

УДК 621.85.052.44

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРИВОДНЫХ ЗУБЧАТЫХ РЕМНЕЙ МЕТОДОМ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА

Канд. техн. наук, доц. БАХАНОВИЧ А. Г.

Белорусский национальный технический университет

Основными параметрами технологического процесса производства резинотехнических изделий, и в частности приводных зубчатых ремней, являются давление прессования, температура и продолжительность вулканизации [1, 2].

Давление прессования. Передача окружного усилия от зубьев к несущему слою ремня осуществляется посредством механохимических адгезионных сил, возникающих в процессе вулканизации на границе «несущий слой – эластомер».

Давление прессования p обуславливает прочность адгезионных связей $\sigma_{ад}$, наличие или отсутствие пористостей и раковин, т. е. монолитность готового изделия.

От величины $\sigma_{ад}$ зависят несущая способность и долговечность ремня.

Между p и $\sigma_{ад}$ существует регрессионная связь. Это обусловлено тем, что несущий слой (корд) не является монолитным стержнем, а представляет собой совокупность элементарных стержней (проволок, волокон). Величина $\sigma_{ад}$ зависит от степени проникновения наполнителя (резины) между проволоками или волокнами. Чем выше p , тем больше заполнение сечения корда резиной и площадь их соприкосновения.

Для определения оптимального уровня p были проведены экспериментальные исследования. Согласно [3] $\sigma_{ад}$ определяется усилием F , необходимым для выдергивания несущего слоя из образцов, представляющих собой фрагменты ремня (рис. 1).

Для металлокордов 5Л15 и 7Л12 $F \geq 50$ Н, для 15Л15 и 12Л12 – $F \geq 150$ Н.

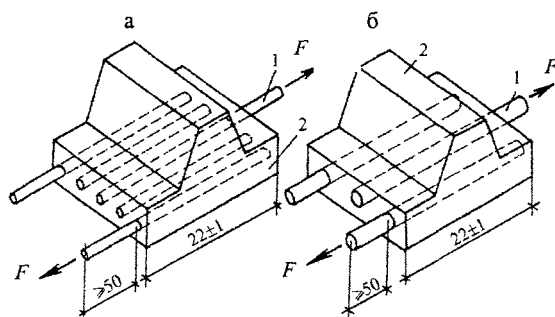


Рис. 1. Образцы ремней для определения прочности адгезии: а – ремень с металлокордом 5Л15; б – ремень с металлокордом 15Л15; 1 – несущий слой; 2 – фрагмент ремня

Практически F определяется на машине растяжения, снабженной специальными тисками для закрепления оголенных тросов. При раздвигании захватов с тисками фиксируют пиковое значение F , которое соответствует разрушению адгезионного соединения.

Величину $\sigma_{ад}$ рассчитывают по зависимости

$$\sigma_{ад} = F / \pi d_k L, \quad (1)$$

где d_k – наружный диаметр корда; L – длина завулканизированного участка корда.

Исследования проводились с помощью специального корпуса пресс-формы (рис. 2), имеющего хордальное сверление в центральной части формы. В отверстие устанавливался манометр, представляющий собой подпружиненный шток и размещенный в орбитальном корпусе. Свободный конец штока взаимодействовал с индикатором перемещений часового типа ИЧ-1.

Давление в пресс-форме варьировали изменением количества резиновой смеси, заклады-

ваемой в пресс-форму, изменением сечения дросселирующих отверстий, а также регулированием усилия сжатия плит пресса.

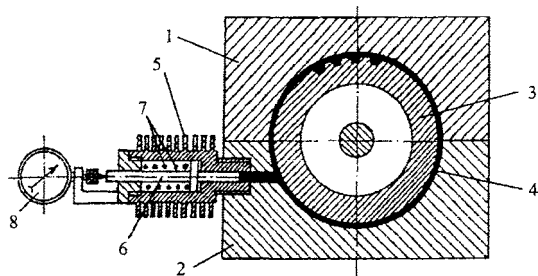


Рис. 2. Схема измерения давления прессования: 1, 2 – верхняя и нижняя полуформы; 3 – зубчатый сердечник; 4 – заготовка ремня; 5 – манометр; 6 – шток; 7 – пружина; 8 – индикатор перемещений

Объектом исследований являлись ремни модуля $m = 3$ мм с числом зубьев $z_p = 48$. Материал наполнителя – резина 1453, полученная на базе хлоропренового каучука. Обладка – ткань арт. 56320, пропитанная клеем № 420 или резиновой смесью 1453. Несущий слой – металло-трос 5Л15, 15Л15.

