

УДК 621.9

Міненко Д. О., Іванов В. О., Ніколаєв Я. Ю.

**ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ГРАВІРУВАННЯ ВУЗЬКИХ КАНАВОК**

При виготовленні кліше, штампів, матриць виникає необхідність обробки вузьких канавок шириною близько 0,2–0,5 мм та глибиною 0,3–1 мм. При цьому дуже важко забезпечити необхідну якість обробки, а саме шорсткість і хвилястість кромки, схилів та дна канавки. Актуальною є також проблема видалення стружки з обробленої канавки. Шляхами вирішення даної проблеми є вибір оптимальної геометрії інструменту та інструментального матеріалу, стратегії обробки канавки, режимів різання.

Для гравірування використовується велике різноманіття гравірувального інструменту (рис. 1). Вибір інструменту для гравірування вузьких канавок обумовлений шириною канавки, що оброблюється, та максимальною стійкістю гравера. Таким вимогам найкраще відповідає гравер типу «Піраміда» (рис. 2).

Однією з суттєвих проблем при гравіруванні взагалі, а особливо при гравіруванні вузьких канавок є вибір режимів різання. Складаючи керуючу програму для фрезерно-гравірувального верстата, режими різання призначають, виходячи із рекомендацій розробників програмного забезпечення САПР, виробників гравірувального обладнання та інструментів.

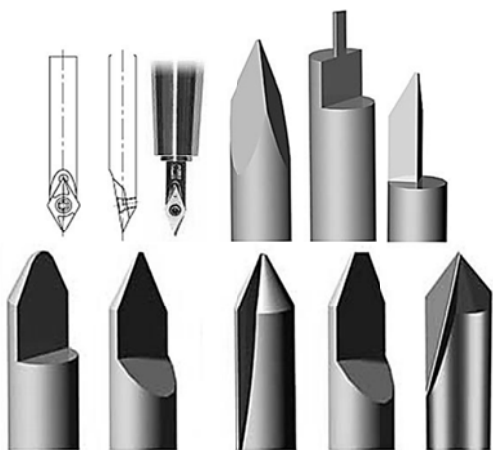


Рис. 1. Деякі типи інструментів, що використовуються на гравірувальних верстатах

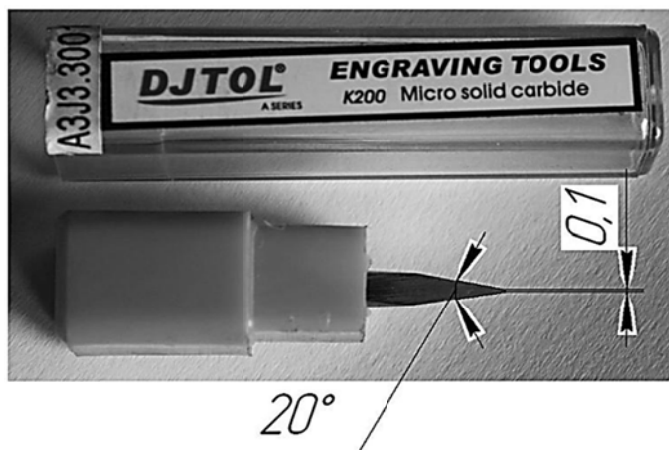


Рис. 2. Гравер типу «Піраміда» та його геометричні параметри

Однак ці рекомендації у різних джерелах мають велику розбіжність і досить широкий діапазон значень режимів обробки [1–7], який вимагає уточнення під час роботи. Крім того не враховуються особливості гравірування вузьких канавок, геометрія різального інструменту, а також умови роботи. У загальномашинобудівних нормативах [8] взагалі відсутні будь-які рекомендації щодо фрезерування поверхонь фрезами, діаметр яких менший за 6 мм. У зв'язку з цим розроблення рекомендацій щодо призначення режимів різання, які б враховували особливості гравірування вузьких канавок, є актуальною науково-виробничою проблемою.

Метою даної роботи є визначення оптимальних параметрів гравірування вузьких канавок на заготовках із кольорових металів.

Оптимальні режими різання повинні відповідати максимальній продуктивності обробки канавки із забезпеченням необхідної хвилястості та шорсткості обробленої поверхні, а також повного видалення стружки з обробленої канавки.

При гравіруванні канавок глибиною більше 0,3 мм граверами з кутом конуса  $A = 15-30^\circ$  (рис. 3) ускладнюється процес видалення стружки з обробленої канавки, що в деяких випадках призводить до зварювання оплавленої стружки з обробленою поверхнею. Впливати на процес видалення стружки можна за рахунок підбору раціональних режимів різання.

