

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАРІЗАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС РАДІАЛЬНО-КОЛОВИМ СПОСОБОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ SOLID WORKS

Зубчасті колеса належать до найпоширеніших деталей машин, які виготовляють великими обсягами. Разом з тим, через наявність зубчастого вінця це деталі підвищеної складності та працемісткості.

Основним методом нарізання коліс є зубофрезерування модульними черв'ячними фрезами. Ці інструменти відносять до найскладніших за будовою та найдорожчих різальних інструментів, які застосовують в машинобудуванні. Процес черв'ячного зубофрезерування є малопродуктивним, внаслідок чого в парку металорізального обладнання на зубообробні верстати припадає до 50% усієї кількості верстатів.

Разом з тим, відомий інший метод нарізання зубчастих коліс, в якому використовують дискову фрезу – радіально коловий спосіб (РКС). Його особливість у тому, що фреза встановлюється на верстаті з ексцентриситетом, а сам процес здійснюється при неперервному обкочуванні, як при використанні черв'ячної фрези. Метою даної роботи було порівняння цих двох методів при обробці однакових коліс за однакових початкових умов. Дослідження показали наступне.

1. Вартість дискової фрези на порядок менша від вартості черв'ячної фрези. Окрім того, ексцентриситет можна змінювати плавно в широких межах, що рівнозначне зміні модуля, а одна дискова фреза може замінити 4-5 черв'ячних фрез різних модулів. Приймаючи до уваги, що у собівартості зубчастих коліс майже половина витрат припадає на черв'ячні модульні фрези, це робить зубофрезерування РК способом у десятки разів менш витратним, а собівартість зубчастих коліс, нарізаних дисковою фрезою буде на 30-50% меншою.

2. Для подальшого дослідження РК способу було розроблено графоаналітичну тривимірну модель параметрів зрізів дискової фрези. Ці параметри при різанні в умовах зубофрезерування за методом обкочування неперервно змінюються та містять у собі ключову інформацію про даний процес. Для цього використано систему твердотільного моделювання Solid Works, для якої розроблено алгоритм, що враховує кінематику процесу зубофрезерування в РК способі. Згідно цього алгоритму виконувалися графічні побудови сплайнів, якими відтворено формування 3D геометрії недеформованих стружок на усіх зубцях інструменту.

Композиція сплайнів у кожному миттєвому положенні інструменту дає змогу розкласти складну кінематику руху різання та формоутворення на елементарні складові, та дати кількісну оцінку параметрам зрізаних шарів: розрахувати площу поперечного перерізу, товщину і ширину стружок, активну довжину лез, роботу кожного зубця за масою та об'єм стружки тощо.

Поєднання отриманих кількісних характеристик зрізів з результатами реологічного моделювання процесу зубофрезерування в системі Deform, якою встановлено інтенсивність зсуву та напружень у виді коефіцієнта осадження стружок ξ дало змогу описати силове поле фрези і визначити силу різання .

$$P = [\tau] \cdot \xi \cdot S ; \quad (1)$$

де τ – межа міцності на зсув (табличне значення), S – площа перерізу зрізів.

При однаковій силі різання коефіцієнт осадження матеріалу у дискової фрези ($\xi = 1,4$) буде на 35% менше, ніж у черв'ячної фрези ($\xi = 2,15$), а подача на 40% вища (відповідно, 3 мм/об. та 5 мм/об. Ці дані свідчать про скорочення основного часу обробки в РК способі при використанні дискової фрези.

$$t_o = \frac{L_p}{S_{xв}} = \frac{L_p}{S_o \cdot n} , \quad (2)$$

де L_p – основний шлях різання, мм; n – частота обертання фрези (65 об/хв.). Наприклад, для партії деталей з шляхом різання 3000 мм:

$$\text{– черв'ячна фреза: } t_o = \frac{3000}{3 \cdot 65} = 15,5 \text{ хв} ;$$

$$\text{– дискова фреза: } t_o = \frac{3000}{5 \cdot 65} = 9,2 \text{ хв};$$

тобто, скорочення основного часу обробки становить 40%.

При використанні однакової осьової подачі в РК способі значно зменшується сила різання (4800 Н та 740 Н відповідно) і величина пружного деформування системи; так, при жорсткості верстата 6000 Н/мм²:

$$\text{– черв'ячна фреза: } y = \frac{4800}{6000} = 0,8 \text{ мм} ;$$

$$\text{– дискова фреза: } y = \frac{740}{4800} = 0,15 \text{ мм} ,$$

що свідчить про підвищення точності зубчастих коліс, та, загалом, про істотне підвищення ефективності процесу нарізання коліс дисковою фрезою в радіально- коловому способі зубофрезерування.