Таким образом, были исследованы четыре типа образцов: 1 – 5Л15 + 420; 2 – 5Л15 + 1453; 3 – 15Л15 + 420; 4 – 15Л15 + 1453.

Исследования показали, что вначале $\sigma_{ад}$ нелинейно возрастает с увеличением p . После заполнения эластомером всего объема несущего слоя $\sigma_{ад}$ стабилизируется и дальнейшее увеличение p не приводит к изменению $\sigma_{ад}$ (рис. 3).

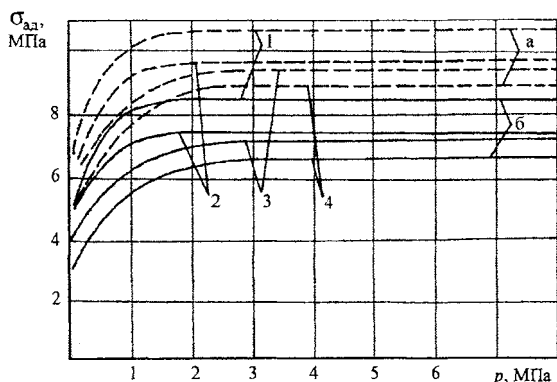


Рис. 3. Зависимость прочности адгезии от давления прессования: а – ремень с металлокордом 15Л15; б – ремень с металлокордом 5Л15; 1–4 – образцы ремней

Анализ полученных зависимостей $\sigma_{ад} = f(p)$ показывает, что получение $\sigma_{ад \max}$ возможно при условии $p \geq 4$ МПа. Реализация такого уровня p

осуществляется при прессовании ремня жесткими элементами или секторами [4, 5].

Температура вулканизации. Большинство резинотехнических изделий вулканизируют при температуре 140–170 °С [6].

Использование более высоких температур позволяет сократить продолжительность вулканизации и, следовательно, повысить производительность труда. Так, повышение температуры на 10 °С позволяет сократить продолжительность вулканизации почти в два раза [7]

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = K^{\left(\frac{t_2 - t_1}{10}\right)}, \quad (2)$$

где τ_1 – продолжительность вулканизации при температуре t_1 ; τ_2 – продолжительность вулканизации при температуре t_2 ; K – температурный коэффициент скорости вулканизации ($K \approx 2$).

Однако для резин, используемых для производства ремней, при температуре свыше 140 °С наблюдается ухудшение физико-механических свойств готового изделия. Связано это с тем, что в процессе вулканизации наряду с основным процессом – образованием поперечных связей между макромолекулами каучука и пространственной вулканизационной сетчатой структуры – происходят химические процессы циклизации и модификации полимерных цепей, перегруппировка вулканизационных связей, термическая и окислительная деструкция цепей полимера (рис. 4) [7, 8]. Наступает перевулканизация (реверсия) вулканизата.

Продолжительность вулканизации. Оптимальность техпроцесса производства ремней определяется наименьшей продолжительностью вулканизации, при которой достигаются наибольшие значения основных физико-механических свойств вулканизата – прочности при растяжении, сопротивления истиранию, устойчивости к старению (рис. 4) [7, 8].

При исследовании механических характеристик каучуков и резины было установлено, что такие показатели, как сопротивление раздиру, образованию и разрастанию усталостных трещин при циклическом нагружении, оказываются более высокими у недовулканизированных образцов [7, 8]. Авторы объясняют это явление тем, что в процессе эксплуатации резинотехнических изделий тепловая энергия, образующая-

ся внутри вулканизата за счет внутреннего трения и механохимических процессов, сначала расходуется на завершение процесса вулканизации до оптимального уровня образования полимерных цепей и вулканизационных связей, а уже затем активизирует, поддерживает или ускоряет процессы термодеструкции и механического разрушения полимерного материала.

