

УДК 621.934.2.8

Левицький В.Ю., *наук. кер. Майданюк С.В., асист.*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, e-mail: leval95@gmail.com, may_sv@i.ua

ЗУСИЛЛЯ РІЗАННЯ КРУГЛИМИ ПИЛКАМИ З РІЗНОНАПРАВЛЕНИМИ ЗУБЦЯМИ

У виробництві одним з основних способів розрізання деталей та отримання заготовок є розрізання круглими пилками, які використовуються для оброблення різноманітних матеріалів, в тому числі металів, пластмас і деревини, різного профілю та розмірів: цільних, трубчастих, а також профілів різної форми та розмірів та використовуються на ручних, напівавтоматичних і автоматичних відрізних верстатах.

Проте, оброблення продуктивність та якість оброблення круглими пилками дуже низькі, при цьому, умови роботи та вимоги до конструкції інструменту, для різних оброблюваних матеріалів, сильно відрізняються. Але, останнім часом, зростають вимоги до виготовлення заготовок – підвищення точності та шорсткості обробки, зменшення розмірів задирок на поверхнях, особливо це актуально при обробленні металів. Тому задача розробки конструкції круглої пилки високої точності, надійності та працездатності для оброблення металів є актуальною.

Круглі пилки працюють в умовах скованого різання, що характеризується, переривчастим характером процесу різання, несприятливими умовами стружкоутворення та стружковідведення. Також, внаслідок ударів зубців в моменти початку та закінчення процесу різання кожного зубця, виникають різкі коливання зусиль різання, що сприяє виникненню шкідливих вібрацій з великою амплітудою та порівняно малою частотою та є причиною інтенсивного зносу та поломки інструменту.

Дослідженню вібрацій при різанні круглими пилками присвячені роботи [1-5], в яких досліджувався вплив конструктивних та геометричних параметрів і режимів різання прямозубих конструкцій інструменту та встановлено, що на амплітуду та частоту вібрацій безпосередньо впливають зусилля різання.

В роботах [1-4] досліджувався вплив нерівномірності кутового кроку зубців круглих пилок на зусилля різання сталевих заготовок та встановлено, що в процесі роботи інструменту з нерівномірним кутовим кроком зубців зусилля різання та вібрації, на малих частотах, зменшуються, але не вирішені питання ударів зубців в моменти початку та закінчення процесу різання.

В роботі [5] досліджувався вплив схем різання припуску круглими пилками на зусилля різання при розрізанні заготовок та встановлено, що використання групової схеми різання істотно зменшує зусилля різання. В роботі також відзначалося, що зусилля, які виникають в процесі різання, не призводять до виникнення критичних вібрацій на малих частотах. Слід

відзначити, що існуючі дослідження процесу різання круглими пилками стосуються лише інструментів з прямими та похилими зубцями. Разом з цим, не вирішені питання з осьовими зусиллями різання. Таким чином, питання визначення та регулювання зусиль різання, за рахунок геометричних параметрів та режимів різання, є актуальною науковою задачею при проектуванні інструменту.

Існують конструкції круглих пилок з різнонаправленими зубцями [6], що позитивно зарекомендували себе при обробленні різного роду пластиків. Перевага таких інструментів в тому, що сумарні осьові зусилля різання зменшуються за рахунок зміни напрямку сил, які діють на кожен зубець фрези, що бере участь в процесі різання в даний момент. Проте процес різання таким інструментом досліджено недостатньо та рекомендації з вибору режимів різання та геометрії інструменту відсутні, що є однією з причин їх малого розповсюдження.

Конструкція пилки з різнонаправленими зубцями характеризується розташуванням суміжних зубців під кутом в плані та з різним напрямком під кутом λ , відносно осі (рис. 1). Кут в плані впливає на товщину зрізуваного шару, а кут нахилу кромки забезпечує процес косокутного різання, що характеризується плавністю процесу різання, та нерівномірним кутовим кроком між точками різальних кромки суміжних зубців, що сприяє зменшенню вібрацій [4].