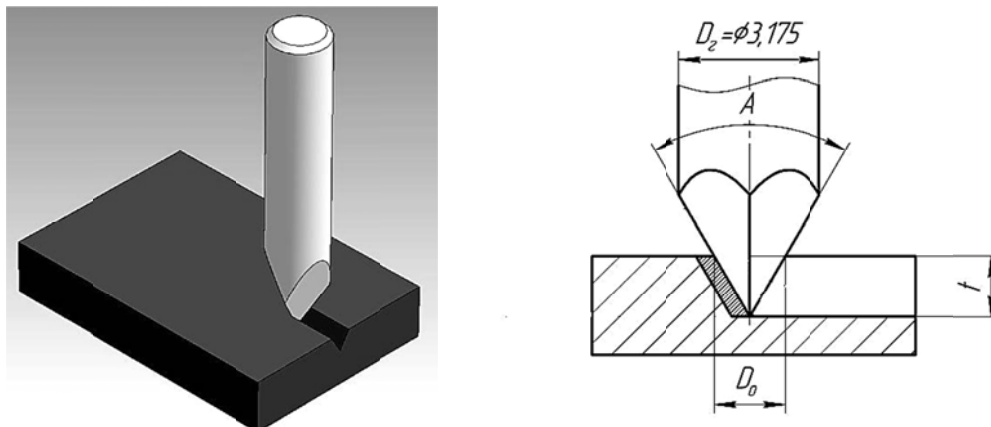


Рис. 3. Схема обробки канавки гравіруванням:

$D_0$  – максимальний діаметр обробки;  $D_2$  – діаметр гравера;  $A$  – кут конуса;  $t$  – глибина різання

Для дослідження впливу режимів різання на хвилястість та шорсткість обробленої поверхні, а також якості видалення стружки проведено експериментальне дослідження процесу гравірування вузьких канавок. Досліди проводилися на фрезерно-гравірувальному верстаті Roland EGX-400 (рис. 4).



Рис. 4. Налаштування фрезерно-гравірувального верстата моделі Roland EGX-400 при експериментальному дослідженні

Як різальний інструмент використовувався гравер фірми DJTOL діаметром 3,175 мм (рис. 2). Матеріал інструменту K200 (дрібнозернистий одно-карбідний твердий сплав) – WC 94 %, Co 6 % (вітчизняний аналог ВК6-ОМ) [7]. Виконувалася обробка канавок глибиною 0,5 та 1,0 мм. Матеріал заготовки – латунь Л90 ГОСТ 15527-70.

Дослідження проводилися з метою визначення впливу параметрів обробки на якість обробленої канавки за методикою планування багатофакторного експерименту [9]. Режими обробки призначалися у межах: глибина різання 0,5–1,0 мм; подача  $S_z = 0,03-0,1$  мм/зуб; швидкість різання  $V = 21-30$  м/хв. Для вимірювання висоти гребінців хвиль, шорсткості поверхні та якості видалення стружки використовувався растровий електронний мікроскоп РЕМ-100У-М з діапазоном збільшення 20–2000 разів. Для визначення якості видалення стружки отримано світлини оброблених канавок зі збільшенням  $\times 40$  (рис. 5–8). При використанні максимальної подачі  $S_z = 0,1$  мм/зуб спостерігається найгірша якість обробленої

канавки (рис. 5, 6), що можна пояснити кінематикою процесу. Збільшення швидкості різання призводить до погіршення якості канавки внаслідок налипання оплавленої стружки на схили канавки, але це спостерігається тільки при глибині канавки 1 мм (рис. 5, а), при зменшенні глибини канавки до 0,5 мм стружка добре видаляється з канавки (рис. 6, а).

