



УДК 669.

DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-83-88

Поступила 17.01.2019

Received 17.01.2019

ЗАВИСИМОСТЬ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОКОРДА ОТ РАЗНЫХ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНЫХ КОМПАУНДОВ

О. Н. ХРОЛ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: fmi.czl@bmz.gomel.by

Одним из наиболее важных показателей качества металлокорда является прочность сцепления его с компаундом, т. е. адгезионная прочность. Это связано с тем, что величина адгезионной прочности существенно влияет на эксплуатационные характеристики шин.

В статье проанализировано, как применение разных методов испытаний по определению адгезионной прочности и использование компаундов разных потребителей влияют на величину адгезии металлокорда. Рассмотрены и проведены сравнения трех методов испытаний разных потребителей, выявлены особенности каждого из методов. Проведены испытания с применением разных методов и компаундов разных потребителей. Определены факторы, влияющие на величину адгезионной прочности.

Ключевые слова. Адгезия, адгезионная прочность, сплошность покрытия, металлокорд, компаунд, пресс-форма, резинокордный блок, глубина заделки, вулканизация.

Для цитирования. Хрол, О. Н. Зависимость адгезионных свойств металлокорда от разных методов испытаний и применения разных компаундов / О. Н. Хрол // Литие и металлургия. 2019. № 1. С. 83–88. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-83-88.

THE DEPENDENCE OF THE ADHESIVE PROPERTIES OF THE STEEL CORD FROM THE DIFFERENT TEST METHODS AND APPLICATION OF VARIOUS COMPOUNDS

O. N. KHROL, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail fmi.czl@bmz.gomel.by

One of the most important indicators of the quality of the metal cord is the strength of its adhesion to the compound, i.e. adhesive strength. This is due to the fact that the value of adhesive strength significantly affects the performance of tires.

The article analyzes how the use of different test methods could determine the adhesive strength and the use of compounds of different consumers affect the amount of adhesion of the metal cord. Three methods of testing of different consumers are considered and compared, the features of each method are revealed. Tests were carried out using different methods and compounds of different consumers; the factors affecting the value of adhesive strength were determined.

Keywords. Adhesion, adhesive strength, continuity of coating, metal cord, compound, mold, rubber cord block, depth of sealing, vulcanization.

For citation. Khrol O. N. The dependence of the adhesive properties of the steel cord from the different test methods and application of various compounds. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 1, pp. 83–88. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-83-88.

Адгезия компаунда к латунированному металлокорду возникает в результате реакции между латунным покрытием поверхности металлокорда и составляющими резиновой смеси в процессе вулканизации [1].

На уровень адгезии влияют множество факторов, таких, как состав латунного покрытия проволоки, способ нанесения покрытия, общая толщина слоя латуни; конструкция металлокорда; качество поверхности металлокорда (наличие остаточной смазки, загрязнений); состав компаунда; применяемый метод испытания (тип пресс-формы, глубина заделки металлокорда, режим вулканизации, условия проведения испытания) [1].

Рассмотрим влияние применения методов разных потребителей на величину адгезионной прочности.

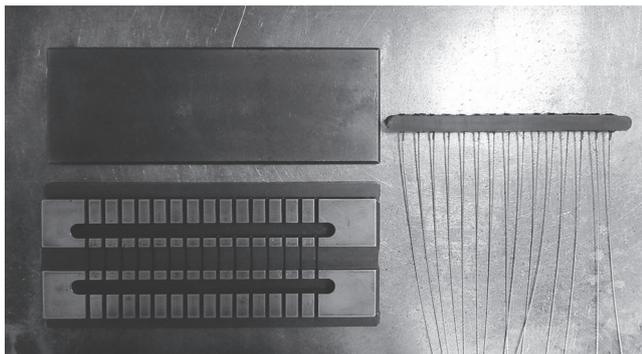


Рис. 1. Пресс-форма и готовый резинокордный блок метода ASTM D 2229

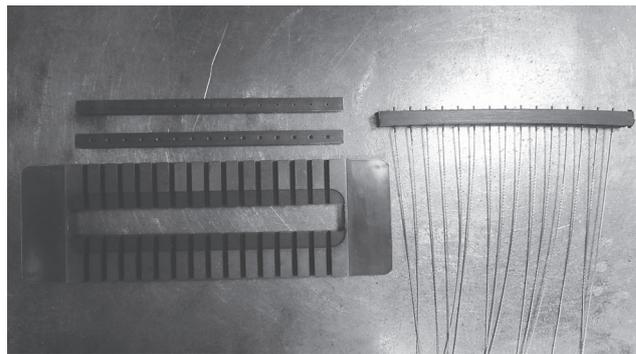


Рис. 2. Пресс-форма, пластины с проходными отверстиями и готовый резинокордный блок метода потребителя № 1