Для оцінки зусиль різання, що виникають в процесі роботи інструменту з різнонаправленими зубцями, були проведені порівняльні випробування круглих пилок з різнонаправленими зубцями та пилок стандартних конструкцій з прямозубими зубцями, з рівномірним кроком зубців.

Випробування виконувалися на універсально-фрезерному верстаті 6Б75ВФ круглими пилками зі швидкорізальної сталі Р6М5 діаметром 160мм, товщиною 1,6мм з кількістю зубців 80 при відрізання круглого прокату діаметром 12 мм зі сталі 45.

Для визначення впливу різнонаправленості зубців пилки величини переднього γ та заднього α кутів було прийнято відповідно до умов експлуатації, як у стандартного інструменту, але, оскільки у стандартної пилки кут в плані $\phi = 90^\circ$, то передній γ та задній α кути є кутами в нормальному перерізі. Таким чином, під час випробувань було прийнято: передній кут в нормальному перерізі $\gamma_H = 20^\circ$, задній кут в нормальному перерізі $\alpha_H = 5^\circ$.

В якості вхідних параметрів були прийняті геометричні параметри різальної частини зубців (рис. 1) фрези: інструментальний кут в плані ϕ_i , кут нахилу різальної кромки λ_i ; та режими різання: швидкість різання V та подача на зубець S_z фрези. Діапазони значень геометричних параметрів та режимів різання вибрані на підставі рекомендацій довідкової літератури та можливостей верстата.

ІННОВАЦІЇ МОЛОДІ—МАШИНОБУДУВАННЮ

В якості вихідних параметрів процесу відрізання прийняті зусилля різання, які, в процесі роботи круглої пилки, визначалися за складовими: сила подачі P_s , яка навантажує механізм подачі верстата; вертикальна сила відтискання P_n , яка направлена перпендикулярно до стола верстата та бокова сила P_a , яка направлена вздовж осі інструменту (рис. 2).