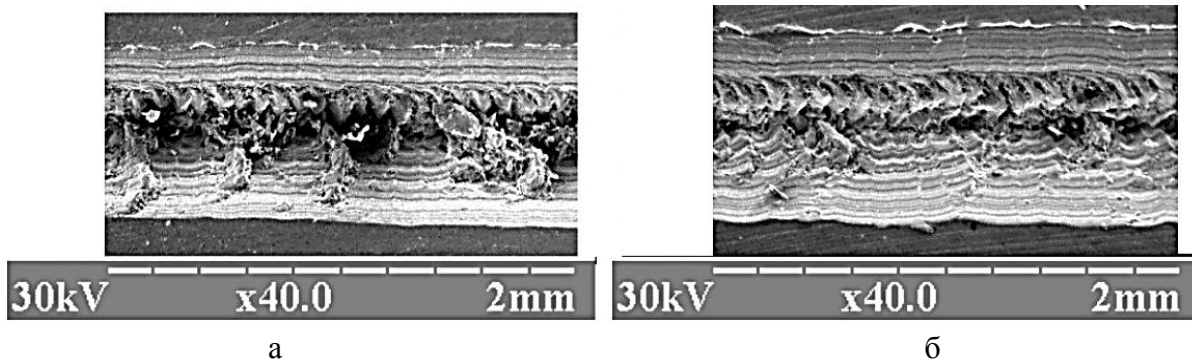


Рис. 5. Видалення стружки з канавки при гравіруванні:  
а –  $V = 30$  м/хв,  $S_z = 0,1$  мм/зуб,  $t = 1$  мм; б –  $V = 21$  м/хв,  $S_z = 0,1$  мм/зуб,  $t = 1$  мм

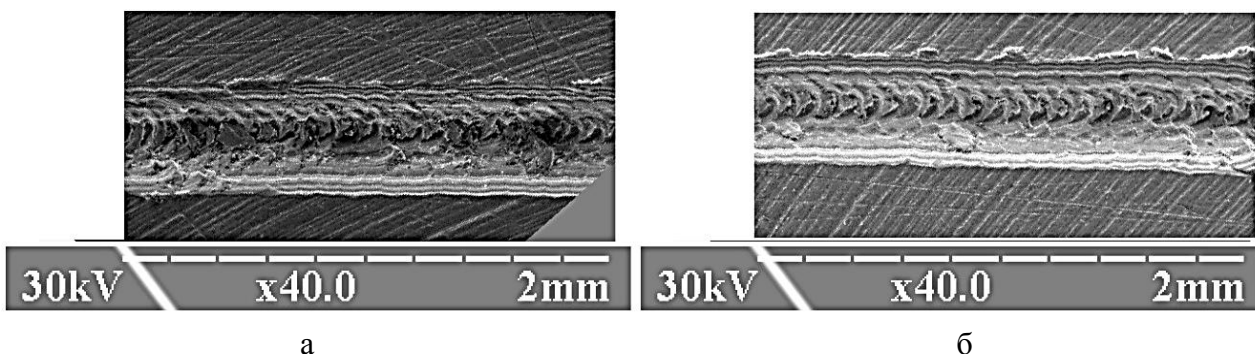


Рис. 6. Видалення стружки з канавки при гравіруванні:  
а –  $V = 30$  м/хв,  $S_z = 0,1$  мм/зуб,  $t = 0,5$  мм; б –  $V = 21$  м/хв,  $S_z = 0,1$  мм/зуб,  $t = 0,5$  мм

Зі зменшенням подачі на зуб гравера якість обробленої канавки значно покращується. Так, при подачі  $S_z = 0,03$  мм/зуб та гравіруванні канавок глибиною 1 мм налипання стружки на оброблену поверхню майже не спостерігається (рис. 7), однак дрібна стружка приварюється до дна канавки, що в багатьох випадках не впливає на якість виготовленого кліше. Однак, якщо глибина канавки незначна (рис. 8), стружка, що знаходиться на дні канавки, займає її значну частину, що погіршує якість обробленого кліше.

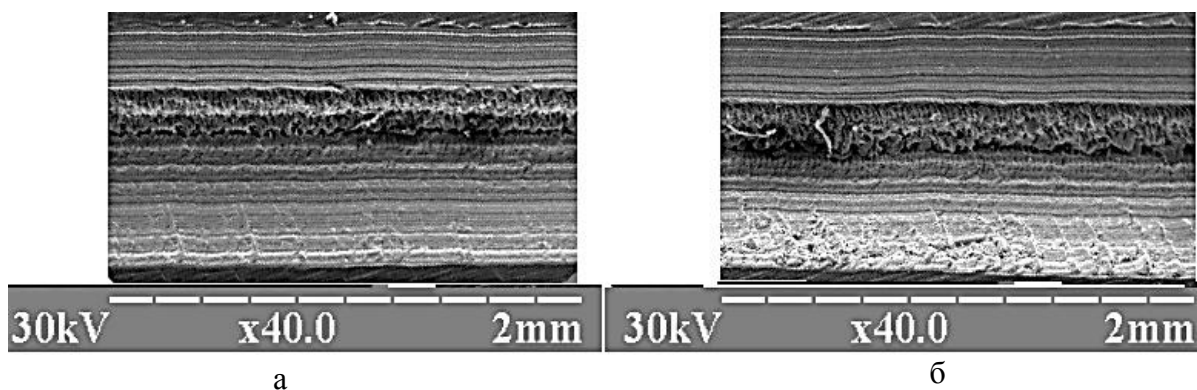


Рис. 7. Видалення стружки з канавки при гравіруванні:  
а –  $V = 30$  м/хв,  $S_z = 0,03$  мм/зуб,  $t = 1$  мм; б –  $V = 21$  м/хв,  $S_z = 0,03$  мм/зуб,  $t = 1$  мм