Чтобы исключить влияние всех остальных факторов, испытания проводили с использованием единого образца металлокорда конструкции $3 \times 0,20 + 6 \times 0,35$ НТ производства БМЗ, и компаунда потребителя № 1. Образец металлокорда нарезали по 15 отрезков для каждого метода для получения 15 единичных значений адгезионной прочности.

Использовали три стандартных метода определения адгезионной прочности, применяемых для аттестации металлокорда на соответствие требованиям потребителей. Все методы основаны на извлечении (вытягивании) металлокорда из блока вулканизированной резины и фиксации требующейся для этого нагрузки.

Сборка резинокордного блока, количество используемого компаунда, условия проведения испытаний проводятся в соответствии с применяемыми методами; режим вулканизации, условия и время выдержки вулканизированных блоков перед испытанием – в соответствии с условиями применения компаунда потребителя № 1.

Каждый метод имеет свои особенности, которые оказывают влияние на величину адгезионной прочности.

Первый метод – международный стандарт ASTM D 2229 (стандартный метод испытания сцепления металлокорда с резиной шины).

Вид пресс-формы и готовый к испытанию резинокордный блок показаны на рис. 1.

Пресс-форма имеет пазы фиксированной ширины, в которые укладываются образцы металлокорда. В канавку пресс-формы с двух сторон от металлокорда помещают полосы сырой резины, масса которой соответствует применяемому методу. Ширина канавки пресс-формы (глубина заделки металлокорда в компаунд) составляет 12,5 мм.

В процессе вулканизации излишки компаунда вытекают из пресс-формы через пазы, неравномерно наплывая вокруг образцов металлокорда. После завершения вулканизации резинокордный блок извлекают из пресс-формы. Обрезка металлокорда производится с верхней стороны блока заподлицо, с нижней стороны удаляются излишки резины, вытекающей через пазы пресс-формы.

При проведении испытания на адгезионную прочность резинокордный блок помещают в специальный держатель; центровка образца производится вручную.

Преимуществом данного метода является простота в применении.

Второй метод – метод, применяемый потребителем № 1 (МВИ 840-ЦЗЛ-173. Испытание на прочность связи с резиной металлокорда и проволоки (адгезионная прочность)).

Вид пресс-формы, пластины с проходными отверстиями заданного диаметра и готовый к испытанию резинокордный блок представлены на рис. 2.

Пластины располагают с двух сторон внутри канавки пресс-формы и при сборке резинокордного блока металлокорд проходит через проходные отверстия в пластинах. В канавку пресс-формы с двух сторон от металлокорда помещают полосы сырой резины, масса которой соответствует применяемому методу. Ширина канавки пресс-формы (глубина заделки металлокорда в компаунд) составляет 12,5 мм.

Одна из двух пластин имеет отверстия со снятой фаской. Благодаря этому формируются конические желобки вокруг образцов металлокорда при вытекании компаунда в процессе вулканизации. Наличие пластин с отверстиями заданного диаметра затрудняет вытекание компаунда, что позволяет получить более высокую плотность вулканизированного блока.

Обрезка металлокорда производится с верхней стороны блока (металлокорд без конического желобка) на расстоянии $3,5 \pm 1$ мм от поверхности блока.

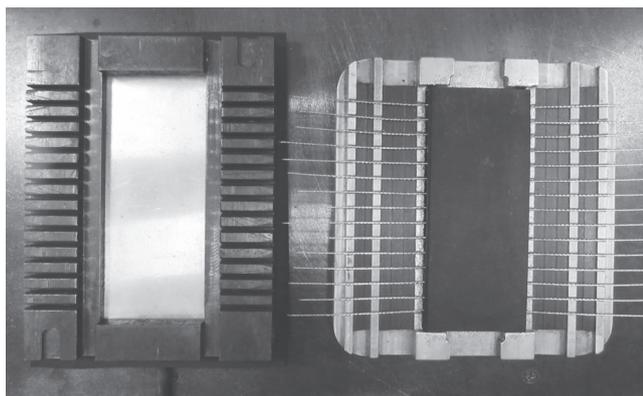


Рис. 3. Пресс-форма для вулканизации, пресс-форма предварительной сборки и готовый резинокордный блок метода потребителя № 2

При проведении испытания на адгезионную прочность блок помещают в держатель, который обеспечивает центровку образцов и равномерность распределения напряжений вокруг каждого образца.

Особенности данного метода: возможность получения резинокордного блока большей плотности; наличие на образце металлокорда конического желобка из компаунда, а также конструктивная особенность держателя позволяют равномерно распределить напряжения, возникающие в зоне испытания и, тем самым, способствовать увеличению адгезионной прочности; метод наиболее трудоемок по сравнению с другими рассматриваемыми здесь методами.

Третий метод – метод, применяемый потребителем № 2 (МВИ 840-ЦЗЛ-173. Испытание на проч-

ность связи с резиной металлокорда и проволоки (адгезионная прочность)).

Вид пресс-формы для вулканизации, пресс-формы для предварительной сборки и резинокордный блок показаны на рис. 3.

Сборка резинокордного блока производится в предварительной пресс-форме. Размеры вырезаемых полос сырой невулканизированной резины должны соответствовать размерам полости внутри пресс-формы. Две половины одного образца металлокорда укладываются на полосу компаунда с двух сторон; величина заделки в данном случае составляет 12,5 мм. Затем сверху помещают вторую полосу компаунда.

После сборки блок переносится в пресс-форму для вулканизации. Для дополнительного уплотнения резинокордного блока в рабочей пресс-форме используются картонные прокладки, подается сжатый воздух в полость пресс-формы.

При определении адгезии оба конца одного образца металлокорда закрепляются в захватах разрывной машины. При приложении нагрузки из блока вырывается часть образца, имеющая худшее сцепление с компаундом и, таким образом, оценка адгезии происходит по наименьшему результату.

Особенностью данного метода является то, что при вулканизации не происходит вытекание компаунда, блок после извлечения из пресс-формы не зачищается и образцы не деформируются, что способствует получению стабильных результатов уровня адгезии. Этот метод требует большего внимания и аккуратности при сборке резинокордного блока.

По окончании испытаний были определены плотности всех блоков по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где ρ – плотность резинового блока, г/мм³; m – масса резинового блока, г; V – объем резинового блока, мм³.

Плотность резиновых блоков составила:

- по методу ASTM D 2229 (глубина заделки 12,5 мм) – 0,00120 г/мм³;
- по методу потребителя № 1 – 0,01314 г/мм³;
- по методу потребителя № 2 – 0,00121 г/мм³.

Самая высокая плотность резинового блока получена при применении метода потребителя № 1, при методах ASTM D 2229 и потребителя № 2 плотность блока в 10 раз меньше.

Результаты испытаний по определению адгезии разными методами приведены в табл. 1 и показаны на рис. 4.

Т а б л и ц а 1. Результаты испытаний по определению величины адгезионной прочности разными методами

| Металлокорд конструкции 3×0,20 + 6×0,35 НТ; компаунд потребителя № 1 | | | | | | |
|--|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|
| n = 15 | метод ASTM D 2229 (глубина заделки 12,5 мм) | | метод потребителя № 1 (глубина заделки 12,5 мм) | | метод потребителя № 2 (глубина заделки 12,5 мм) | |
| | адгезия, Н | сплошность покрытия, % | адгезия, Н | сплошность покрытия, % | адгезия, Н | сплошность покрытия, % |
| Среднее | 1041 | 98 | 1207 | 98 | 634 | 94 |
| Минимум | 975 | 95 | 1142 | 95 | 593 | 90 |
| Максимум | 1118 | 100 | 1244 | 100 | 684 | 95 |
| СКО | 46,595 | 2,440 | 34,821 | 2,440 | 27,516 | 2,289 |