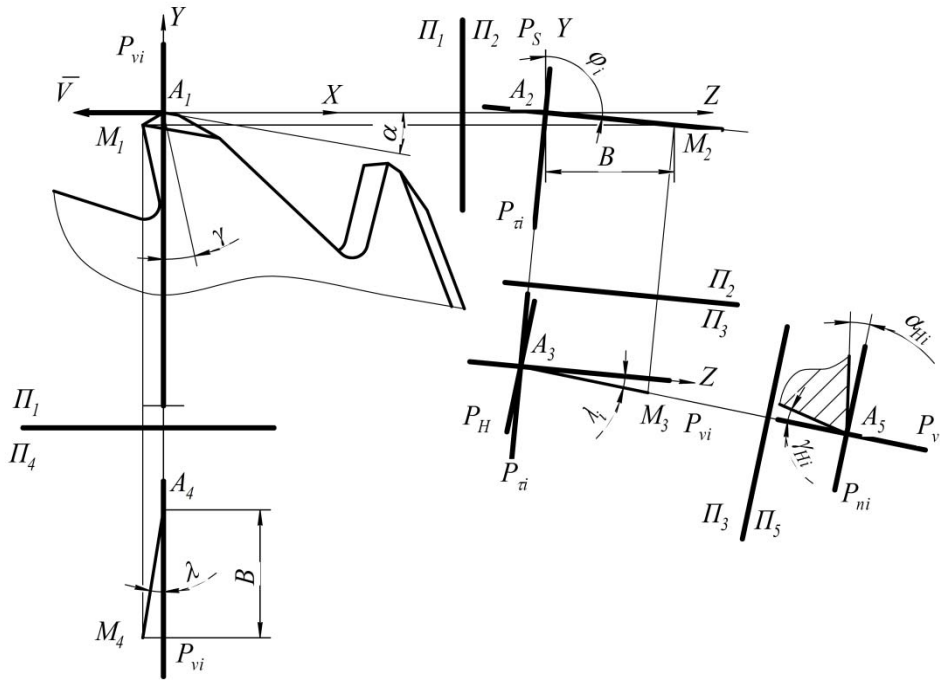


Рис. 1. Геометричні параметри круглої пилки з різнонаправленими зубцями

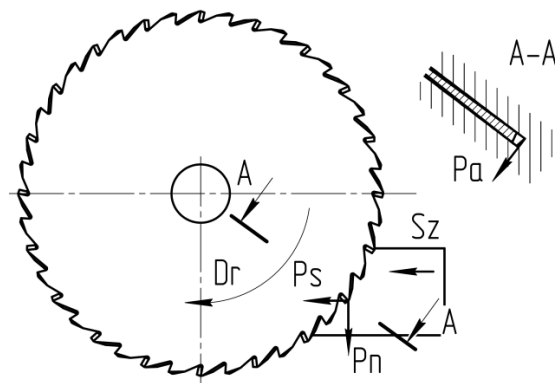


Рис. 2. Схема дії складових сили різання круглої пилки з різнонаправленими зубцями

Вимірювання складових зусиль різання проводилося універсальним динамометром УДМ-600 конструкції ВНДІ "Інструмент" за допомогою комп'ютеризованого комплексу визначення зусиль різання [7].

Результати випробувань наведені у таблиці 1.

В результаті проведення досліджень було виявлено зниження зусиль різання, в порівнянні зі стандартними відрізними фрезами, а також встановлено наступне:

- швидкість різання та подача збільшують сили різання;
- збільшення кута в плані зумовлює зменшення величини сили різання;
- кут нахилу різальної кромки зменшує величини сил різання та підвищується плавність роботи пилки.

Таблиця 1. Основні результати розрахунків

Геометричні параметри, град		Режими різання		Складові зусилля різання, Н		
φ_i	λ_i	V , м/хв	S_z , мм/зуб	P_s	P_a	P_n
90	0	11,3	0,018	17,0	40,7	174,6
95	-5	11,3	0,018	28,8	46,1	162,1
90	0	11,3	0,021	21,4	49,0	219,3
105	-5	11,3	0,021	16,7	36,7	140,0
90	0	15,8	0,013	17,2	42,2	119,8
105	-5	15,8	0,013	13,7	23,8	96,6
90	0	15,8	0,021	20,1	47,2	135,4
100	-5	15,8	0,021	16,1	32,2	131,9
90	0	22,6	0,014	19,1	38,8	162,2
110	-5	22,6	0,014	11,5	29,2	104,4
90	0	31,7	0,021	22,4	72,1	225,9
110	-5	31,7	0,021	15,2	25,4	115,8

Таким чином, на підставі досліджень можна зробити висновок про те, що за рахунок розташування різальної кромки під деяким кутом нахилу кромки можна добитися зменшення зусиль різання та, відповідно, вібрації круглої пилки при роботі, що дозволяє працювати на вищих режимах різання.

Список використаних джерел:

1. Боронко О. О. Метод розрахунку вібраційних процесів машинобудівних конструкцій: дис... докт. техн. наук: 05.02.09 / Боронко Олег Олександрович. — К., 2003. — 267 с.
2. Лорох Р. Повышение работоспособности дисковых пил при отрезке круглых заготовок: дис... кандидата техн. наук: 05.03.01 / Лорох Роланд. — К., 1998. — 231 с.
3. Равская Н. С. Экспериментальные исследования процесса отрезки дисковыми пилами с неравномерным шагом зубьев / Н. С. Равская, А. В. Семенов // Резание и инструмент в технологических системах. — 1999. — Вып. 53. — С. 144–145.
4. Семенов А. В. Разработка дисковых пил с неравномерным шагом: Дис... кандидата техн. наук: 05.03.01 / Семенов Александр Витальевич. — К., 1998. — 194 с.
5. Панчук В. Г. Теоретичні основи проектування відрізнних фрез: дис. ... доктора техн. наук: 05.03.01 / Панчук Віталій Георгійович. — К., 2009. — 360 с.
8. ДСТУ ГОСТ 20317:2008. Фрезы дисковые для разрезки пластмасс типа текстолит. Конструкция и размеры. [Текст]. — Введен 2008.07.01. — К.: Госстандарт Украины, 2008.
9. Майданюк С. В. Модуль спряження комплексу досліджень силових характеристик при різанні / С. В. Майданюк, О. А. Плівак // Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція "Машинобудування". — К., 2014.