

2. Kuznetsov Yu.M., Prydalnyi B.I., Gao Xinmin. New views and approaches to the creation of automated universal vices for clamping complex-profiled objects / section "Mechanical engineering" in col. monograph "Prospective direction of scientific and practical activity". Sharman Oaks, California (USA), 2023.-p.p.239-332. DOI 10.51587/9798-9866-95921-2023-011-239-332

3. Great Wall Precision Industrial [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.gwpstools.com](http://www.gwpstools.com).

4. DEGUQMNT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mnt-tools.com/About/intro/>

5. Endura [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.enduratool.com/about-index-index-cid-1-sid-1-lan-cn>

6. Aiqicha.baidu [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aiqicha.baidu.com/detail/compinfo?pid=30122122763089&rq=ef&pd=ee&from=ps>

7. Deli [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.deli-tools.com/>

УДК 621.9

Дядя С.І., канд. техн. наук, доцент  
Козлова О.Б., канд. техн. наук, доцент  
Тришин П.Р., канд. техн. наук  
Яхно Д.А., аспірант

Національний університет «Запорізька політехніка», kozlova@zntu.edu.ua

## КОНТРОЛЬ КОЛИВАНЬ ПРИ КІНЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ РОЗПОДІЛОМ ЇХ НА ШВИДКІСНІ ЗОНИ

Прогнозування умов різання на металорізальних верстатах дозволяє планувати точність обробки, продуктивність, стійкість інструменту. Саме для цього будують пелюсткові діаграми стабільності, за якими для кінцевого фрезерування визначають межі осьової глибини залежно від частоти обертання шпинделя. В якості критерію оцінювання обрано співвідношення  $k$  частоти коливань  $f_c$  до зубцевої частоти  $f_z$  [1].

$$k = \frac{f_c}{f_z} = \frac{60f_c}{nz} \quad (1)$$

За цим показником розрізняють чотири зони (рис. 1), в яких є ділянки стабільності.

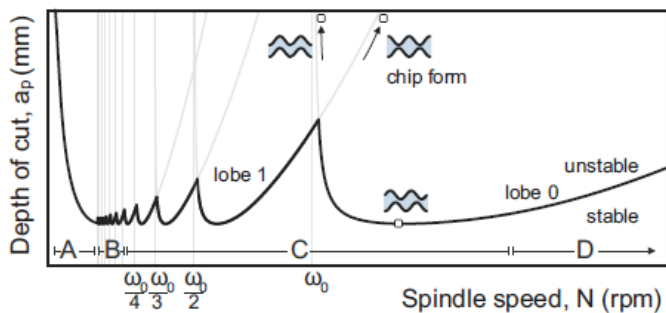


Рис.1 – Пелюсткова діаграма [1]

Зона  $A$  ( $k > 10$ ) має високий демпфуючий ефект при низьких швидкостях шпинделя за рахунок одночасного знаходження на поверхні різання більше двох зубів і їх тертя об поверхню різання. В зоні середніх швидкостей  $B$  ( $10 > k > 3$ ) ефект демпфування зменшується за рахунок зменшення кількості хвиль на поверхні різання та збільшення кроку хвилястості на ній.

В зоні високих швидкостей  $C$  ( $3 > k > 0,5$ ) на поверхні різання практично не залишається хвилястість і діють тільки вимушені коливання. Зона надвисокої швидкості  $D$  ( $0,5 > k$ ) характеризується стабільністю різання через те, що зубцева частота набагато перевищує власну частоту інструменту або деталі. Але через механічні обмеження верстатів ця зона не завжди доступна. На підставі формули (1) частоту обертання шпинделя в залежності від оброблюваності матеріалу для сталого фрезерування в умовах стисненої регенерації, коли в зачепленні знаходиться кілька різальних зубів і відсутній холостий хід, можна розрахувати за формулою (2) і скоригувати вибором числа зубів інструмента.

$$n = \frac{60f_c}{kz} \quad (2)$$

При цілих значеннях  $k$  товщина шару, що зрізається буде однаковою.

#### Список посилань

1. Chatter suppression techniques in metal cutting / Munoa J., Beudaert X., Dombovari Z., Altintas Y., Budak E., Brecher C., Stepan G. // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2016. – Vol. 65. – P. 785–808.

УДК 681.6; 621.7; 616-77

**Симонюк В.П., канд. техн. наук, доцент**  
**Тимошук А.А., магістрант**

Луцький національний технічний університет, volodimir\_simonyuk@ukr.net

### ДО ТЕХНОЛОГІЇ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПІКАННЯ

Селективне лазерне спікання (SLS) - це технологія адитивного виробництва, в якій використовується потужний лазер для спікання дрібних частинок полімерного порошку в міцну структуру на основі 3D-моделі.

3D-друк за технологією SLS був популярним серед інженерів і виробників протягом десятиліть. Завдяки низькій собівартості моделі, високій продуктивності та поширеним матеріалам ця технологія чудово підходить для вирішення широкого спектра завдань: від швидкого прототипування до виробництва в малих обсягах, виготовлення обмежених пробних партій або створення виробів за індивідуальним замовленням.

Останні досягнення в галузі техніки, матеріалів і програмного забезпечення відкрили можливість друку за технологією SLS ширшому колу компаній. Раніше такі інструменти використовувалися лише в кількох високотехнологічних галузях.

Метод адаптований для роботи з різними матеріалами, серед яких пластмаси, метали, скло, кераміка та різноманітні порошкові композиційні матеріали. Сьогодні всі ці технології класифікуються як синтез на підкладці - адитивні виробничі процеси, за допомогою яких виконується вибіркове спікання областей порошкового шару під впливом теплової енергії.

На даний момент існують дві найпоширеніші системи синтезу на підкладці - це метод на основі пластмаси, зазвичай званий селективним лазерним спіканням (SLS), і метод на основі металу, відомий як пряме лазерне спікання металів (DMLS) або селективне лазерне плавлення (SLM). До недавнього часу обидві системи були дуже дорогими і складними, що обмежувало їхнє використання виробництвом невеликих партій дорогих моделей або виробів за індивідуальним замовленням, таких як аерокосмічні компоненти або медичні пристрої.

Завдяки інноваціям у цій галузі метод SLS на основі пластику стане таким самим доступним, як і інші технології 3D-друку, наприклад стереолітографія (SLA) та моделювання методом наплавлення (FDM), і набуде широкого поширення у вигляді доступних, компактних систем.

Моделі, створені за допомогою 3D-друку за технологією SLS, мають чудові механічні характеристики: їхня міцність порівнянна з міцністю моделей, відлитих під тиском.

Особливість селективного лазерного спікання полягає в тому, що для побудови геометрично складних деталей не використовується матеріал підтримки. У ролі підтримуючої структури виступає порошок, який не зазнав впливу лазерного променя.

Матеріали для 3D-друку за технологією SLS - пластикові порошки з домішками, що мають різні механічні властивості. Широкий вибір матеріалів дає підприємствам, які впровадили SLS-технологію, додаткову гнучкість.