

14. *Зенкевич, О.* Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич ; пер. с англ. ; под ред. Б. Е. Победри. – М. : Мир, 1975. – 541 с.
15. *Сьярле, Ф.* Метод конечных элементов для эллиптических задач / Ф. Сьярле ; пер. с англ. ; под ред. Н. Н. Яненко. – М. : Мир, 1980. – 512 с.
16. *Абрамов, И. В.* К вопросу моделирования гидропрессовой сборки методом конечных элементов / И. В. Абрамов, А. В. Щенятский, Э. В. Соснович // Избранные ученые записки ИжГТУ. В 3 т. Т. 2. Моделирование технических объектов и систем. Приборостроение. Измерительная техника. Экономика. Системология. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1998. – С. 37–41.
17. *Соснович, Э. В.* Определение технологических параметров гидропрессовой сборки с учетом механизма распространения масляной прослойки / Э. В. Соснович, А. В. Щенятский // Вестн. ИжГТУ. – Вып. 2. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1998. – С. 22–23.
18. *Щенятский, А. В.* Исследование давления в смазочном слое в условиях гидропрессовой сборки соединений с натягом / А. В. Щенятский, И. В. Абрамов, Э. В. Соснович // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2001. – № 4. – С. 8–11.

УДК 678.046

И. Е. Беневоленский, доктор технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛАСТМАСС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УЗЛОВ МАШИН

В работе рассматриваются вопросы совершенствования конструкции и технологии изготовления металлопластмассовых конструкций. Дается комплексная оценка возможности применения полимерных композиционных материалов в качестве исполнительных поверхностей типовых узлов машин.

Введение

Служебные функции изделий определяются качественными характеристиками их исполнительных поверхностей. Традиционные конструктивно-технологические решения характеризуются низкой технологичностью, недостаточной жесткостью, большой материалоемкостью и номенклатурой деталей, высокой трудоемкостью производства машиностроительных изделий.

Одним из принципиально новых направлений в решении этих задач является применение пластмасс в качестве исполнительных поверхностей машин. Пластмасса одновременно выступает в роли компенсаторов погрешностей составляющих размерных цепей при сборке изделий [1]. В последние годы широко применяют изготовление металлопластмассовых конструкций, которые обладают значительными технико-экономическими преимуществами.

Технологический процесс изготовления таких конструкций заключается в следующем. Рабочие поверхности выполняют из композиционных полимерных материалов. При этом в результате адгезионных связей получается монолитная деталь с покрытием из композиционного полимера. Исполнительная поверхность имеет требуемые геометрические и качественные характеристики. Способ исключает методы предварительной и отделочной механической обработки.

Рассмотрим области применения композиционных полимерных материалов в машиностроительных изделиях в качестве их исполнительных поверхностей.

1. Металлопластмассовые карданные шарниры

Повышение долговечности и надежности подшипниковых узлов скольжения, удельный вес которых составляет значительную долю пар трения в подвижных соединениях – важная задача. Одним из путей решения этой задачи является создание металлопластмассовых узлов, имеющих исполнительные поверхности из конкурирующих с металлами полимерных материалов. При этом пластмассы уменьшают технологические дефекты, наследуемые от предыдущих условий формования. Они определяют требуемые характеристики уже на стадии переработки пластмасс за счет оптимизации технологических режимов формирования цилиндрических исполнительных поверхностей в узлах трения.

Динамично развивающееся автомобилестроение предъявляет высокие требования к совершенствованию конструкций автомобилей, увеличению надежности и долговечности узлов и деталей при эксплуатации. Исследование пары вилка – крестовина легкового автомобиля с пластмассовой прослойкой вместо игольчатого подшипника выявило необходимость учета динамики работы в процессе эксплуатации, изменения температурного режима, трения в условиях ограниченной смазки и без нее, а также деформацию пластмасс с упругим восстановлением.

Для обеспечения этих требований проведены экспериментальные исследования термомеханических свойств композиционных пластмасс при пенетрации (рис. 1).

Образцы из композиционных термо- и реактопластов испытывали нагрузки 1–60 Н при температуре 293–413 К и скорости ее повышения 323–393 К/ч.

