V. I., Zavgorodnij E. H., Pereselkov A. V., Borodina T. N. Method of connecting conveyor belts : a. s. 1548075 USSR ; No. 4451867/31-05 ; submitted 30.06.88 ; published 07.03.90, Bulletin No. 9. EDN MWKZVO
11. Kuz'menko V. I., Dobronogova V. Yu. Method of connecting conveyor belts : Patent 41552A Ukraine ; No. 2000020684 ; submitted 08.02.2000 ; published 17.09.2001, Bulletin No. 8.
12. Kuz'menko V. I., Dobronogova V. Yu. Method of connecting conveyor belts : Patent 51459A Ukraine ; No. 2002042729 ; submitted 05.04.2002 ; published 15.11.2002, Bulletin No. 11.
13. GOST 14759-69. Adhesives. Method for determining shear strength. M. : Izd-vo standartov. 1970. 6 p.
14. GOST 14760-69. Adhesives. Method for determining tensile strength M. : Izd-vo standartov. 1986. 6 p.
15. Korneev S. V., Dobronogova V. Yu., Dolgikh V. P. Simplified method for calculating the geometric parameters of teeth joints of fabric-ply belts. *Knowledge-intensive technologies and equipment in industry and building*. 2023. Iss. 2 (76). Pp. 5–11. EDN NSWJQE

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Korneev Sergey Vasiliyevich, Doctor of Technical Science, Professor of the Department of Mining Energy-mechanical Systems
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

Dobronogova Viktoriya Yuriyevna, PhD in Engineering, Assistant Professor, Head of the Department of Mining Energy-mechanical Systems
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia
e-mail: kafedra.gemio@dstu.education

Dolgikh Vitaliy Pavlovich, PhD in Engineering, Assistant Professor, Department of Mining Energy-mechanical Systems
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia