

Совершенствование трансмиссии электротранспортных средств с использованием полимерных материалов

Студенты гр. 10402129 Заико П.Г., Гардилковский А.Н.
Научный руководитель – Зеленин В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При выборе транспортного средства потребители все чаще обращают внимание на персональные электрические транспортные средства (ЭТС). В то же время для их развития требуется постоянное совершенствование конструкций узлов и технологий изготовления. Так, в связи с введением новых правил регистрации электротранспорта с мощностью электродвигателей выше 300 Вт, прогнозируется повышенный спрос на электросамокаты с мощностью до 250 Вт.

Снижение мощности требует введения в конструкцию привода понижающей зубчатой передачи, обеспечивающей необходимую величину крутящего момента на приводном колесе.

Цель работы – анализ свойств композиционных полимерных материалов (КПМ) и приемлемых технологий изготовления зубчатых колес (ЗК) для трансмиссий легких ЭТС, обеспечивающих высокую точность геометрических размеров колес и высокую износостойкость при рабочих температурах от 0 °С до 50 °С.

Основными задачами работы являются:

- выбор матриц и армирующих наполнителей КПМ для изготовления ЗК.
- анализ преимуществ изготовления зубчатых колес методами литья под давлением и прессования.
- анализ методов изготовления формообразующих матриц ЗК.

В настоящее время на базе 15 разновидностей базовых ПМ конструкционного назначения выпускается несколько тысяч марок КПМ. Для изготовления ЗК применяются, в основном термопласты инженерно-технического назначения, а также теплостойкие и высокопрочные пластики. Основными тенденциями в разработке и применении КПМ являются:

- преимущественное использование материалов, наполненных стекло- или углеволокнами в комбинации с другими функциональными добавками;
- определение оптимальных, с точки зрения прочности и износостойкости, размеров волокна, его концентрации, ориентации и распределения в матрице.

Вопросы конструирования, расчета геометрии, прочности, износостойкости и автоматизации проектирования ЗК обобщены в монографии [1]. Выбор КПМ, особенности технологии производства и методы расчета формообразующих элементов приведены в [2], этапы и перспективы развития ЗП с колесами из ПКМ и их применение в технике в монографии [3]. Однако сведений материаловедческого и технологического характера в этих публикациях очень мало, а рекомендации, касающиеся непосредственно изготовления ЗК, представлены лишь в [4].

В [4] показано, что при литье под давлением наблюдается существенное различие в величине и характере усадки полимеров: она различна в направлении вдоль и поперек течения расплава. По-разному влияют на усадку дисперсные и волокнистые наполнители, Усадка зависит от многих технологических и конструкционных факторов-температуры расплава и литьевой формы, скорости впрыска, давления и времени выдержки под давлением, толщины стенки изделия, расположения впускных каналов и др.

Для компенсации отклонений размеров и формы зубьев, обусловленных усадкой, проводят корректировку размеров формообразующей матрицы по результатам измерения опытной партии ЗК.

Радиальное биение ЗК, изготавливаемого методом литья под давлением, зависит от конструкции литейной формы. Рекомендуется использовать одноместные формы с расположенной матрицей, формирующей зубчатый венец, и центральный знак, формирующий посадочное отверстие, в одной полуформе. Допуски на радиальное биение посадочных мест матрицы и центрального знака назначают по 3–5 квалитетам точности по ГОСТ 25346-88. В зависимости от сочетания посадок «отверстие – вал» размерной цепи «центральный знак матрица зубчатого венца колеса» точность отливов зубчатых колес может колебаться от 7-й до 11-й степени точности по ГОСТ 1643-Н1.

В [5] установлено, что при росте изгибной усталостной прочности наполнение полиоксиметилена (ПОМ) стекловолокном (СВ) вызывает снижение износостойкости зубчатых колес ($m=2$ мм: и1/2-25/45) (таблица 1).

Таблица 1– Влияние наполнения ПОМ стекловолокном на показатели зубчатых колес (PV – 10 МПа м/о, удельный износ при N10' циклов)

Материал шестерни	Условный предел изгибной усталостной прочности, МПа	Удельный износ, 10^{-8} , Мм ³ /мм/мм
ПОМ	25	1,2
ПОМ+25% СВ	30	9
ПОМ+40% СВ	42	19

Повышение точности ЗК достигается применением специальных технологических приемов, позволяющих уменьшить величину и разброс показателей усушки, а именно, сверхвысокого (2 100 МПа) давления литья; впрыска расплава полимера вне полностью сомкнутую форму и окончательного оформления изделия в процессе ее смыкания; подпитки оформляющей полости формы из дополнительных полостей после затвердевания расплава в литниковых каналах; использования оснастки с изменяющимся объемом оформляющей полости и дополнительным сжатием расплава материала на стадиях впрыска и охлаждения. Исследования, проведенные на зубчатых колесах ($m=3$ мм, и 27; $p=12^\circ$) материал стеклонаполненный полиамид ПА-6), показали, что разброс усушки при литье термопласта снизился по окружности вершин зубьев – по показателю длины общей нормали – на 48 %.