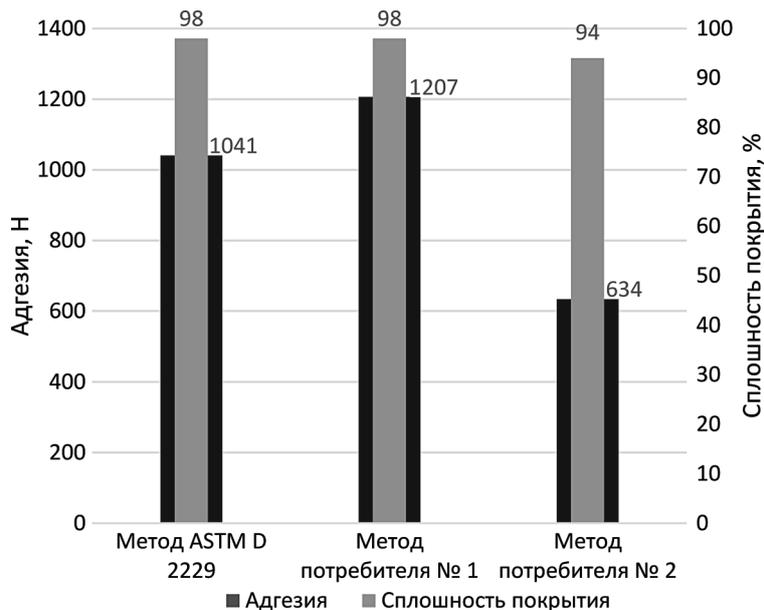


Рис. 4. Средние величины адгезионной прочности и сплошности покрытия при разных методах испытаний

Сравнивая средние величины адгезионной прочности, видно, что наименьший результат (634 Н) составил 52,5% от наибольшего (1207 Н), т. е. величина адгезионной прочности при применении метода потребителя № 2 в 2 раза меньше, чем при применении метода потребителя № 1. Метод ASTM D 2229 показал также некоторое снижение адгезионной прочности (1041 Н), которое составило 86%.

Низкие значения адгезионной прочности по методу потребителя № 2 в сравнении с другими рассматриваемыми здесь методами, вероятно, еще связаны и с иным расположением образца металлокорда внутри резинового блока, отсутствием специального держателя при проведении испытания и другими особенностями.

Еще одним показателем качества сцепления компаунда с металлокордом является сплошность покрытия компаундом поверхности металлокорда после выдергивания его из вулканизированного блока. При оценке средней величины сплошности покрытия при применении разных методов испытаний разница не так значительна и составляет 4% между наименьшим (94%) и наибольшим (98%) результатами. Снижение этого показателя произошло при использовании метода потребителя № 2.

Следует еще обратить внимание на такой показатель, как среднее квадратичное отклонение (СКО), которое дает возможность оценить разброс значений измерения адгезии, полученных при применении каждого метода. В данном случае среднее квадратичное отклонение (σ) выражается формулой:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_{15} - \bar{x})^2}{15}}, \text{ Н.}$$

где $x_1 \dots x_{15}$ – единичные значения адгезионной прочности, Н; \bar{x} – среднее арифметическое единичных значений адгезионной прочности, Н.

СКО составило:

- для метода ASTM D2229 – 46,6 Н;
- для метода потребителя № 1 – 34,8 Н;
- для метода потребителя № 2 – 27,5 Н.

Высокое значение СКО при использовании метода ASTM D 2229 указывает на повышенный разброс значений по адгезии в сравнении с другими методами, что, вероятно, связано с неравномерным вытеканием излишков компаунда из пресс-формы во время вулканизации.

При прочих равных условиях испытания (единый образец металлокорда и тип компаунда, одинаковая глубина заделки металлокорда, режима вулканизации блоков) наибольшее влияние на результат адгезии оказывают вид и плотность получаемого блока, которые напрямую зависят от типа пресс-формы, условий сборки и испытания резинокордного блока, т. е. от применяемого метода.

Некоторые потребители, используя один и тот же метод испытания, указывают различную глубину заделки металлокорда в компаунд. Как влияет глубина заделки на величину адгезии, видно из табл. 2 и рис. 5.

