

УДК 621.941.323

**І.В. Луців, докт.техн.наук, проф., І.І. Брошчак, канд. техн. наук, доц.,
Д.С. Дячук, С.Р. Гречух, Б.А. Воробець**

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ З САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНИМИ ОСЦИЛЯЦІЯМИ

**I.V. Lutsiv, Dr., Prof.; I.I. Broshchak, Ph.D., Assoc. Prof., D.S. Dyachuk,
S.R. Grechukh, B.A.Vorobets**

CHARACTERISTIC ANALYSIS OF DEEP HOLES DRILLING PROCESS USING SELF ADJUSTING OSCILLATIONS

Надважливими факторами, що впливають на якість оброблення отворів при свердлінні, є такі як: зміна твердості матеріалу заготовки; похибки закріплення інструменту у шпинделі верстату; нежорстке закріплення заготовки та інші. Вказані похибки можна зменшити двома шляхами: конструкторським (підвищенням жорсткості технологічної обробної системи (ТОС)) і технологічним (зменшенням навантажень на інструмент за рахунок реструктуризації технологічної операції та використання неінтенсивних режимів оброблення).

Основний вплив похибок на процес різання виражається через відносні коливання інструменту та деталі. При цьому велике значення серед них мають автоколивання нежорсткого інструменту, і найбільш впливовими коливаннями є круті коливання інструменту. Теоретичний аналіз показує, що при збільшенні в реальних межах узагальненого коефіцієнту демпфування в півтори рази, амплітуда автоколивань зменшиться в 3 рази, а при зростанні жорсткості в 2 рази і амплітуди автоколивань зменшуються вдвічі. Тому можна зробити висновок про пріоритетність зменшення автоколивань технологічними шляхами. Тобто доцільніше розробляти свердла, що мають можливість гасити автоколивання, ніж створювати наджорсткі інструменти. Такими можуть бути свердла з рухомими лезами і міжлезовими зв'язками, що дозволяє поєднувати використання інструменту зі стандартними геометричними параметрами з високоефективними режимами оброблення.

Нами синтезовані різні варіанти функціональних схем збірних свердел з міжлезовими зв'язками. Зокрема, (1) між лезами може бути відсутній зв'язок, і вони при цьому жорстко зв'язані з корпусом; існують випадки, коли (2) одне із лез доцільно підпружинити, або ж (3) підпружинюють обидва леза; (4) для вирівнювання осьових навантажень в інструменті можна запропонувати механічний зв'язок між лезами; (5) простою і ефективною є схема із зворотнім гідравлічним зв'язком, яка дає ряд переваг що стосуються демпфування коливань і інерційності зв'язку. Саме шлях використання міжлезового зв'язку є найбільш істотним щодо впливу на формування показників якості при обробленні глибоких отворів.

Внаслідок нерівномірності навантаження на леза, що викликано наявністю у структурі матеріалу заготовки твердих включень або несиметричністю розташування лез, різальні елементи у оснащенні мають можливість взаємно зміщуватись на величину лезових осциляцій Δ . Тоді додаткове навантаження на лезо компенсується додатковою силою, що виникає внаслідок зростання або зменшення глибини різання. Така технологічна схема обробки передбачає вирівнювання складових сил різання, що діють на леза інструменту і викликає деформацію технологічної обробної системи ТОС за рахунок вирівнювання сил в напрямку подачі.

Нами теоретично отримані залежності величин лезових осциляцій Δ в залежності від нерівномірності k_t твердості матеріалу заготовки та несиметричності τ_φ положення різальних лез свердла з міжлезовим зв'язком при різних значеннях подачі S (мм/об). При цьому для визначення складової сили різання при свердлінні використана емпірична ступенева формула.

