

Павленко О.Д., *наук. кер. Герасимчук О.М., к.т.н., доц.*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, e-mail: elena.gerasymchuk@gmail.com

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ЗУБОРІЗНИХ ФРЕЗ

Найбільш трудомісткою операцією під час виготовлення зубчастих коліс є операція нарізання зубів (до 50-60% від загальної трудомісткості). Нарізання зубів є досить складним процесом і напряду залежить від експлуатаційних можливостей зуборізного інструменту. Найбільш поширеними, продуктивними і точними зуборізними інструментами є черв'ячні зуборізні фрези [1].

Підвищення стійкості черв'ячних зуборізних фрез і підвищення продуктивності операцій зубофрезерування визначається в основному досконалою конструкцією зуборізного інструменту.

Одним із напрямків підвищення стійкості таких фрез є збільшення передніх кутів. Але оброблення коліс таким інструментом призводить до похибок профілю зуба колеса. Для уникнення цього необхідне коректування профілю зуба фрези, що ускладнює проектування та виготовлення. Збільшення переднього кута також призводить до зменшення кута загострення і погіршення відведення тепла.

Стійкість черв'ячних зуборізних фрез може бути підвищена за рахунок застосування високолегованих швидкорізальних сплавів або надтвердих сплавів. Однак ці матеріали мають високу вартість і їхнє застосування не завжди виправдане.

Обробка зубчастих коліс черв'ячними зуборізними фрезами, які мають профіль зубів в нормальному або осьовому перетині, відповідно до стандартного вихідного контуру за ГОСТ 13755-81 [2], як правило є досить неефективною. Причиною цього є той факт, що під час обробки такими фрезами в процесі формоутворення можуть брати участь одна, дві або три різальні кромки зуба фрези (рис.1). Схема і послідовність формування западини колеса визначається схемою різання. Схема різання черв'ячною зуборізною фрезою включає конструктивне рішення і хід призначення геометричних параметрів профілю зубів фрези в нормальному або осьовому перетині з метою забезпечення заданого порядку формоутворення западини зуба колеса і заданої форми зрізуваних шарів [3]. За стандартної схеми різання, тобто при нарізанні зубів стандартною фрезою [4] найбільший шар матеріалу заготовки зрізується вершинними різальними кромками черв'ячної фрези, трохи менший – бічними різальними кромками вхідної сторони профілю, а найменший шар - бічними різальними кромками вихідної сторони профілю. Товщина зрізуваних шарів відмінна також і для різних зубів, що беруть участь у різанні. Перші по витку зубці є найбільш завантаженими, а профілюючі – найменш.

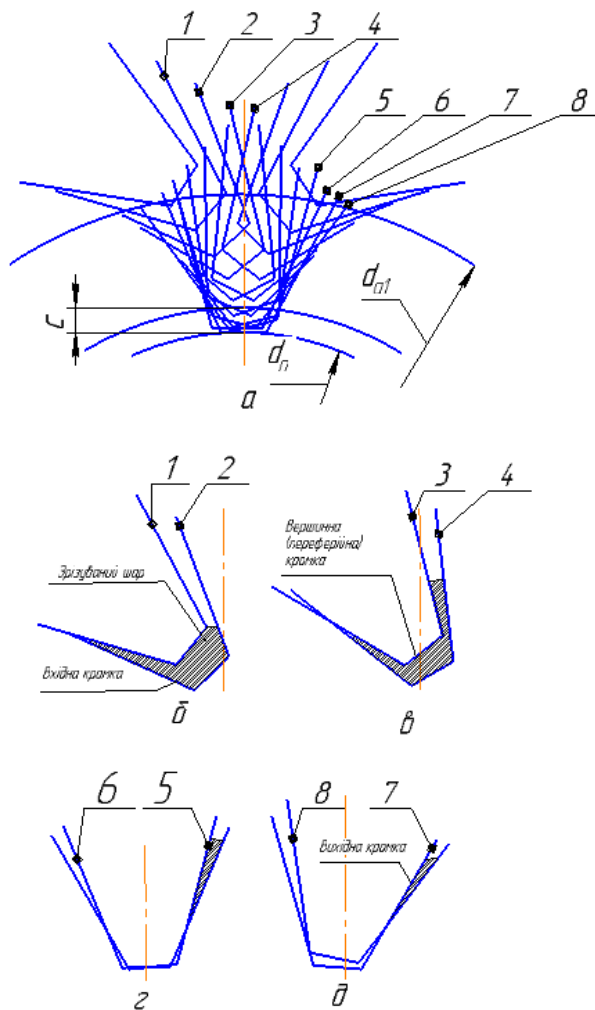


Рис. 1 Схема утворення западини зуба колеса черв'ячною зуборізною фрезою із стандартним вихідним контуром за ГОСТ 13755-81.

За стандартної схеми різання кожний зуб, який працює двома або трьома кромками, зрізає складну Г- подібну або П - подібну стружку. тобто працює в умовах невідільного різання. Зношування по задніх поверхнях бічних кромки перевищує зношування по задній поверхні вершинної кромки внаслідок спільної усадки стружок різної товщини і утворення значної лунки зношування по передній поверхні поблизу кута вихідної різальної кромки внаслідок сходу стику стружок. Зменшити зношування можна розділивши стружку на вершинній і бічних кромках, при цьому зменшиться напруження під час усадки стружки, яка зрізується бічними кромками і зміниться напрямку сходу стружки. Одним із шляхів підвищення стійкості є використання раціональних схем різання, які дозволяють розділити таким чином стружку і приблизити процес зубофрезерування до умов вільного різання.

Наразі відомі три основні схеми різання стосовно черв'ячних зуборізних фрез [3]: вершиннонавантажена, прогресивна і схема різання з позмінним навантаженням бічних різальних кромки.