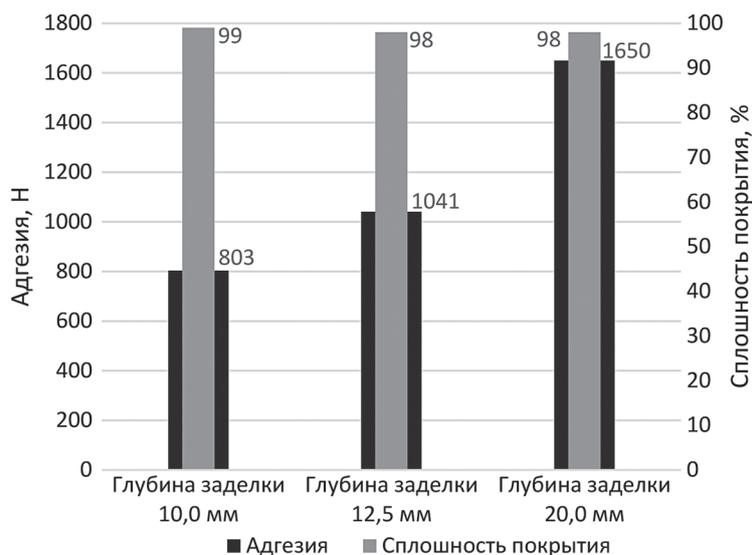


Рис. 5. зависимость величины адгезии и сплошности покрытия от глубины заделки

Т а б л и ц а 2. Результаты испытаний по определению величины адгезионной прочности при различной глубине заделки

| Металлокорд конструкции 3x0,20 + 6x0,35 НТ; компаунд потребителя № 1 | | | | | | |
|--|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|
| n = 15 | метод ASTM D 2229 (глубина заделки 12,5 мм) | | метод ASTM D 2229 (глубина заделки 10,0 мм) | | метод ASTM D 2229 (глубина заделки 20,0 мм) | |
| | адгезия, Н | сплошность покрытия, % | адгезия, Н | сплошность покрытия, % | адгезия, Н | сплошность покрытия, % |
| Среднее | 1041 | 98 | 803 | 99 | 1650 | 98 |
| Минимум | 975 | 95 | 737 | 95 | 1577 | 95 |
| Максимум | 1118 | 100 | 876 | 100 | 1745 | 100 |
| СКО | 46,595 | 2,440 | 38,407 | 1,759 | 46,166 | 2,440 |

Испытания проводили с использованием металлокорда конструкции 3x0,20 + 6x0,35 НТ производства БМЗ, компаунда потребителя № 1 и метода ASTM D 2229.

Из полученных результатов испытаний видно, что величина адгезии растет пропорционально увеличению глубины заделки, среднее квадратичное отклонение составляет 38,4–46,6 Н и соответствует данному методу испытаний.

Сплошность покрытия остается неизменной, что в данном случае говорит об одинаковых условиях формирования резинокордных блоков. На это указывает и одинаковая плотность резиновых блоков после вулканизации, которая составила:

- для блока с глубиной заделки 10,0 мм – 0,00119 г/мм³;
- для блока с глубиной заделки 12,5 мм – 0,00120 г/мм³;
- для блока с глубиной заделки 20,0 мм – 0,00123 г/мм³.

Рассмотрим, как влияет на уровень адгезии использование компаундов разных потребителей.

Для исключения каких-либо других факторов, которые могут повлиять на результаты испытаний, были выбраны единый образец металлокорда конструкции 3x0,20 + 6x0,35 НТ производства БМЗ и единый метод испытания ASTM D 2229, описанный выше.

Использовали компаунд пяти потребителей.

Результаты испытаний приведены в табл. 3, 4, а также на рис. 6.

Т а б л и ц а 3. Результаты испытаний по определению величины адгезионной прочности при использовании компаундов потребителей № 1, 2, 3

| Металлокорд конструкции 3x0,20 + 6x0,35 НТ; метод испытания ASTM D 2229 | | | | | | |
|---|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|
| n = 15 | компаунд потребителя № 1, метод ASTM D 2229 (глубина заделки 12,5 мм) | | компаунд потребителя № 2, метод ASTM D 2229 (глубина заделки 12,5 мм) | | компаунд потребителя № 3, метод ASTM D 2229 (глубина заделки 12,5 мм) | |
| | адгезия, Н | сплошность покрытия, % | адгезия, Н | сплошность покрытия, % | адгезия, Н | сплошность покрытия, % |
| Среднее | 1041 | 98 | 901 | 91 | 1020 | 98 |
| Минимум | 975 | 95 | 800 | 85 | 925 | 95 |
| Максимум | 1118 | 100 | 968 | 95 | 1097 | 100 |
| СКО | 46,595 | 2,440 | 48,852 | 3,716 | 48,732 | 2,440 |

