

А.Н. КАРАПЕТЯН, Г. ШАРР<sup>а</sup>

## ВЫБОР ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Приводятся результаты анализа конструирования зубчатых колес из полимерных материалов. Предложена схема оптимального выбора пар трения, а также материалов при конструировании и изготовлении полимерных зубчатых колес. Обобщены методы изготовления зубчатых колес из различных полимерных материалов.

**Ключевые слова:** пары трения, коэффициент трения, износ, конструирование, полимерное зубчатое колесо.

В настоящее время антифрикционные полимерные материалы прочно вошли в современную технику и широко применяются в различных трибосопряжениях. Потребность и область применения этих материалов, способных работать в металлополимерных и полимер-полимерных трибосопряжениях без смазки и со смазочными материалами, приобретает актуальное значение для повышения качества, надежности и долговечности машин, устройств и приборов [1-5]. Наиболее распространенным примером применения полимерных материалов является их использование в качестве материалов для изготовления зубчатых передач.

Известно [1, 6-10], что при эксплуатации полимерные зубчатые передачи находятся под воздействием высоких циклических нагрузок, сложных процессов трения скольжения и качения, низких и высоких температур, повышенной влажности, агрессивной и абразивной сред. Совместное действие этих факторов влияет на долговечность и надежность работы полимерной зубчатой передачи.

Цель работы - обоснование выбора полимерных материалов при конструировании и изготовлении зубчатых колес.

В настоящее время для изготовления зубчатых колес применяются различные по своим технологическим, физико-механическим, трибологическим и химическим свойствам термопластичные полимерные материалы (полиацетаты, полиамиды, полиимиды, полипропилен, полиуретаны, текстолиты, поликарбонат), а также композиционные материалы на их основе с различными наполнителями [5-6,10-12].

Конструкторы, применяющие полимерные материалы для изготовления зубчатых передач, иногда затрудняются: какие из выпускаемых полимерных материалов целесообразно применять в каждом конкретном случае, исходя из скоростных и нагрузочных режимов эксплуатации, требований к точности сопряжения, габаритов и конструктивного исполнения проектируемых узлов.

<sup>а</sup> Университет Ростoka, Германия, 18059 Росток, ул. Альберта Эйнштейна 2

В целях оптимального выбора этих полимерных материалов для изготовления зубчатых передач необходимо разработать основные требования, предъявляемые к ним. Указанные материалы должны обеспечивать высокую механическую прочность (статическую и усталостную), износостойкость и технологическую точность размеров деталей, стабильный и низкий коэффициент трения, теплостойкость и теплопроводность, химическую стойкость, надежность и долговечность сопряжения, а также не должны быть дефицитными, дорогими, токсичными. Особый интерес представляют также такие свойства полимеров, как релаксация и старение. Знание характеристик релаксационных процессов и явления старения полимеров необходимо при расчете предварительных напряжений и появлении остаточных деформаций, а также изменении физико-механических свойств полимеров под воздействием тепла, света, кислорода и влаги, являющихся первопричиной различных деструкционных процессов. Допускаемая температура эксплуатации полимерных материалов не должна превышать 80 °С. Методы изготовления зубчатых передач из этих материалов должны быть удобны для организации централизованного производства взаимозаменяемых деталей. При этом трудоемкость и доля ручного труда должны быть минимальны.

Работоспособность полимерных зубчатых передач во многом зависит и от дополнительного бокового зазора, позволяющего компенсировать их высокое термическое расширение, набухание, погрешности при изготовлении, а также прогиб колес при работе. Поэтому такие показатели, как водо- и влагопоглощение, коэффициент линейного термического расширения, во многом определяют возможность использования полимерных материалов в конкретных узлах машин, механизмов и приборов. Материалы, отвечающие указанным требованиям, позволят снизить себестоимость и трудоемкость изготовления узлов трения, упростить их эксплуатацию и ремонт.

В основу конструирования и расчета полимерных зубчатых передач положены известные методы, применяемые для металлических зубчатых передач. В них только вносится ряд поправок, учитывающих специфику физико-механических свойств и износостойкости полимерных материалов.

