

УДК 621.833.1

**КОНСТРУКЦІЙНІ ПЛАСТМАСИ ДЛЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС**

Коломієць С.М., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-24-36, e-mail: ksm\_63@mail.ru

**Анотація** – наведені дослідження перспектив застосування для виробництва зубчастих зачеплень пластмас, які мають конструкційні мастильні властивості, або ж сумішей, до складу яких введені добавки, що знижують коефіцієнт тертя при зіткненні поверхонь тертя, з метою підвищення експлуатаційних якостей механізмів.

**Ключові слова** – конструкційні пластмаси, зубчасте зачеплення, зубчасте колесо, мастильні властивості, коефіцієнт тертя.

*Постановка проблеми.* Неметалічні матеріали, на основі природних або синтетичних полімерів, придатні для виготовлення деталей або окремих елементів машин. Пластмаси класифікуються залежно від складу, структури, властивостей, сортаменту, способу переробки у виробі, функціонального призначення і області застосування. Крім технологічних є пластмаси конструкційного призначення. В останній час зубчасті колеса, виготовлені з пластику, все більше і більше витісняють пристрої з металів у всіх сферах традиційного використання зубчастих передач: сільськогосподарській техніці, автомобілях, побутових приладах, промислового устаткування, трансмісіях машин, приводах інструментів, електронних пристроях, приводах ролет. Причина цього в тому, що зубчасті пристрої із пластмаси дешевші, легші і мають більш високу конструкційну гнучкість, ніж їхні металеві аналоги [1, 2].

В електрифікованих приводах ролет використовують зубчасті передачі, виготовлені зі звичайних пластмас або металеві. Металеві зубчасті передачі більш надійні і довговічні, але потребують зовнішнього змащення і створюють більший шум, ніж пластмасові. Пластмасові зубчасті колеса на відміну від металевих більш дешеві, технологічні, але мають меншу надійність і довговічність.

*Аналіз останніх досліджень.* Для зубчастих механізмів із пластмаси першого покоління звичайно було потрібне зовнішнє змащення (мастила або мастильні матеріали) для збільшення зносостійкості і строку експлуатації. Але для багатьох використовуваних у наші дні зубчастих зачеплень із пластмаси не потрібне зовнішнє змащення. За-

мість цього вони відразу виготовляються зі смол, які мають конструкційні мастильні властивості, або ж із сумішей, до складу яких введені добавки, що знижують коефіцієнт тертя при зіткненні поверхонь тертя.

Пластмаси зовсім не так, як метали, реагують на вплив високих температур, екстремальних навантажень і інших стресових факторів. При конструюванні необхідно усвідомлювати наявність цих відмінностей для того, щоб уникнути руйнування пластмасових деталей [3, 4].

Самозмащувальні зубчасті передачі із пластмаси складають серйозну конкуренцію виробам з металу. Їх використання заощаджує гроші споживача, крім витрат на змащення і мастила, також за рахунок зниження експлуатаційних витрат. Можливість з'єднання частин деталей з пластмас часто робить виробництво складаних одиниць із зубчастими зачепленнями із пластмаси дешевшим, ніж виробництво металевих складаних одиниць. Формовані зубчасті зачеплення із пластмаси можуть бути менші, ніж порівнянні металеві деталі, тому установки і прилади, в яких вони використовуються, можуть також бути меншими. Заміна важких металевих зубчастих коліс пластмасовими при виробництві мобільної техніки збільшує економію палива. Зубчасті зачеплення із пластмаси створюють при експлуатації менше шуму, ніж металеві [5].

*Ціль роботи.* Дослідити перспективи застосування для виробництва зубчастих зачеплень пластмас, які мають конструкційні мастильні властивості, або ж сумішей, до складу яких введені добавки, з метою підвищення експлуатаційних якостей механізмів.

*Результати досліджень.* Пластмаси більш в'язкоеластичні, ніж метали, тому деформація і повзучість можуть стати проблемами при використанні зубчастих передач із пластмаси. Пластмаси швидше втрачають міцність при високих температурах експлуатації, але гранична температура експлуатації різниться залежно від використовуваної для виробництва зубчастих коліс смоли, а також від кількості і типу армування. Оскільки пластмаси мають тільки 1...2% теплопровідності металів, зубчасті передачі із пластмаси довше залишаються розігрітими після того, як їх довели до певної температури. Деякі пластмаси, такі як нейлон, поглинають значну кількість вологи, що може викликати проблеми при переробці, якщо не висушити смоли перед формуванням. Шестірні з нейлону трохи збільшуються в об'ємі в міру того, як вони поглинають вологу. З іншого боку, хоч вологість і знижує міцність нейлону на розрив, вона підвищує його стійкість до ударних навантажень.