Анализируя полученные результаты, можно выделить три группы материалов по температурным областям деформации. Первая группа с необратимым подъемом кривой AMN, HGG, DGF-2P-2M, PA-68 характеризуется предельными температурами нагружения 333–343 К. Вторая – ED-16, ED-16 + порошок железа, AG-4, GGP-32 + дисульфид молибдена с относительно устойчивым высокоэластическим состоянием в пределах 333–393 К. Третья – HGG-E2 – имеет стабильные значения деформации не более 8–10 мкм на всем диапазоне исследованных температур. Термомеханические исследования при пенетрации моделируют контактные деформации при повышенных температурах сопрягаемых деталей в металлопластмассовых шарнирах и позволяют рекомендовать в качестве исполнительных поверхностей композиты на основе GGP-32 и HGG-E2.

Таким образом, применение металлопластмассовых соединений позволяет прогнозировать деформацию покрытий в широком интервале температур. Они обеспечивают их работоспособности путем замены игольчатых подшипников в крестовине кардана, втулок шкворней и рессор автомобиля, а также в узлах трения троллейбусов.

2. Фрикционные цилиндрические сопряжения

Изготовление и ремонт тормозных узлов составляет значительный объем. Задача сокращения сроков и трудоемкости ремонтных работ – актуальна. Обычно подготовка тормозных колодок для ремонта выполняется вручную. Последующая сборка требует применения заклепочных соединений. Это, в свою очередь, уменьшает межремонтный период эксплуатации техники.

В связи с этим разработана новая конструкция тормозных накладок переменного сечения, учитывающая кинематику движения механизма.

Сущность восстановительной технологии заключается в обезжиривании колодки (без удаления изношенных участков) и горячем прессовании композиционного состава в специальной пресс-форме.

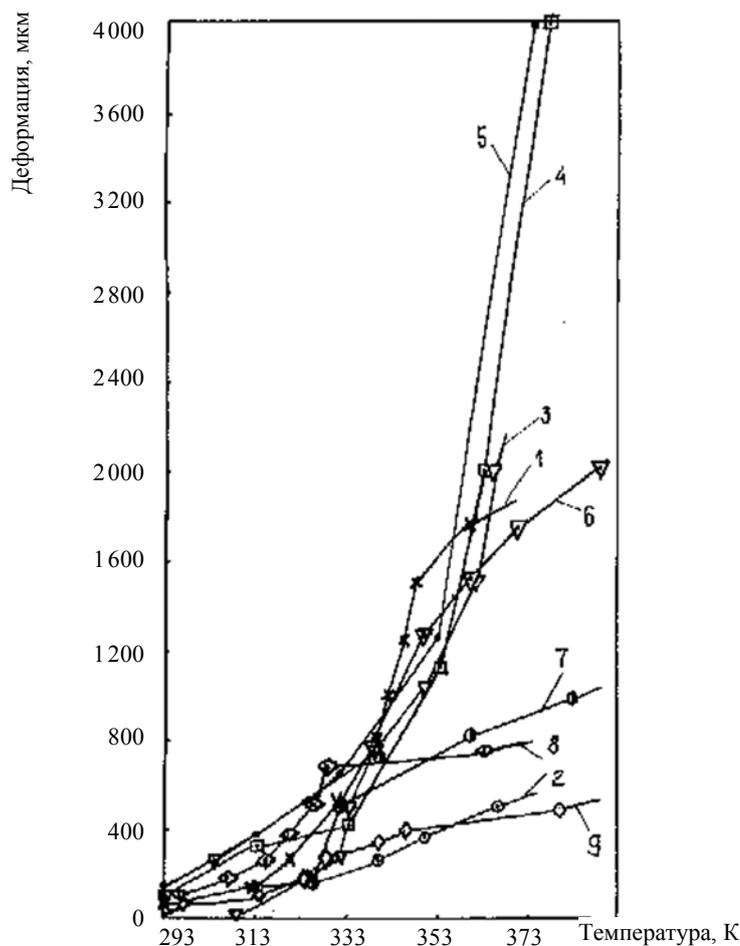


Рис. 1. Термомеханические свойства композиционных пластмасс при пенетрации и нагрузке 50 N: 1 – АМН; 2 – ED-16; 3 – HGG-E2; 4 – HGG-E1; 5 – DGF-2p-2m; 6 – PA-68; 7 – ED-16 + порошок железа; 8 – AG-4; 9 – GGP-32 + дисульфит молибдена

Такие колодки не требуют механических пригоночных операций их исполнительных поверхностей и по своим эксплуатационным характеристикам в 1,5 раза долговечнее стандартных.