Благодаря наличию весьма высоких технологических и эксплуатационных свойств эвольвентные зубчатые передачи в настоящее время занимают доминирующее положение. Накоплен значительный опыт эксплуатации эвольвентных передач, разработаны геометрическая теория и способы изготовления зубчатых колес из полимерных материалов, а также расчеты на прочность [6].

Конструкция полимерного зубчатого колеса во многом определяет работоспособность зубчатой передачи. От выбранного соотношения размеров венца, надежности сопряжений, расположения армирующих элементов зависят точность изготовления и прочность передачи. Полимерные зубчатые колеса по конструктивному оформлению разделяются на цельнополимерные и армированные.

На основании результатов исследований мелко модульных зубчатых колес [13-14], применяемых в приборостроении, на рис. 1 представлена схема выбора оптимальных пар трения для зубчатых передач.



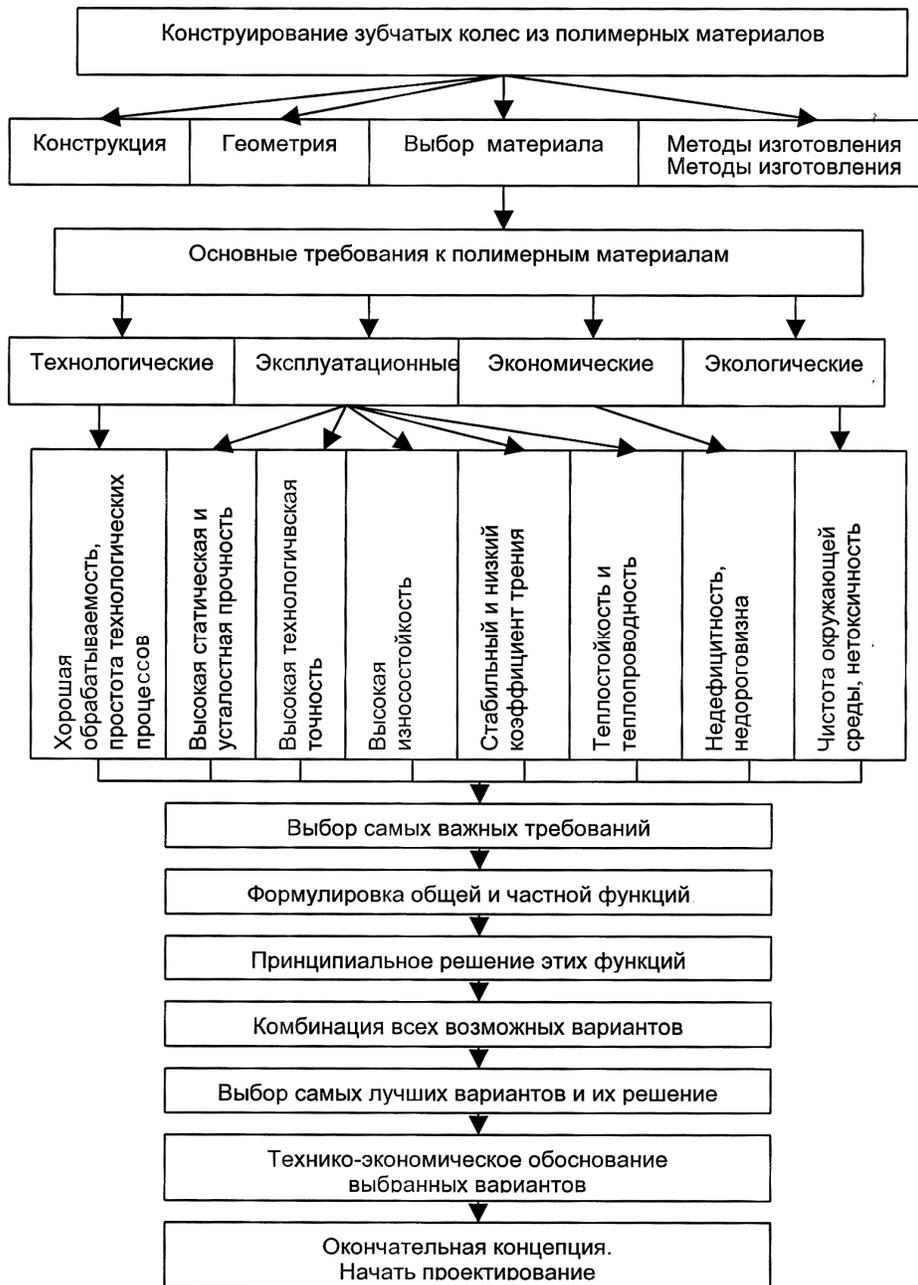


Рис. 2. Схема выбора полимерных материалов при конструировании зубчатых колес

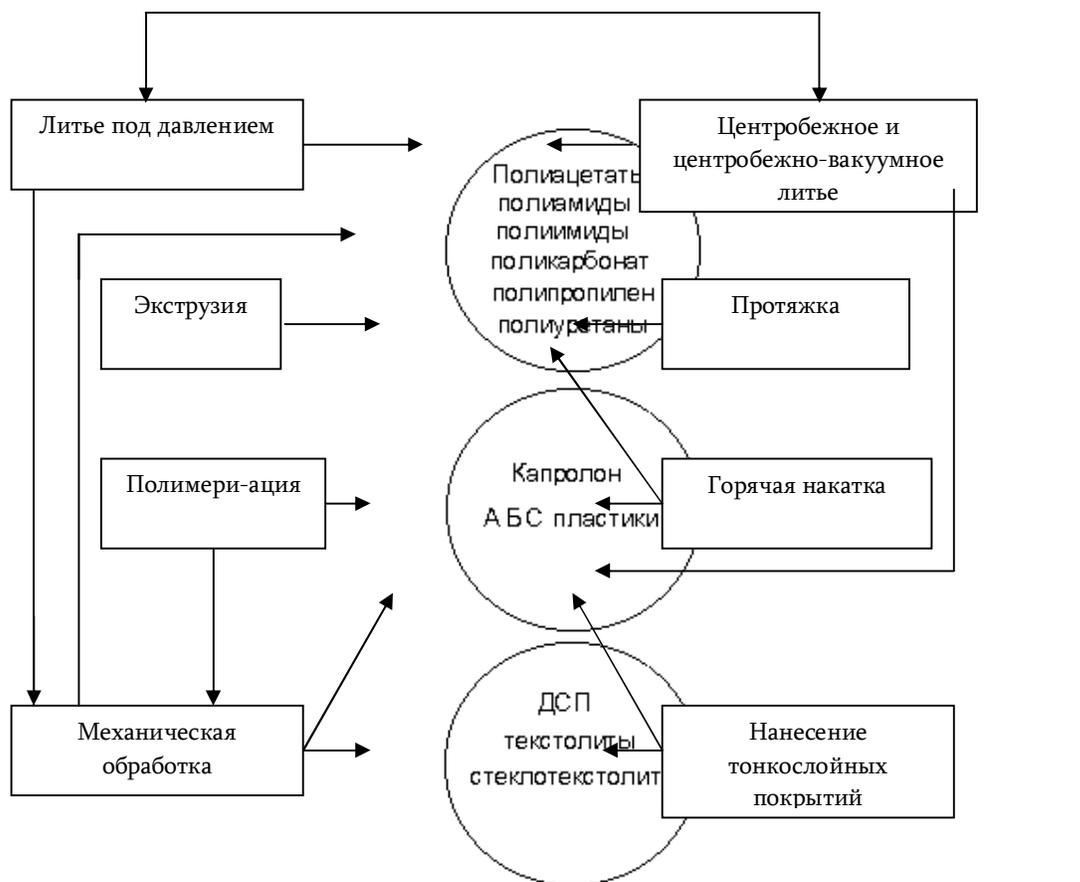


Рис.3. Методы изготовления зубчатых колес из различных полимерных материалов

Предложена схема оптимального выбора пар трения, а также материалов при конструировании полимерных зубчатых колес. Обобщены методы изготовления зубчатых колес из различных полимерных материалов.