Існують різні способи подолання проблеми теплотворення. Використання деяких зубчастих передач із пластмаси потребує нанесення зовнішнього змащення, якщо тертя стане особливо інтенсивним.

Коли використовуються самозмащувальні зубчасті пристрої із пластмаси, конструктори часто знижують експлуатаційні коефіцієнти тертя за рахунок комбінації різнорідних матеріалів, наприклад, ацеталю з нейлоном. Таке з'єднання несхожих матеріалів звичайно протікає з меншим тепловиділенням, ніж з'єднання зубчастих коліс, виготовлених з того самого матеріалу. Іншим способом керування тепловиділенням є приготування сумішей, використовуваних для виготовлення зубчастих коліс, пластмас із добавками, що зменшують тертя, такими як: політетрафтороетілен (ПТФЕ), силікон або графіт.

Результати дослідження швидкості стирання двох взаємодіючих зубчастих коліс, отримані на замовлення СП «Торнадопласт» у Центрі колективного використання «Комп'ютерна і експериментальна механіка» ННГУ, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Швидкість стирання двох взаємодіючих зубчастих коліс  
У мкм/год.

Матеріал Навантаження, МПа	поліамід 46	Ацеталь + ПТФЕ	поліамід 46 + ацеталь	поліамід 46 + ПТФЕ
0,2	0,29	–	–	–
0,4	2,47	0,27	0,21	0,03
0,6	20	2,72	1,31	0,25
0,8	–	–	10,6	2,5
1	–	–	–	22

Експлуатаційні властивості багатьох марок смол, використовуваних для виготовлення зубчастих зачеплень, добре відомі, так що інженери звичайно добре розуміють, які зміни слід внести в конструкцію зубчастих механізмів при переході від металу до пластмаси. Удосконалені засоби комп'ютерного проектування (computer-aided design CAD), які пропонуються споживачам деякими виробниками смол і компаундів, можуть пророкувати з великим ступенем точності, як поведеться зубчаста передача із пластмаси в тому або іншому випадку.

Умовно смоли, використовувані для виробництва пластмасових зубчастих коліс, можна розділити на дві категорії: кристалічні і аморфні. У цілому, матеріали в категорії кристалічних і частково кристалічних – такі, як нейлон, ацеталь. У результаті кристалічні пластмаси

застосовуються в умовах, коли часто мають місце екстремальні навантаження і цикли запуску устаткування. Аморфні полімери більше підходять для використання там, де порівняно рідко бувають високі швидкості і великі навантаження або там, де потрібні невеликі зубчасті колеса або зубчасті колеса високої точності.

Частково кристалічні смоли стійкі до впливу хімічних речовин, мають великий опір втомі, високий коефіцієнт заповнення, витримують циклічні навантаження.

В дослідженнях ми використовували ацеталь – твердий, стійкий до повзучості і міцний матеріал, який має низький коефіцієнт тертя, зберігає стабільність при високих температурах і забезпечує більш високу стійкість до впливу високих температур.

Ацеталі належать до конструкційних полімерів, які краще всіх пручаються деградації, яка відбувається під впливом високих температур. Змащувальна здатність ацеталей може бути збільшена за рахунок їх наповнення політетрафтороетиленом. Зубчасті зачеплення із самозмащувального ацетала особливо добре використовувати при виготовленні переробного устаткування для харчової і фармацевтичної промисловості, де неприпустиме потенційне забруднення зовнішнім змащенням.

Рідкокристалічні полімери проявляють виняткову плинність при формуванні, що дозволяє формувати із них дуже точні зубчасті передачі. Проте, у цих матеріалів також надвисока термостійкість, вони можуть витримувати вплив корозійно-активних хімікатів. Це робить їх придатними для виготовлення зубчастих коліс для будь-яких механізмів.