Получены расчетные зависимости геометрических параметров тормозных узлов требуемой точности. Экспериментальными исследованиями установлен диапазон минимального износа наполненных фрикционных композитов под нагрузкой (рис. 2 и 3). Наиболее технологичным с точки зрения износостойкости является полимер на основе ED-20, AG-4, наполненный порошками бронзы и железа.

Таким образом, проведенные исследования позволяют обосновать металлопластмассовые конструкции фрикционных цилиндрических соединений и одновременно снизить трудоемкость их изготовления.

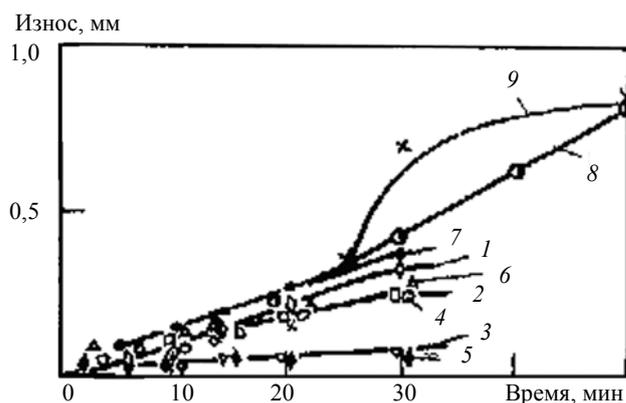


Рис. 2. Влияние времени и вида наполнителя на линейный износ композиционных полимерных материалов:
 1 – АМН; 2 – АМН + 7,5 масс. п. дисульфид молибдена; 3 – АМН + 22,5 масс. п. дисульфид молибдена;
 4 – АМН + 2,5 масс. п. бронза; 5 – АМН + 22,5 масс. п. бронзы; 6 – АМН + 2,5 масс. п. стекловолокно;
 7 – ED-20; 8 – ED-20 + 60 масс. п. железа; 9 – ED-20 + 200 масс. п.

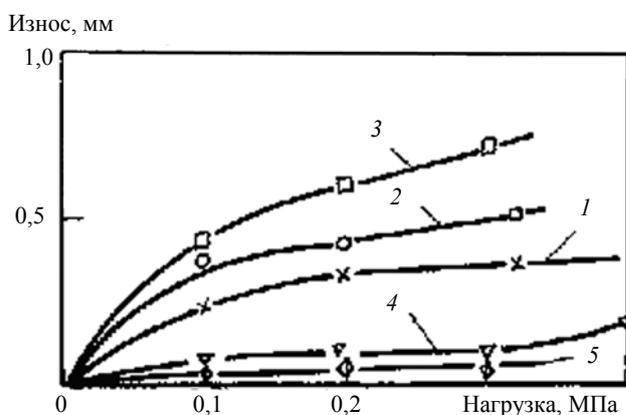


Рис. 3. Влияние нагрузки на линейный износ composition polymeric materials:
 1 – ED-20; 2 – ED-20 + 5 масс. п. фторопласт-4; 3 – ED-20 + 20 масс. п. графит;
 4 – ED-20 + 20 масс. п. бронза; 5 – ED-20 + 30 масс. п. железо

3. Металлопластмассовые пресс-формы для термопластов и выплавляемых моделей

Проблема ускоренного изготовления оснастки для переработки полимерных материалов литьем под давлением и выплавляемых моделей возникает в результате быстрого роста масштабов выпуска новых изделий и расширения ассортимента деталей из пластмасс.

Полимерные композиции находят широкое применение для изготовления исполнительных поверхностей пресс-форм в условиях мелкосерийного производства изделий.

Применение полимеров в качестве исполнительных поверхностей пресс-форм позволяет значительно сократить трудоемкость механической обработки и сборки оснастки. Резко снизить стоимость изготовления пресс-форм. Высвободить основ-

ные средства производства и сократить сроки освоения новых видов изделий. Обеспечить экономичность и эффективность ремонта оснастки.