ЗК требуют не только высоких прочностных характеристик (контактной усталостной прочности, прочности на срез, микротвердости и ударной вязкости), повышающих их износостойкость, но и обеспечения высокого качества воспроизведения эвольвентной поверхности зубьев. В связи с этим альтернативой технологии литья ЗК является их твердофазная объемная штамповка, позволяющая снизить усушку и повысить точность профиля поверхностей зубьев.

Современные полимерные материалы являются сложными содержащими модификаторы, выбор которых определяется условиями эксплуатации изделий. В частности, для повышения прочностных характеристик ЭК в полимерные композиты целесообразно введение до 1–2 мас, % углеродных наноматериалов с размером частиц 40–100 нм.

Для снижения их влагосодержания до 0,05 % при подготовке полимерных композитов, полученных методами литья или экструзии, проводят конвективную сушку заготовок при температуре на 10–15 °С ниже температуры их плавления. Однако при прессовании мелко модульных ЗК необходимо повысить текучесть (структурную подвижность) композиционного материала в областях, прилегающих к поверхностям пресс-формы. С той целью в техпроцессе изготовления ЗК добавляется операция поверхностного увлажнения заготовок, проводимая при температуре 70 °С. относительной влажности 96 % в течение 5 мин. При этом происходит пластификация только поверхностных слоев заготовок из композиционных материалов с гидрофильными

полимерными матрицами и снижается температура их стеклования.

На рисунке 1 представлена схема пресс-формы для объёмной штамповки зубчатого колеса из полимерных композиционных наноматериалов на основе полиэтилена высокой плотности, сверхвысокомолекулярного полиэтилена и др. полимеров.

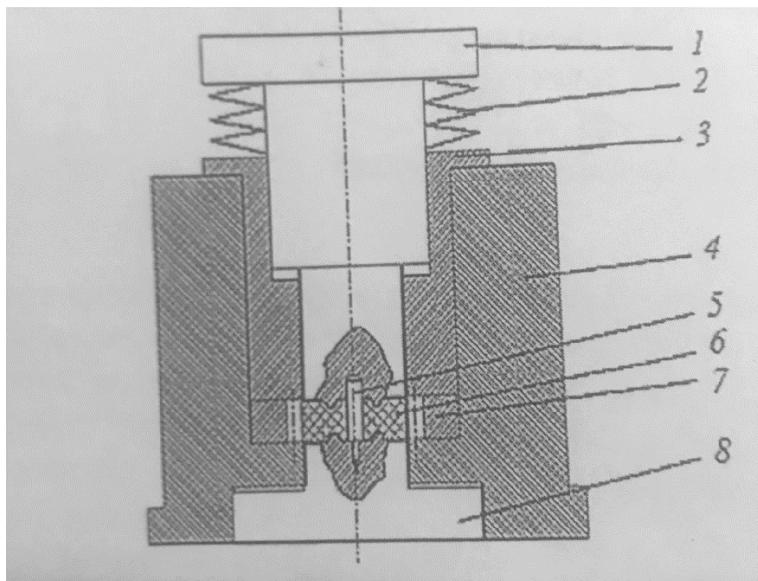


Рисунок 1– Пресс-форма для штамповки зубчатых колёс из композиционных термопластов

1 – пуансон верхний; 2 – пружина тарельчатая; 3 – стакан;
4 – обойма; 5 – знак; 6 - ЗК; 7 – матрица; 8 – пуансон нижний;

Перспективными являются аддитивные технологии изготовления зубчатых колес из композитов на основе термопластов. Эти технологии позволяют реализовать САD модели для 3D-печати зубчатых колес с градиентным распределением механических свойств материала в объеме изделия, оптимизированным по критериям прочности, износостойкости и т.д.

Список использованных источников

1. Элементы приводов приборов. Расчет, конструирование, технологии / В.Е. Старжинский [и др.]. / под общ. ред. Ю. М. Плескачевского. Минск: Беларуская навука, 2012. – 769 с.
2. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач: учебное пособие Антонюк В. Е. [и др.] / под общ. ред. В. Е. Старжинского и М. М. Кане. СПб.: Профессия, 2007. – 232 с.
3. Зубчатые передачи и трансмиссии в Беларуси: проектирование, технология, оценка свойств / под общ. ред. В. Б. Альгина и В. Е. Старжинского. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 406 с
4. Фишер, Дж. Усадка и коробление отливок из термопластов: справочник: пер. с англ. СПб. / Дж. Фишер. – Профессия, 2009. – 424 с.
5. Ревяко, М.М. Расчет и конструирование пластмассовых изделий и форм: учеб. / М. Ревяко, О.М. Касперович. – Минск: БГТУ, 2012. – 432 с.