Добавки, які використовуються при виготовленні пластмас, призначених для виробництва зубчастих механізмів, підрозділяються на дві категорії: що зменшують тертя; поліпшують параметри термостійкості і механічні властивості.

В дослідженнях ми використовували політетрафтороетилен, який має найнижчий коефіцієнт тертя, утворює плівку змащення на поверхні деталей, модифікує поверхні після первісного періоду експлуатації, сприяє збільшенню стійкості до динамічних навантажень.

Використання деталей з пластмас дозволяє забезпечити чудові експлуатаційні показники, підвищити рівень технічної готовності механізмів. У таблиці 2 наведені результати дослідження пар тертя з різних матеріалів.

У категорії нейлонів для виробництва зубчастих зачеплень використовуються поліамід 46 і поліамід 66. Для нейлону характерні: низький коефіцієнт тертя, висока стійкість до впливу хімічних речовин і виняткові хімічні властивості. Поліамід 46, крім звичайних переваг властивих нейлону, має також видатні механічні властивості і

Таблиця 2

Момент тертя двох взаємодіючих поверхонь

У Нм

Матеріал Темпера- тура, град. С	поліамід 46	Ацеталь + ПТФЕ	поліамід 46 + ацеталь	поліамід 46 + ПТФЕ
20	0,056	0,042	0,028	0,020
30	0,048	0,037	0,015	0,012
40	0,036	0,025	0,009	0,008
50	0,015	0,015	0,004	0,005
60	0,011	0,008	0,003	0,002

зносостійкість при високих температурах. Тому в дослідженнях в якості наповнювача ми використовували поліамід 46. Розроблене зубчасте зачеплення привода ролет, яке експлуатується при температурі до 60°C без додаткового змащення, заощаджує до 40% витрат у порівнянні з варіантом використання металевих зубчастих коліс. Зубчасті зачеплення з поліаміду 46 створюють на 3...5 децибел менше шуму, ніж металеві деталі. Застосування зубчастих коліс із поліаміду 46 у приводі ролет дозволило зменшити розміри привода при тій же передаваній потужності.

*Висновки.* Загальна тенденція використання менш витратних, більш легких і менш гучних компонентів в галузях виробництва промислових і побутових пристроїв дозволяє зубчастим колесам із пластмаси захоплювати нові ринки. Зубчасті зачеплення із пластмаси дають найбільші переваги, оскільки для них не потрібно додаткових мастильних матеріалів. Пластмаси, що не мають достатньої змащувальної здатності, часто можуть бути використані для виробництва зубчастих зачеплень за рахунок застосування добавок, які також можуть поліпшити їхні фізичні властивості. Заміна металевих зубчастих коліс пластмасовими вимагає точного розуміння відмінностей між цими матеріалами. Виробники смол і компаундів прагнуть розширити сферу застосування пластмас, поширивши їх використання на виробництво зубчастих зачеплень складної форми зі здатністю витримувати більші навантаження, ніж існуючі.

#### *Література*

1. Основы конструирования и расчета деталей из пластмасс и

технологической оснастки для их изготовления. / Р.Г. Мирзоев, И.Д. Кугушев, В.А. Брагинский и др.: учебное пособие для студентов вузов. – Л.: Машиностроение, 1972. – 416 с.

2. Москвичев Ю. Л. Гранульные композиты и эффективность их использования / Ю. Л. Москвичев. – Журнал «АС» (Actual Conference), 2011. – №1(70). – С. 44-48.

3. <http://www.nt35.ru>

4. <http://www.rollets.by>.

5. <http://rollet-group.com.ua>.

## **КОНСТРУКЦИОННЫЕ ПЛАСТМАССЫ ДЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

С. М. Коломиец

***Аннотация*** – приведены исследования перспектив применения для производства зубчатых зацеплений пластмасс, которые имеют конструкционные смазочные свойства, или же смесей, в состав которых введены добавки, которые снижают коэффициент трения при столкновении поверхностей трения, с целью повышения эксплуатационных качеств механизмов.

## **CONSTRUCTION PLASTICS FOR GEAR-WHEELS**

S. Kolomiyets

### ***Summary***

**Resulted researches of prospects of application for the production of the toothed hooking of plastics, which are construction lubricating characteristics, or from mixtures, which the entered additions, which reduce the coefficient of friction at the collision of surfaces of friction with the purpose of increase, of operating qualities of mechanisms are in the complement of.**