Однако металлопластмассовые пресс-формы при массовом выпуске изделий должны удовлетворять требованиям производительности процесса формообразования. Известно, что скорость отвода тепла из оформляющей поверхности находится в прямой зависимости от коэффициента теплопроводности. Поэтому с целью повышения коэффициента теплопроводности материала исполнительной поверхности матрицы в него вводили наполнители. В качестве наполнителей использовали алюминиевую и бронзовую пудры, порошки железа и дисульфид молибдена, которые обладают повышенной теплопроводностью.

Величина теплопроводности наполненной пластмассовой композиции находится в функциональной зависимости от количества наполнителя. Обработка экспериментальных данных измерений методом наименьших квадратов позволила получить зависимость

$$b = b_1 + b_2 \times B(M_2/Y_2)^a,$$

где b_1 – коэффициент теплопроводности полимерного материала, w/mK ; b_2 – коэффициент теплопроводности наполнителя, w/mK ; M_2 – масса наполнителя, mass. parts ; Y_2 – удельная масса наполнителя, mass.P/cm ; B – коэффициент, равный 0,005 для композиции на основе пластмассы GGP-32 и 0,002 для композиции на основе эпоксидной смолы ED-20; a – коэффициент, равный 0,25 для композиции на основе GGP-32 и – 0,125 для композиции на основе эпоксидной смолы ED-20.

Результаты исследований показали, что наиболее интенсивно теплопроводность изменяется при введении 10–120 mass. p. порошка алюминия в пластмассу на основе эпоксидной смолы ED-20 (рис. 4).

1,35 Вт/мК

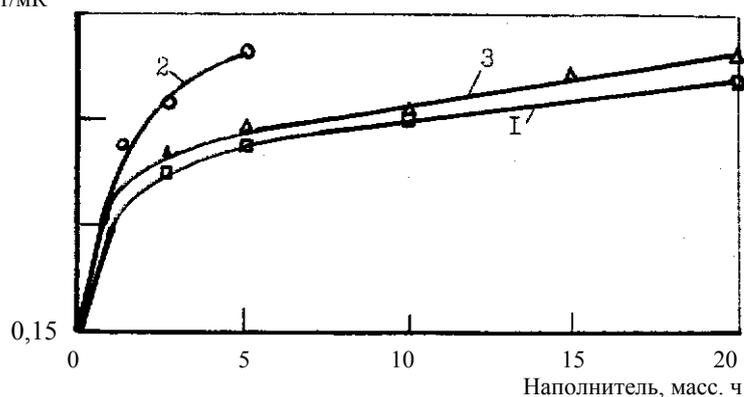


Рис. 4. Влияние наполнителя на теплопроводность пластмассы GGP-32:
1 – пудра бронзовая; 2 – пудра алюминиевая; 3 – дисульфид молибдена

Для пластмассы GGP-32 3–5 mass. p. Дальнейшее увеличение содержания наполнителей не приводит к существенному повышению теплопроводности композиций.

Увеличение теплопроводности пластмассовой композиции для исполнительной поверхности металлопластмассовой конструкции пресс-формы позволяет тем са-

мым снизить температуру нагрева изделия, уменьшить внутренние напряжения и обеспечить заданный цикл выпуска деталей.

4. Металлопластмассовая модельная оснастка

Качество модельной оснастки во многом определяется конструкцией и способом ее изготовления. Она используется для производства штампов, пресс-форм и других изделий со сложными исполнительными поверхностями. Существующие конструкции моделей имеют низкую точность и долговечность. Они обладают большой материалоемкостью, трудоемкостью изготовления и длительностью выверки при установке на станке. Они требуют пригоночно-доводочной обработки исполнительной поверхности и основания модели. Они обладают большой массой и высокой себестоимостью (1–2 % себестоимости продукции). Они требуют особых условий хранения.

Одним из эффективных путей совершенствования модельной оснастки является создание металлопластмассовых конструкций моделей и типовых технологических процессов их изготовления. В этом направлении нами разработана металлопластмассовая конструкция модели, которая позволяет устранить указанные выше недостатки традиционных решений.

Характерной особенностью металлопластмассовой модели является наличие установочной и направляющей базовых поверхностей, которые обеспечивают точность базирования модели и снижают трудоемкость ее выверки на столе станка.

