

УДК 629.735.45

Пилипенко О. І., д.т.н., професор

Колесник Д. М., с.н.с.

Березняк А. М., с.н.с.

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів, Україна

МОДИФІКОВАНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗУБЦІВ І ЗУБЧАСТИХ КОЛІС АВІАЦІЙНИХ РЕДУКТОРІВ

Від правильності вибору параметрів зубчастих коліс передач і приводів залежать у вирішальній мірі працездатність літаків, вертольотів, автомобілів, тракторів, верстатів і багатьох інших виробів машинобудування.

За призначенням авіаційні зубчасті передачі поділяються на чотири великих групи: 1) зубчасті передачі основного кінематичного ланцюга головних і проміжних редукторів вертольотів; 2) – редукторів турбовентиляторних двигунів; 3) – приводів двигунів, агрегатів літаків і вертольотів; 4) – трансмісій літаків і вертольотів, а також інші передачі, у тому числі кінематичні. Перші дві групи і частково третя група передач є високонапруженими, а частина з них – також і високошвидкісними [1].

Геометрія авіаційних евольвентних циліндричних зубчастих передач має наступні особливості, які відрізняють її від зубчастих передач загальномашинобудівного застосування: 1) особливий початковий контур; 2) особливий виробляючий контур, який в загальному випадку не співпадає з початковим; 3) модифікація профілю, в результаті чого він значно відрізняється від номінального.

Вдосконалення властивостей цих передач – підвищення несучої здатності, зниження маси і габаритних розмірів, збільшення термінів служби і ККД – є завданнями у галузі авіаційного редукторобудування, що не втрачають своєї актуальності.

В залежності від основних експлуатаційних характеристик альтернативно стандартному початковому контуру зуба і початковим контурам з кутом головного профілю $\alpha_p = 20^\circ$ можуть бути використані наступні типи модифікованих початкових контурів, основні параметри яких приведені в табл. 1 [2]:

– початковий контур зуба 1 з вибраним піднутренням U_{FP} забезпечує стійку реалізуємість піднутрення зубців при мінімальній висоті h_{fp} ніжки зубців, рекомендовано використовувати для зубчастих коліс, оброблених шліфуванням, з високим крутним моментом і підвищеними вимогами до віброактивності;

– початковий контур зуба 2 забезпечує найбільш високу згинальну міцність зубців 6-7 ступеня точності, рекомендовано використовувати для зубчастих коліс з високим крутним моментом без підвищених вимог до віброактивності;

- початковий контур зуба 3 забезпечує високий коефіцієнт перекриття, рекомендовано використовувати для високоточних зубчастих передач з високими вимогами до рівня шуму та вібрації;
- початковий контур зуба 4 забезпечує найбільшу товщину шару мастила, рекомендовано використовувати для коліс планетарних передач.

Таблиця 1 – Параметри різних типів початкових контурів

Позначення параметра	Типи модифікованих початкових контурів			
	1	2	3	4
α_p	25^0	28^0	22^0	33^0
α_{pN}	25^0	28^0	22^0	20^0
h_{ap}^*	1	0,9	-	-
c_p^*	0,20328	0,18438	0,25	0,3
g_p^*	0,02	0,02	0,02	0,02
h_{fp}^*	1,20328	1,08438	-	-
ρ_{fp}^*	0,35208	0,34754	0,37	0,3
ρ_{fpN}^*	0,35208	0,34754	0,37	0,3
s_{ap}^*	-	-	0,35	0,35
ρ_k^*	0,25	0,25	0,2	0,25
U_{fp}^*	0,02	0,02	0	0,02

В таблиці 1: a_p – кут профілю; α_{pN} – кут профілю суміжної сторони; h_{ap}^* – висота голівки зуба стандартного початкового контуру в долях модуля; c_p^* – радіальний зазор між стандартним початковим контуром і співпадаючим початковим контуром в долях модуля; g_p^* – пригранична зона головного профілю – зазор (в долях модуля), що забезпечує відсутність інтерференції вершини співпадаючого початкового контуру з перехідною кривою основного початкового контуру; h_{fp}^* – висота ніжки зуба стандартного початкового контуру в долях модуля; ρ_{fp}^* – радіус кривини перехідної кривої початкового контуру в долях модуля; ρ_{fpN}^* – збільшений радіус перехідної кривої, що забезпечує формування максимального радіусу перехідної кривої без інтерференції; s_{ap}^* – товщина вершини зуба початкового контуру; ρ_k^* – радіус кривини лінії притуплення крайки вершини зуба початкового контуру; U_{fp}^* – величина піднутрення. Всі параметри з зірочкою вказані в долях модуля.

При роботі зубців по всій активній частині лінії зачеплення з профільним кутом $\alpha = 25^0$ забезпечується висока контактна і згинальна міцність, а також стійкість проти заїдання поверхонь зубців високонапружених передач. Подальше збільшення контактної міцності та ресурсу забезпечується застосуванням ПВК (початкового виробляючого контуру) з профільним кутом $\alpha = 28^0$.