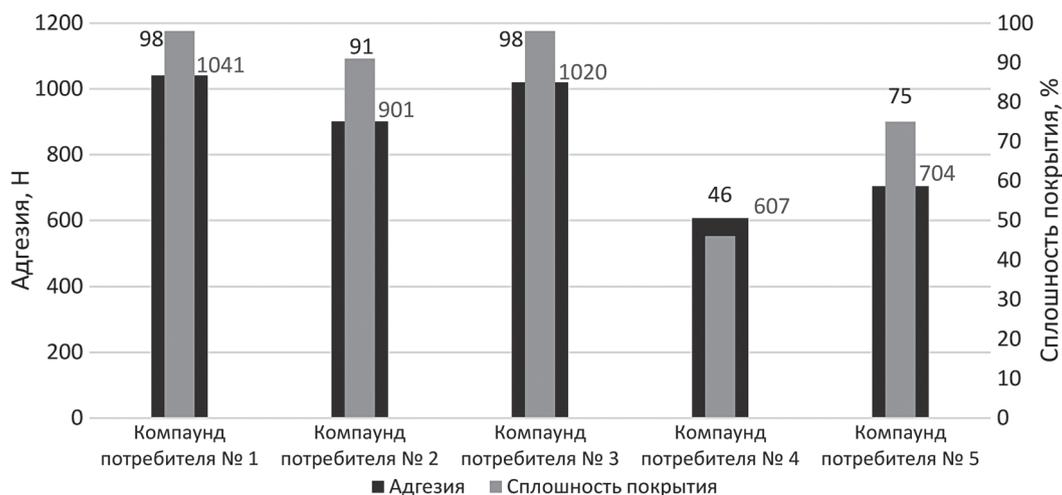


Рис. 6. Адгезионные свойства компаундов разных потребителей

Таблица 4. Результаты испытаний по определению величины адгезионной прочности при использовании компаундов потребителей № 4, 5

| Металлокорд конструкции 3x0,20 + 6x0,35 НТ; метод испытания ASTM D2229 | | | | |
|--|---|------------------------|---|------------------------|
| n = 15 | компаунд потребителя № 4, метод ASTM D 2229 (глубина заделки 12,5 мм) | | компаунд потребителя № 5, метод ASTM D 2229 (глубина заделки 12,5 мм) | |
| | прочность связи с резиной, Н | сплошность покрытия, % | прочность связи с резиной, Н | сплошность покрытия, % |
| Среднее | 607 | 46 | 704 | 75 |
| Минимум | 562 | 40 | 633 | 70 |
| Максимум | 675 | 50 | 782 | 80 |
| СКО | 37,941 | 5,071 | 47,507 | 3,994 |

Анализируя результаты испытаний, отметим, что средняя величина адгезионной прочности, полученная при использовании компаунда потребителя № 1, является наибольшей (1041 Н), а при использовании компаунда потребителя № 4 – наименьшей (607 Н) и составила 58% от первой. Высокий результат по адгезионной прочности (1020 Н) получен и при использовании компаунда потребителя № 3.

Такой же результат (47%) между наименьшим (46%) и наибольшим (98%) значениями получен и при оценке сплошности покрытия, т. е. площадь покрытия поверхности образца металлокорда компаундом потребителя № 4 в 2 раза хуже, чем компаундами потребителей № 1 и № 3.

СКО результатов адгезионной прочности, полученное на всех компаундах, составило 37,9–48,8 Н, что, как описано выше, характерно для метода ASTM D 2229 и подтверждает одинаковые условия проведения испытаний.

Проведенные испытания выявили существенную разницу между полученными уровнями адгезионной прочности, что свидетельствует о разных адгезионных свойствах компаундов разных потребителей.

Выводы

Применение разных стандартных методов определения адгезионной прочности дает существенную разницу между результатами испытаний. Испытания должны проводиться строго в соответствии с требованиями потребителя.

Компаунды разных потребителей имеют разные адгезионные свойства. Применение компаунда другого потребителя приведет к получению недействительных значений адгезионной прочности.

Строгое соблюдение выполнения всех требований потребителей дает возможность объективно оценить качество произведенной продукции, что позволяет улучшать ее качество и повышать конкурентоспособность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверко-Антонович Ю. О., Омельченко Р. Я., Охотина Н. А., Эбич Ю. Р. Технология резиновых изделий. Л.: Химия, 1991.

REFERENCES

2. Averk-Antonovich Ju .O., Omel'chenko R. Ja., Ohotina N. A., Jebich Ju. R. Tehnologija rezinovyh izdelij [Rubber technology]. Leningrad, Himija Publ., 1991.