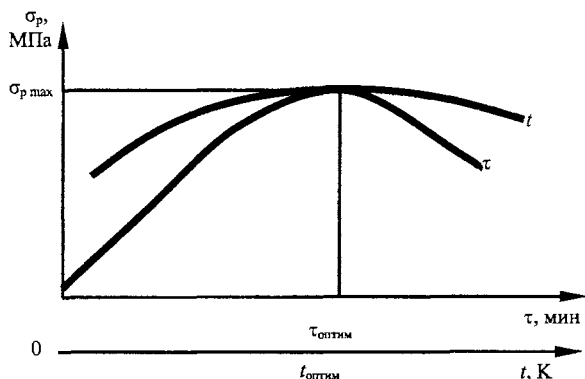


Рис. 4. Зависимость прочности ремня при растяжении от времени и температуры вулканизации

В данном случае должна увеличиться долговечность изделия.

Для экспериментальной проверки влияния продолжительности вулканизации на долговечность были изготовлены две опытные партии (по 10 шт.) ремней, используемых в приводе бытовой кухонной машины. Среда вулканизации – жесткие прессующие сектора; давление вулканизации – 5 МПа; температура вулканизации – 140 °С; продолжительность вулканизации ремней из первой партии – 20 мин, второй – 17 мин.

Ремни были подвергнуты промышленным ресурсным испытаниям на кухонных машинах в заводских условиях. Средний срок службы ремней из первой партии составил 120 ч, из второй партии – 200 ч.

Определим зависимость между продолжительностью испытаний и числом циклов нагружения зубьев ремня. Ремень является неразрывным, совершающим циклические пробег по контуру передачи между ведущим и ведомым шкивами. За один пробег отдельно взятый зуб ремня испытывает по одному нагружению на обоих шкивах. Зацепление зубьев не допускает упругого скольжения и проскальзывания ремня.

Таким образом, произведение частоты вращения шкива на отношение длины окружности шкива к длине ремня представляет собой количество нагружений отдельно взятого зуба ремня в минуту на соответствующем шкиве, которые обозначим N_1 и N_2 :

$$N_1 = n_1 \frac{\pi d_1}{t_p z_p}; \quad N_2 = n_2 \frac{\pi d_2}{t_p z_p}, \quad (3)$$

где n_1, n_2 – частота вращения ведущего и ведомого шкивов соответственно, мин^{-1} ; t_p – шаг зубьев ремня, мм; z_p – число зубьев ремня; d_1, d_2 – делительный диаметр ведущего и ведомого шкивов соответственно, мм.

Суммарное количество нагружений отдельно взятого зуба ремня в минуту на обоих шкивах равно

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2 = n_1 \frac{\pi d_1}{t_p z_p} + n_2 \frac{\pi d_2}{t_p z_p} = \frac{\pi(n_1 d_1 + n_2 d_2)}{t_p z_p}. \quad (4)$$

Учитывая, что

$$t_p = \pi m; \quad n_2 d_2 = n_1 d_1; \quad d_1 = m z_1,$$

где m – модуль зубчато-ременного шкива, мм; z_1 – число зубьев ведущего шкива, получим

$$N_{\Sigma} = \frac{\pi(n_1 d_1 + n_2 d_2)}{t_p z_p} = \frac{2 \pi n_1 m z_1}{\pi m z_p} = \frac{2 n_1 z_1}{z_p}. \quad (5)$$

Общее число циклов нагружения отдельно взятого зуба ремня за время испытаний

$$N_{\text{ц}} = \frac{2 n_1 z_1 t}{z_p}, \quad (6)$$

где t – общая продолжительность ресурсного испытания, мин.

Частота вращения ведущего шкива исследуемой зубчато-ременной передачи $n_1 = 10000 \text{ мин}^{-1}$, число зубьев ведущего шкива $z_1 = 12$, число зубьев ремня $z_p = 90$, средний ресурс ремней из первой партии $t_1 = 7200$ мин, второй – $t_2 = 12000$ мин.

Следовательно, долговечность ремней из первой партии составила $N_{\text{ц1}} = 1,92 \cdot 10^7$ циклов, второй – $N_{\text{ц2}} = 3,2 \cdot 10^7$ циклов.