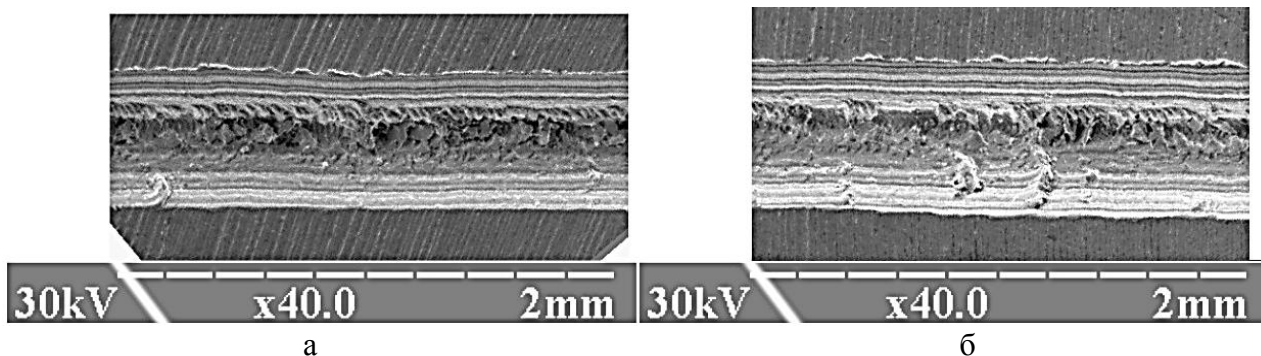


Рис. 8. Видалення стружки з канавки при гравіруванні:  
 а –  $V = 30$  м/хв,  $Sz = 0,03$  мм/зуб,  $t = 0,5$  мм; б –  $V = 21$  м/хв,  $Sz = 0,03$  мм/зуб,  $t = 0,5$  мм

Таким чином, незадовільне видалення стружки спостерігається при величині подачі  $Sz = 0,1$  мм/зуб та глибині гравірування  $t = 1$  мм. Зі зменшенням подачі розмір стружки зменшується та покращується її видалення з обробленої канавки. Так при  $Sz = 0,03$  мм/зуб спостерігається найкраще видалення стружки. Однак при незначній глибині різання  $t = 0,5$  мм та подачі  $Sz = 0,03$  мм/зуб спостерігається наявність стружки в канавках, що пояснюється поєднанням процесу різання з пластичним деформуванням при малій площині зрізу. Таке видалення стружки вважається задовільним, оскільки подальша обробка металевими щітками дає змогу видалення стружки з канавки.

Під час проведення експерименту було встановлено, що вагоме значення на шорсткість поверхні оброблюваної канавки має вплив напрямку гравірування, який, як і при фрезеруванні може бути зустрічним та попутним. Так при зустрічному гравіруванні шорсткість обробленої поверхні значно краща, ніж шорсткість поверхні отримана при попутному гравіруванні (рис. 9).

Для визначення впливу режимів різання на висоту гребінців хвиль було зроблено світлинні оброблених канавок зі збільшенням  $\times 455$ . За допомогою геометричних побудов з використанням масштабу знімків знайдено висоту гребінців хвиль для всіх вимірів експерименту (рис. 10).

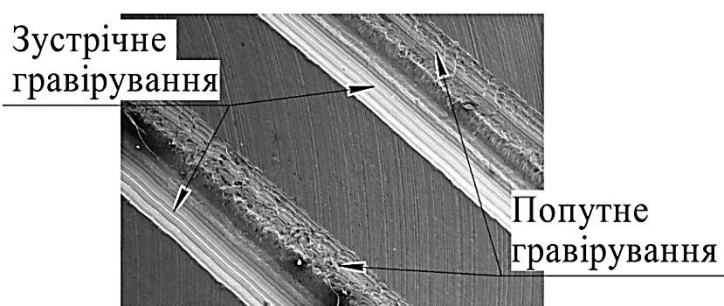


Рис. 9. Вплив напрямку гравірування на шорсткість поверхні

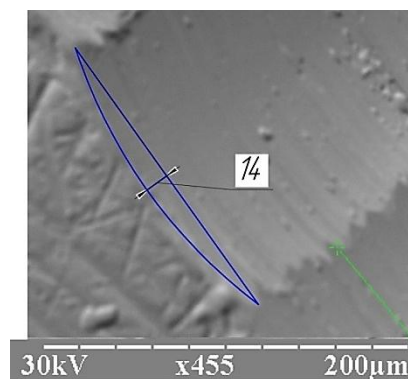


Рис. 10. Визначення висоти гребінців хвиль для  $V = 21$  м/хв,  $Sz = 0,1$  мм/зуб,  $t = 1$  мм