*Исследование финансировалось по программе DAAD.*

*The research was sponsored by DAAD program.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белый В.А., Свириденко А.И., Петроковец М.И., Савкин В.Г.** Трение и износ материалов на основе полимеров.- Минск: Наука и техника, 1976.- 431с.
2. Полимеры в узлах трения машин и механизмов: Справочник/ Под ред. **А.В. Чичинадзе.** -М.: Машиностроение, 1980.- 208с.

3. **Погосян А.К.** Трение и износ наполненных полимерных материалов.- М.: Наука, 1977.- 138с.
4. Триботехнические свойства антифрикционных самосмазывающихся пластмасс: Обзор. информ./ Под ред. **Г.В. Сагалаева, Н.Л. Шембель.** -М.: Изд-во стандартов, 1982.- 62с.
5. **Кацнельсон М.Ю., Балаев Г.А.** Полимерные материалы: Справочник. -Л.: Химия, 1982.- 315с.
6. **Белый В.А., Свириденко А.И., Шербаков С.В.** Зубчатые передачи из пластмасс. -Минск: Наука и техника, 1965.- 248с.
7. **Крагельский И.В., Михин Н.М.** Узлы трения машин: Справочник.- М.: Машиностроение, 1984.-280с.
8. Промышленные полимерные композиционные материалы / Пер. с англ; Под ред. **П.Г.Бабаевского.**- М.:Химия,1980.- 472с.
9. Поликомтриб-2005: Тезисы докладов Международной научно-технической конференции – Гомель: ИММС НАНБ, 2005.- 348с.
10. Трибология: Исследования и приложения: Опыт США и стран СНГ / Под ред. **В.А. Белого.** – М.: Машиностроение, 1993.-454с.
11. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / Под ред. **А.В. Чичинадзе.** - М.: Машиностроение, 2001.-584с.
12. **Рымуза З.** Tribology of miniature systems. – Amsterdam: Elsevier, 1989.- 565p.
13. **Погосян А.К., Карапетян А.Н., Шембель Н.Л., Ушакова О.Б.** Исследование технологической точности размеров и износостойкости зубчатых колес приборов времени из самосмазывающихся пластмасс на основе вторичных полиамидов // Антифрикционные пластмассы и их применение в промышленности. -М.: МДНТП, 1984.- С.69-74.
14. **Карапетян А.Н., Рымуза З., Кушниревич З.** Трибологические свойства полимер-полимерных пар // Трение и износ.- 2004. -Т.25, N3. - С. 292-305.

ГИУА, Университет Востока.      Материал поступил в редакцию 13.12.2006.

#### **Ա.Ն. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Գ. ՇԱՐՐ**

#### **ՊՈԼԻՄԵՐԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՏԱՄՆԱՆԻՎՆԵՐԻ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ**

Բերված են պոլիմերային նյութերից ատամնանիվների նախագծման վերլուծության արդյունքները: Առաջարկված են շփման գույգերի և պոլիմերային նյութերի օպտիմալ ընտրության սխեմաներ՝ ատամնանիվների նախագծման և պատրաստման համար: Ընդհանրացված են ատամնանիվների պատրաստման մեթոդները, տարբեր պոլիմերային նյութերի համար:

**Առանցքային բառեր.** շփման գույգեր, շփման գործակից, մաշում, նախագծում, պոլիմերային ատամնանիվ:

#### **A.N. KARAPETYAN, G. SCHARR CHOICE OF POLYMER MATERIALS FOR COG-WHEEL DESIGN**

The results of cog-wheel construction analysis for polymer materials are given. An optimal choice scheme for pairs of friction as well as materials for polymer cog-wheel design and manufacture is proposed. The methods of manufacturing cog-wheels from various polymer materials are generalized.

**Keywords:** pairs of friction, friction coefficient, wear, design, polymer cog- wheel.