Розглянемо, які переваги дає застосування збільшених профільних кутів в порівнянні зі стандартними ($\alpha_w = 20^\circ$), що застосовують у загальному машинобудуванні.

1. Збільшення профільного кута α ПВК, що супроводжується збільшенням кута зачеплення α_w , призводить до зменшення коефіцієнта перекриття ε_α , тобто зони двопарного зачеплення (рис. 1). Для забезпечення працездатності більш жорстких зубців у зоні двопарного зачеплення необхідно, щоб погрішності зубчастих коліс були менше їх деформацій.

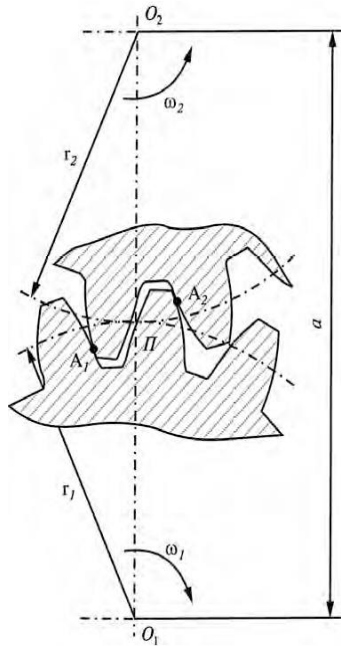


Рисунок 1 – Двопарне зачеплення

2. Вплив коефіцієнта перекриття ε_α на несучу здатність передачі проявляється слабкіше, ніж вплив кута зачеплення (до певного моменту). З цієї причини важливо забезпечити більш м'який, безударний вхід в зачеплення, більш раціональну геометрію вершини голівки зуба з врахуванням радіусів, фасок і хіміко-термічної обробки, ніж виготовлення зуба з підвищеним коефіцієнтом перекриття.

3. Збільшення профільного кута α ПВК супроводжується збільшенням товщини гідродинамічної плівки, зростанням контактної міцності зубців, стійкості їх поверхонь проти заїдання і, в більшості випадків, зменшення місцевих згинальних напружень.

4. Виготовлення піднутреної основи у зубчастих коліс тим легше, чим більше кут α .

Зубчасті передачі з гарантованим коефіцієнтом перекриття $\varepsilon_\alpha = 2,0$ мають суттєво менший рівень вібрацій і в цілому їх несуча здатність приблизно у 1,5 рази більше, ніж у передачі високонапружених редукторів [2,3]. ПВК з параметрами $\alpha = 25^\circ$, $h_\alpha^* = h_f^* = 1,0$ застосовується в ряді редукторів і приводів авіаційних двигунів; ПВК з $\alpha = 28^\circ$, $h_\alpha^* = h_f^* = 0,9$ пройшов багатолітні

випробування в зубчастих передачах редукторів турбовентиляторних двигунів АИ-20, АИ-24, головному редукторі Р-26 вертольоту та ін.

Дослідження показали [1], що модифіковане зачеплення, утворене вихідним початковим контуром, окресленим дугою кола на голівці або по всьому профілю, є більш раціональним, тому що дозволяє повністю виключити удари під час переспряжень зубців піднавантаженням і суттєво зменшити циклічну погіршеність при належному виборі величини модифікації.

Список літератури

1. Авиационные зубчатые передачи и редукторы : справочник / Под ред. Э.Б. Вулгакова. М.: Машиностроение. 1982. 375 с.
2. ГОСТ 13755-2015. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходные контуры (ISO 53:1998, Cylindricalgearsforgeneralandheavyengineering – Standardbasicracktoothprofile, MOD). М.: Стандартинформ. 2016.
3. Вулгаков Э.Б., Ананьев В.М., Голованов В.В. Виброактивность зубчатых передач с коэффициентом перекрытия больше двух. *Вестник машиностроения*, 1974, № 6, С. 26–31.

УДК 621.7.044

Савченко Ю. В., к.т.н., доцент

Днепропетровский государственный университет внутренних дел, г. Днепр, Украина

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Машиностроение, авиация, судостроение и целый ряд других отраслей промышленности используют большое количество изделий труб самого разнообразного сортамента.

Биметаллические изделия-трубы обладают специальными физико-химическими свойствами, которые нельзя получить в однослойных изделиях, их удастся достигнуть только в специальных композициях. В промышленности существует несколько способов получения биметаллических труб, основанных на совместном пластическом деформировании свариваемых металлов при высоких температурах: прессование, деформация на прошивных и волочильных станах, термодиффузионная сварка, центробежная отливка и ряд других. Каждый способ имеет свои недостатки, преимущества и границы использования.

Принципиальным недостатком существующих способов является то, что процесс схватывания металлов протекает при высоких температурах, значительных выдержках, вследствие чего происходит диффузионное перераспределение элементов между свариваемыми металлами на значительные расстояния от контактных поверхностей. Вышеуказанные