

принимать любые значения из ряда целых чисел, однако каждое из уравнений (1) имеет только m различных решений, столько же значений принимает параметр k .

Для вычисления начального (встречное фрезерование) и конечного (попутное фрезерование) значений параметра ω в точке l необходимо решить трансцендентное уравнение $Y(\omega) = 0$, или воспользоваться приближенным его решением из работы [4] (верхние знаки соответствуют встречному фрезерованию, нижние попутному):

$$\omega = \omega_0 - R;$$

$$\omega_0 = \frac{\pi(2m \mp 1)}{2m^2}, \quad D = \cos^2 \frac{\varepsilon}{2}, \quad E = \sin^2 \frac{\varepsilon}{2}.$$

Так, например, при вихревом фрезеровании резьбы ходового винта токарного станка с шагом 12 мм ($r = 22$ мм, $R_a = 27$ мм, $m = 60$, $\varepsilon = 7^\circ$, $a = 11,5$ мм, $k = 0$) длина срезаемого слоя, рассчитанная по формуле (2), составляет: для встречного фрезерования $L = 26,2$ мм; для попутного фрезерования $L = 25,7$ мм.

Литература

1. Виксман, Е. С. Скоростное нарезание резьб и червяков: (вихревое нарезание вращающимися резцами) / Е. С. Виксман. – М. : Машиностроение, 1966. – 91 с.
2. Емелик, М. И. Кинематика охватывающего фрезерования / М. И. Емелик // Вестн. машиностроения. – 1958. – № 8. – С. 47–50.
3. Никитенко, Д. В. Толщина срезаемого слоя при внутреннем фрезеровании винтовых поверхностей трапецеидального профиля / Д. В. Никитенко, М. И. Михайлов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2021. – № 1. – С. 25–32.
4. Михайлов, М. И. Расчет величины огранки при вихревом фрезеровании цилиндрических поверхностей / М. И. Михайлов, Д. В. Никитенко, В. И. Кузьмич // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2017. – № 4. – С. 3–9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ

О. А. Лапко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов, д-р техн. наук, профессор

Полимеры в машиностроении играют важную роль. Применение полимеров в узлах машин дает снижение себестоимости, повышение долговечности, особенно, когда в узлах используются дорогостоящие материалы. Изучению свойств полимеров и композиций на их основе с целью определения путей их оптимального использования в качестве покрытий посвящен целый ряд научных исследований [1]–[3].

Анализ работ [1]–[3], посвященных исследованию свойств полимеров, показывает, что значительная часть полимеров при определенных условиях эксплуатации может быть применена для создания материалов различного назначения. При этом для каждого конкретного случая эксплуатации требуются полимерные материалы с заданными физико-механическими и технологическими свойствами.

Эпоксидные смолы обладают спектром высоких физико-механических свойств, однако некоторые их свойства далеки от требуемых. В частности, эпоксидные смолы хрупки и недостаточно эластичны. Чтобы решить эту проблему, был получен композиционный материал из модифицированной эпоксидной смолы с добавлением наполнителя.

Цель данной работы – повышение прочности на сжатие композиционных материалов на основе полимеров.

Для изготовления композиционного материала в качестве связующего использовалась эпоксидиановая смола марки ЭД-20, которая является растворимым реакционноспособным мономерным или олигомерным продуктом конденсации эпихлоргидрина и дифенилолпропана в щелочной среде. Смола представляет собой жидковязкое вещество, обладающее сравнительно высокой реакционной способностью, что позволяет отверждать ее в ряде случаев при умеренных температурах или без нагревания.

Кроме этого она обладает высокой адгезией к металлам, малой усадкой в процессе отверждения, достаточно высокой прочностью и жесткостью. От эпоксидных композиций эпоксидно-полиэфирные отличаются низкой вязкостью, обеспечивающей хорошую пропитку наполнителей с возможностью получения высоконаполненных композиций, а также реакционной способностью, повышенными прочностными показателями и более высокой теплостойкостью.

Для получения композиционных материалов и покрытий на основе эпоксидной смолы в качестве отвердителя применяли полиэтиленполиамин (ПЭПА), который предназначен для отверждения эпоксидных смол при комнатных температурах, в условиях пониженной влажности. Концентрация отвердителя в композиции составляла 11–12 мас. % от количества эпоксидной смолы.

Для функционализации эпоксидиановой смолы использовали: полиэфирную смолу Reoflex RX N-04. Среди общих характеристик полиэфирных смол, отмечают такие, как высокая адгезия к материалам, низкая теплопроводность, влагостойкость, быстрая полимеризация. В качестве отвердителя полиэфирной смолы использовали отвердитель того же производителя RX H-42. Смола представляет собой прозрачную жидкость, довольно вязкую, желтых оттенков.

Состав эпоксиполиэфирных композиций по предварительно проведенным испытаниям состоит из следующих компонентов: эпоксидная смола ЭД-20 (100 мас. ч.), полиэфирная смола (15 мас. ч.). В качестве дисперсного наполнителя эпоксиполиэфирного материала использовали карбид кремния черный, зернистостью 50 мкм (5 мас. ч.).

При исследовании физико-механических свойств композитов на основе модифицированных эпоксидных связующих с использованием наполнителей применялись современные физико-механические методы, регламентируемые действующими ГОСТами.

Испытание материала на прочность при сжатии в соответствии с ГОСТ 4651–2014 проводилось на испытательной машине INSTRON 5969. Сущность метода состоит в кратковременном испытании образцов из композиционного материала на сжатие с постоянной скоростью деформирования, при которой определяли: предел прочности при сжатии (напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующее разрушению образца). Во время испытания строились графики зависимости перемещения от величины нагрузки.

Испытания проводили для трех образцов. Состав и номера образцов приведены в таблице.

Образец для испытания подвергали сжатию вдоль его главной оси с постоянной скоростью до разрушения или до тех пор, пока нагрузка или уменьшение длины не достигнет заданного значения. Нагрузку, которую прикладывали к образцу, измеряли в течение всего процесса испытания.

Составы образцов

Номер образца	ЭД, мас. ч.	ПЭ, мас. ч.	SiC, мас. ч.
1	100	–	–
2	–	100	–
3	100	15	5

Образцы фотографировались до и после испытаний (рис. 1).

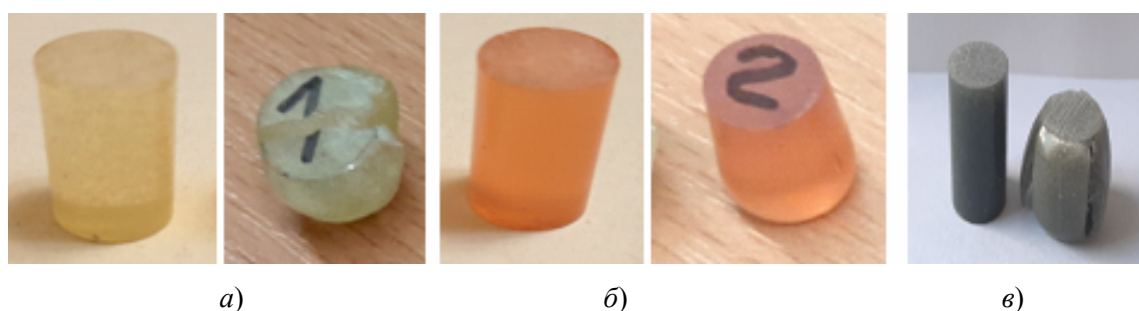


Рис. 1. Фотографии образцов до и после испытаний на сжатие:
a – образец из эпоксидной смолы; *б* – образец из полиэфирной смолы;
в – образец из композиционного материала

По результатам испытаний строились графики зависимости перемещения образца от приложенной нагрузки (рис. 2).

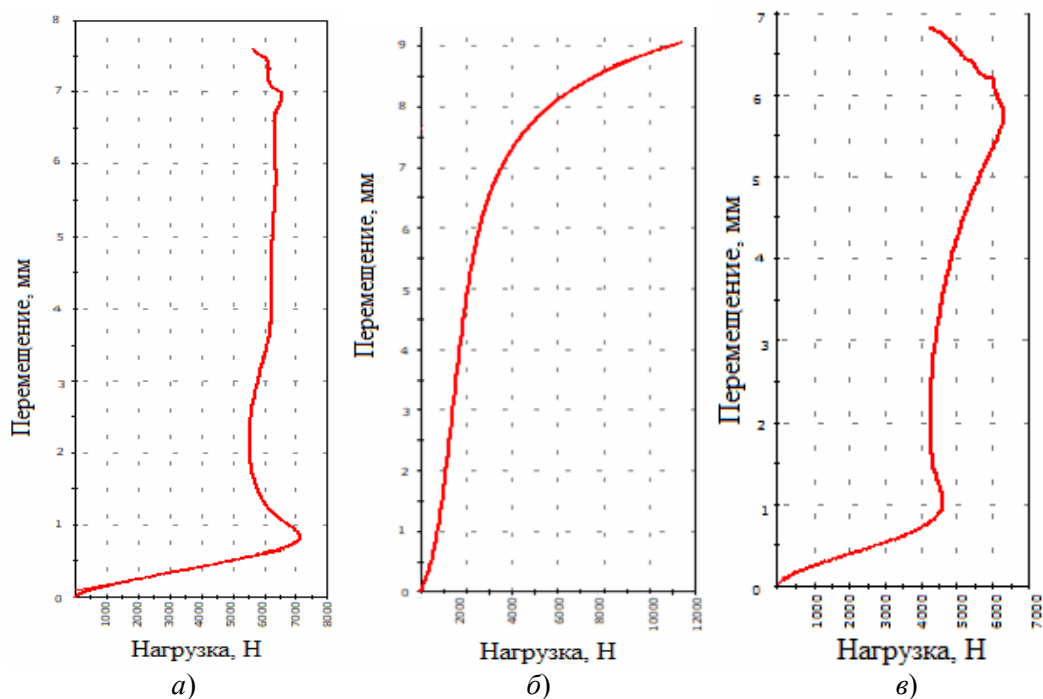


Рис. 2. Графики зависимости перемещения исследуемых образцов от нагрузки:
a – образец из эпоксидной смолы; *б* – образец из полиэфирной смолы;
в – образец из композиционного материала

Сравнивая фотографии образцов, видно, что образец из полиэфирной смолы не разрушился.

Анализируя полученные графики, установлено, что эпоксидная смола довольно хрупкая по сравнению с полученным композиционным материалом. Образец из эпоксидной смолы разрушается при перемещении 0,84 мм, в то время как образец из полученного композиционного материала – при перемещении его на 5,77 мм. Образец из полиэфирной смолы при прикладывании к нему нагрузки 11400 Н не разрушился.

Максимальная нагрузка, которую выдерживает образец из композиционного материала, равна 6300 Н по сравнению с образцом из эпоксидной смолы – 7100 Н.

Литература

1. Новые модели кинетических процессов структурообразования и деструкции композитных материалов / А. Н. Бобрышев [и др.] – М. : Палеотип, 2011. – 164 с.
2. Лапицкий, В. А. Физико-механические свойства эпоксидных полимеров и стеклопластиков / В. А. Лапицкий, А. А. Крицук. – Киев : Наукова думка, 1986. – 96 с.
3. Михайлов, М. И. Основы научных исследований и инновационной деятельности : учеб. пособие / М. И. Михайлов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 399 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В МЕХАНИЗМЕ НАВЕСКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА «ПОЛЕСЬЕ»

Н. С. Пантюхов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. Б. Попов, канд. техн. наук, доцент

Цель работы – рассчитать механические потери в механизмах навески универсального энергетического средства.

Для расчета силы трения приведенной находим трения в группах Ассура (рис. 1), начиная с конечного звена.

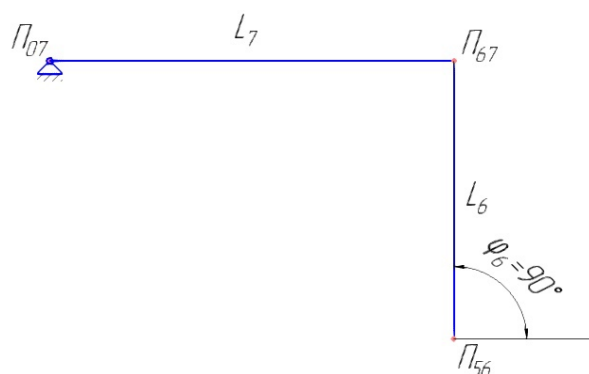


Рис. 1. Группа Ассура

Далее с остальными группами Асура поступаем аналогично. Рассчитываем приведенную к гидроцилиндру силу трения [1]:

$$R_{23r}(S) = \sqrt{R_{23}(S)^2 + R_{23тр}(S)^2};$$