За вершиннонавантаженої схеми зубці фрези уздовж витка, через один зменшені за висотою і ріжуть тільки бічними різальними кромками. Зубці повного профілю (як у стандартної фрези) ріжуть усіма різальними кромками, причому вершинні різальні кромки зрізують шари подвійної товщини [5]. В цьому випадку напрямок сходу стружки близький до напрямку нормалі до вершинної різальної кромки, що характерно до умов вільного різання, характер зношування не відрізняється від стандартної черв'ячної зуборізної фрези але інтенсивність зношування значно менше. Внаслідок стійкість підвищується. Фрези з вершиннонавантаженою схемою різання можуть бути виготовлені із стандартних фрез шляхом перешліфовування їхніх вершин через зуб на затилувальних верстатах.

Найбільш перспективною реалізацією роздільного стружкоутворення є застосування черв'ячних зуборізних фрез з прогресивною схемою різання, коли зубці, чергуючись через один, мають або нормальний профіль (профілюючі зубці), або профіль зменшений по ширині і збільшений по висоті (висотні зубці). Тобто зубці ріжуть або тільки вершиною, або тільки бічними різальними кромками. При цьому така схема різання дозволяє уникнути утворення Г-подібної або П - подібної стружки та умови різання наблизити до умов вільного різання. Дослідження показали, що за такої схеми різання найбільш навантаженими є висотні зубці, які ріжуть вершинними різальними кромками, вони ж і обмежують зношування інструмента. Характер зношування відрізняється від стандартної черв'ячної зуборізної фрези. Задні поверхні зубців біля вершинної різальної кромки зношуються рівномірно, ширина полоси зношування уздовж різальної кромки постійна за величиною, зношування і висотних, і профілюючих зубців відбувається з однаковою інтенсивністю. Стійкість фрез з прогресивною схемою у 2-5 разів вища за стандартні фрези. Виготовлені такі фрези можуть так само із стандартних фрез шляхом перешліфовування на затилувальних верстатах з використанням спеціальних двухпрофільних затилувальних кулачків.

Основним недоліком застосування фрез з прогресивною схемою різання є збільшення огранювання зубів колеса внаслідок того, що у процесі нарізання беруть участь у два рази менше різальних кромок порівняно із стандартними фрезами. Тому цю схему доцільно застосовувати під час оброблення зубчастих коліс із збільшеними модулями ($m > 5$ мм) з наступним шевінгуванням, шліфуванням або чистовим фрезеруванням. Оскільки формування евольвентної частини зуба колеса здійснюється зубцями з нормальним профілем, можна висотні зубці фрези виготовляти з певним переднім кутом, що не призведе до спотворення профілю зуба колеса. При цьому зменшаться сили різання, деформація зрізаного шару та покращаться умови різання.

За схеми різання з позмінним навантаженням бічних різальних кромок зубці черв'ячної зуборізної фрези через один по витку виготовляють зменшеної ширини по чергово з правої і лівої сторони профілю. Таким чином можна уникнути утворення П - подібної стружки за рахунок збільшення кількості Г-

подібної стружки. Це дозволяє зменшити деформацію шарів, які зрізуються бічними різальними кромками за рахунок перерозподілу навантаження між двома сусідніми по витку зубцями так, що одні зубці зрізують матеріал тільки вершинними і правими різальними кромками, а інші – вершинними і лівими різальними кромками, причому бічні різальні кромки зрізають шар подвійної товщини. Ця схема різання займає проміжне становище між вершиннонавантаженою і прогресивною схемами різання. Виготовлені такі фрези можуть теж із стандартних фрез шляхом перешліфовування на затилувальних верстатах.

Загальним недоліком цих схем є ускладнення технологічної операції затилування зубців. По-перше, необхідний не один, а два або три різних профільних круги, по-друге, зубці необхідно затилувати по черзі, спочатку, наприклад парні, потім – непарні, що призводить до збільшення часу оброблення.

Ще одним способом підвищення стійкості черв'ячних зуборізних фрез є збільшення задніх кутів. Конструкція стандартних черв'ячних зуборізних фрез передбачає можливість переточування, причому на шкоду стійкості, так як під час затилування за архімедовою спіраллю не можна забезпечити задні кути на бічних різальних кромках більше $2^{\circ}30'$ і створити сприятливі умови різання. Тому перспективним є застосування непереточуваних черв'ячних зуборізних фрез. Такі фрези дозволяють призначати задні кути на вершинній різальній кромці зубців $15^{\circ}\dots 18^{\circ}$. Крім цього собівартість таких фрез нижча за рахунок формування задньої поверхні зубців шліфуванням замість затилування.

Проаналізовано основні шляхи підвищення стійкості черв'ячних зуборізних фрез. Вибір способу підвищення стійкості у будь-якому конкретному випадку визначається технічною та економічною доцільністю, а також технічними умовами до проекту.

Список використаних джерел:

1. Родин П. Р. Основы проектирования режущих инструментов / Петр Родионович Родин. – Киев: Вища школа, 1990. – 423 с.
2. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходный контур. ГОСТ 13755-81 - Москва. Издательство стандартов. 1981.
3. Червячные зуборезные фрезы: Учебное пособие / [В. В. Токарев, Г. Г. Скребнев, А. Т. Нарожных та ін.]. – Волгоград: ВолгГТУ, 1998. – 136 с.
4. Фрезы червячные чистовые однозаходные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Технические условия. ГОСТ 9324-80 – Москва. Государственный комитет СССР по стандартам. 1988.
5. А.С.181953 СССР. Червячная фреза для обработки зубчатых колес / Медведицков С.Н. (СССР) – 28.02.66: Опубл. 21,04,1966, Бюл.№10.