У результаті проведення багатофакторного експерименту отримано модель, що описує формування висоти гребінців хвиль поверхні у процесі гравірування. У натуральних величинах залежність висоти гребінців хвиль  $h$  від режимів різання ( $Sz, t$ ) можна записати у вигляді:

$$h = 2,1 + 95 \cdot Sz + 3,2 \cdot t \text{ (мкм)}.$$

З аналізу отриманих результатів (рис. 11) випливає, що найбільший вплив на висоту гребінців хвиль має подача на зуб інструмента. Зі збільшенням подачі висота гребінців значно збільшується. Крім того, значний вплив має глибина гравірування, зі збільшенням якої висота гребінців хвиль також збільшується.

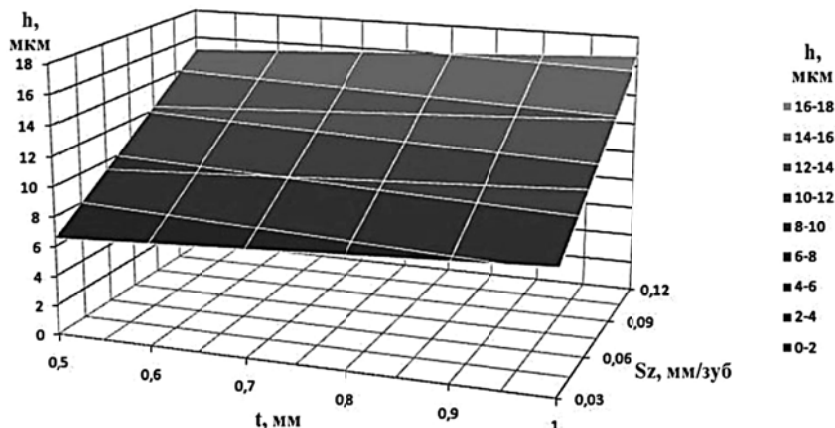


Рис. 11. Залежність висоти гребінців хвиль від режимів різання

При гравіруванні канавок на заготовці із латуні Л90 необхідно дотримуватися таких параметрів обробки: подача у діапазоні 0,03–0,05 мм/зуб, глибина різання у межах 0,7–1,0 мм, швидкість різання призначається максимально можливою з умови неоплавлення стружки.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що шорсткість поверхні обробленої канавки залежить від напрямку гравірування граверами. Для забезпечення високої якості схилів канавки рекомендується виконувати два технологічні проходи, обробляючи схили канавки у зустрічному напрямку.

Швидкість різання необхідно призначати максимально можливою у межах технічної характеристики верстата та з урахуванням умови неоплавлення стружки, що забезпечуватиме максимальну хвилинну подачу та продуктивність процесу обробки.

Запропонована та розроблена методика визначення оптимальних режимів обробки при гравіруванні вузьких канавок на заготовках із кольорових металів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яцерицин П. И. Теория резания : учеб. / П. И. Яцерицин, Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корневич. – 2-е изд., испр. и доп. – Мн. : Новое знание, 2006. – 512 с.
2. Никоноров А. Обработка металлов фрезерованием. Новинки мирового лидера в этой области / А. Никоноров // Мир техники и технологий. – 2009. – № 5. – С. 28.
3. Руководство по эксплуатации станка Roland EG-400 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rolanddg.com>.
4. Офіційний сайт компанії Woodpecker [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.woodpecker.com.ru>.
5. Офіційний сайт компанії Gravman [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.gravman.ru>.
6. Офіційний сайт компанії «Технографіка» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.t-grafika.ru>.
7. Сайт компанії ООО «Белый фрегат» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.goodtool.ru/tool\\_mat/hm.htm](http://www.goodtool.ru/tool_mat/hm.htm).
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 478 с.
9. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов / А. А. Спиридонов. – Свердловск : Ср.-Уральское кн. изд., 1975. – 98 с.

Стаття надійшла до редакції 24.05.2012 р.