ВЫВОДЫ

1. Оптимизация режима технологического процесса является эффективным средством по-

вышения долговечности приводных зубчатых ремней.

2. Реализация технологического процесса производства зубчатых ремней с оптимизацией режима по параметрам давление, температура и время вулканизации позволила увеличить долговечность ремней на 67 % и снизить трудозатраты на 10 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баханович А. Г., Скойбеда А. Т. Зубчато-ременные передачи. – Мн.: БНТУ, 2005. – 364 с.
 2. Резниковский М. М., Лукомская А. И. Механические испытания каучука и резины. – М.: Химия, 1968. – 500 с.

3. ОСТ 3805227–81. Передачи зубчатым ремнем: Метод расчета. – М.: НИИРП, 1981. – 23 с.
 4. Скойбеда А. Т., Баханович А. Г., Баханович И. Г. Прогрессивная импортозамещающая технология производства приводных зубчатых ремней из отечественных материалов // Вестник БНТУ. – 2003. – № 3. – С. 38–42.
 5. А. с. 1481076. СССР, МКИ⁵ В29 С35/02. Устройство для изготовления резиновых зубчатых ремней / А. Т. Скойбеда, А. Г. Бондаренко и др.; Бел. политехн. ин-т. – №3685817/23–05; Заявл. 03.01.84; Опубл. 23.05.89. Бюл. № 19 // Открытия. Изобретения. – 1989. – № 19. – С. 67.
 6. Кошелев Ф. Ф., Корнев А. Е., Буканов А. М. Общая технология резины. – М.: Химия, 1978. – 528 с.
 7. Белозеров Н. В. Технология резины. – М.: Химия, 1979. – 472 с.
 8. Лукомская А. И., Евстратов В. Ф. Основы прогнозирования механического поведения каучуков и резин. – М.: Химия, 1975. – 360 с.

УДК 621.923

ОСОБЕННОСТИ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ РОЛИКОВ С БОЧКООБРАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Канд. техн. наук КРИВКО Г. П., асп. ЧЕРЕЙ Д. А.

Белорусский национальный технический университет

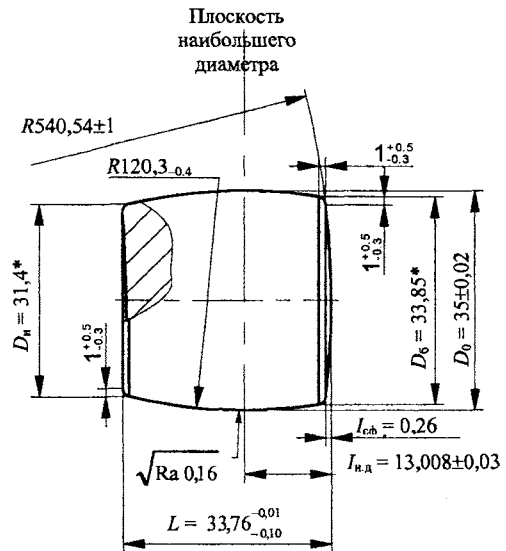
Анализ исследовательских работ и производственного опыта [3] показывает, что процесс суперфиниширования деталей с переменными поперечным и продольным сечениями, например бочкообразного ролика (рис. 1), имеет проблемный характер. Проблема заключается в том, что при суперфинишировании брусок, перемещаясь вдоль оси бочкообразной поверхности, в каждый момент времени контактирует с разной кривизной обрабатываемой поверхности. Исследуем кривизну бочкообразной поверхности в продольных плоскостях, в которых совершают движение абразивные зерна при суперфинишировании.

В любом поперечном сечении ролика, удаленном от плоскости наибольшего диаметра на расстояние x_i (рис. 2), уменьшение его радиуса составляет величину

$$\Delta y_{обр} = R_{обр}(1 - \cos \alpha_i), \quad (1)$$

где $R_{обр}$ – радиус образующей; $\alpha_i = \arcsin \frac{x_i}{R_0}$;

R_0 – радиус ролика в наибольшем сечении.



* Размеры для справок

Наименование параметра	Допустимые отклонения по ТУ, мкм
Гранность	5
Волнистость	–
Биеение торца	4
Овальность	2

Рис. 1. Ролик