Использование полимерных материалов в качестве рабочих поверхностей моделей должно быть обосновано исследованиями комплекса их прочностных свойств. В связи с этим исследованы физико-механические характеристики композиций на основе AMN, ED-16 и GGP-32. Наполнители использовали в виде бронзовой пыли, дисульфида молибдена, рубленого стекловолокна и амальгамы медной. Выбор вида наполнителей вызван необходимостью улучшения износостойкости, прочности и других характеристик металлополимеров.

Экспериментальные исследования показали, что наполнители значительно изменяют физико-механические характеристики композиционных материалов (рис. 5).

Напряжение сжатия, МПа

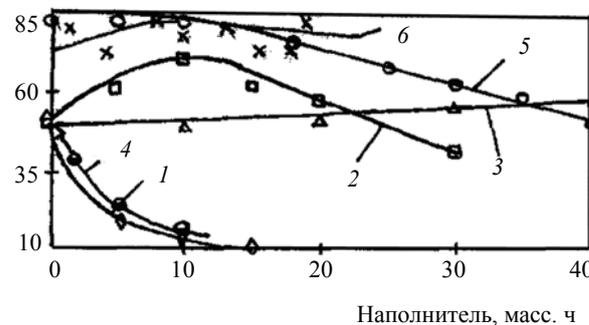


Рис. 5. Зависимость прочности при сжатии композиции на основе ED-20 от количества наполнителя:

1 – дисульфид молибдена; 2 – стекловолокно; 3 – пудра бронзовая; 4 – амальгама медная; 5 – порошок железа; 6 – порошок железа + пудра бронзовая

Введение стекловолокна в количестве 5–10 масс. р. повышает прочность при сжатии на 40–45 %, при небольшом улучшении ударной вязкости. Введение ди-

сульфида молибдена в количестве 10–20 масс. р. повышает ударную вязкость на 50–70 %. Для GGP-32 рекомендуется вводить 3–4 масс. р. дисульфида молибдена. Это повышает прочность при сжатии на 15 %, а твердость – на 10 %.

Проведенные исследования показали, что для обеспечения работоспособности металлопластмассовых моделей целесообразно использовать стекловолокно и дисульфид молибдена. Это позволяет увеличить прочность при сжатии, улучшить характеристики ударной вязкости и твердость композитов.

Заключение

1. Выявлены технологические факторы и их влияние на качество изготовления изделий из композиционных полимерных материалов. Наибольшее влияние на качество изготовления пластмассовых изделий оказывают температура металлопластмассовых конструкций, усадка пластмассовой композиции, применяемой как для изготовления изделий, так и для исполнительных поверхностей.

2. Предлагаемый метод, при прочих равных условиях, позволяет значительно сократить трудоемкость сборочных операций и не требует для осуществления дополнительных капитальных затрат.

Список литературы

1. Федоров, Б. Ф. Совершенствование процессов сборки с применением компенсаторов из пластмасс / Б. Ф. Федоров, И. Е. Беневоленский // Повышение качества, надежности и долговечности деталей машин технологическими методами : тр. конф. – Пермь, 1971. – С. 209–211.

УДК 621.757+621.88

И. И. Воячек, доктор технических наук, профессор;

Е. А. Евстифеева, аспирант

Пензенский государственный университет

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ ПРИ СБОРКЕ С АНАЭРОБНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

В статье рассматривается технология сборки соединений с натягом с использованием анаэробных материалов. Такие соединения обеспечивают высокое качество неподвижных сборочных единиц.

Качество неподвижных соединений деталей, в частности соединений с натягом, в значительной степени определяет надежность и эффективность функционирования машин и приборов. Наиболее перспективным направлением обеспечения качества неподвижных соединений является объединение систем конструкторского и технологического проектирования, что позволяет получить дополнительный синергетический эффект и создавать рациональные и надежные соединения [1].

Одним из методов обеспечения и повышения качества соединений с натягом является нанесение на сопрягаемые поверхности деталей различных веществ: металлических покрытий, клеев и др. Наиболее эффективным является нанесение анаэробных материалов, которые полимеризуются в зоне контакта деталей без доступа воздуха, образуя прочное и герметичное соединение [1, 2].