В кінцевому вигляді вказані залежності можуть бути записані у вигляді (1), (2):

$$\Delta = \left(1 - m \sqrt{k_t} - 1\right) \cdot S \cdot \sin(\varphi) \quad (1)$$

$$\Delta = \frac{1}{2} \cdot S \cdot \sqrt{3} \cdot m^{-1} \sqrt{2 \cdot \sin\left(\frac{3}{2}\pi + \tau_\varphi\right) \frac{1}{\sqrt{3}}} - \frac{1}{2} \cdot S \cdot \sqrt{3}, \quad (2)$$

де m – показник ступеня у формулі для визначення тангенціальної складової сили різання, причому він дорівнює для сталей $m=0.17-0.2$; для жаростійких сталей і сплавів $m=0.2-0.25$; для чавунів $m=0.21-0.26$; φ – головний кут в плані свердла.

Графічна інтерпретація цих залежностей наведена на рис. 1 і рис. 2.

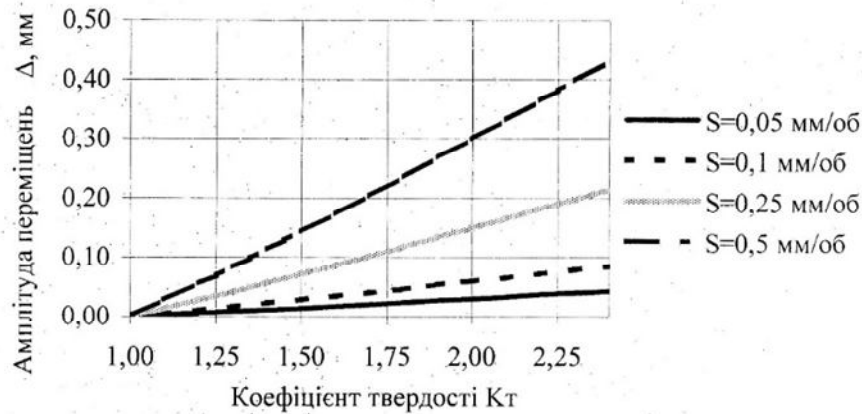


Рис 1. Графічна залежність амплітуди лезових осциляцій Δ від коефіцієнту зміни середньостатистичної твердості матеріалу заготовки k_t при різних значеннях подачі S

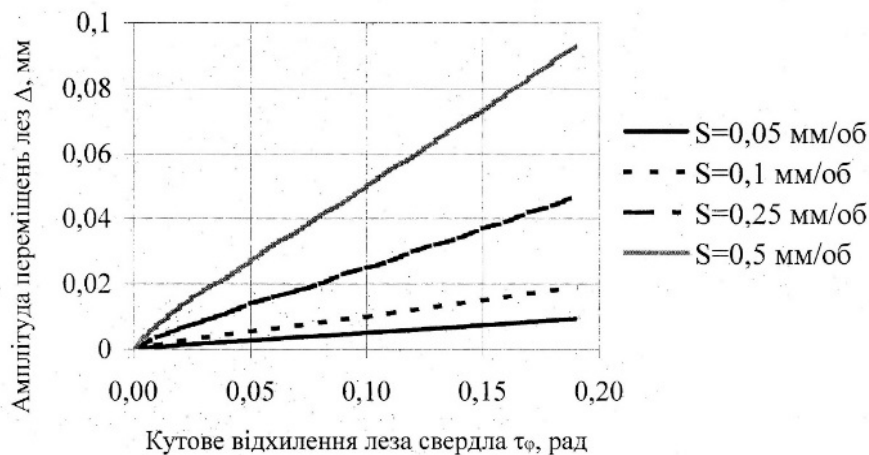


Рис. 2. Графічна залежність амплітуди лезових осциляцій Δ від несиметричності τ_φ положення різальних лез свердла з міжлезовим зв'язком при різних значеннях подачі

Аналіз розрахунків за вище наведеними залежностями доводить, що свердла з міжлезовими зв'язками можна успішно використовувати для підвищення точності обробки отворів, особливо глибоких – із значним (вище 5) співвідношенням довжини до діаметру.