

УДК 621.941

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-315-321

Л.М. Девін, д-р техн. наук; С.В. Ричев, В.М. Нечипоренко, О. В. Грязев¹; А.А. Скрипник²

¹Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська 2, 04074 м. Київ, e-mail: ldevin@ism.kiev.ua; richev.sergrey@gmail.com

²Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, пр. Берестейський 37, 03056, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ОТВОРУ СВЕРДЛАМИ ФОРСТНЕРА

В роботі проведений аналіз впливу режимів різання та зносу різця на утворення дефектів отвору ДСП при різанні свердлом Форстнера. В процесі дослідження визначали основні етапи формування отвору в ДСП, а також значення осьової сили P_0 на всіх етапах обробки. Для оцінки якості отвору визначали безрозмірний критерій розширування F_{ed} . Встановлено, що знос пластин свердла призводить до збільшення середньої P_0 та максимальної P_{0max} осьової сили різання.

Ключові слова: свердління, свердло Форстнера, осьова сила P_0 , ДСП, критерій розширування F_{ed}

Дослідження виготовлення отворів свердлом Форстнера є досить актуальним, так як це майже незамінний різальний інструмент, який хоч і має аналоги, але залишається специфічним і популярним у меблевій індустрії та інших виробництвах, пов'язаних з обробкою деревини. Так, в роботі [1] розглянуто математичну модель для прогнозування шорсткості просвердленого отвору на прикладі матеріалу ДСП марки IS 3087. В той же час, досліджень стосовно силових закономірностей, режимів свердління та якості отворів в достатній кількості немає, особливо для конструкцій свердла з напаяними пластинами з твердих сплавів.

Тому метою даної роботи було визначення сил різання під час зносу свердла та дослідження процесу утворення дефектів на поверхні отворів з ДСП. Суть дослідження полягала у вимірюванні та подальшому аналізі осьової сили P_0 , а також дефектів на поверхні ДСП.

Осьову силу P_0 визначали на автоматизованому стенді на базі токарного верстата з ЧПУ мод. ТПК 125ВМ [2] (рис 1, а).

Експериментальні дослідження виконували при свердлінні ДСП свердлом Форстнера діаметром 60 мм з напаяними пластинами з твердого сплаву ВК6М. Матеріал хвостовика – Сталь 45. Експериментальна серія складалася з чотирьох дослідів для гостро заточеного свердла та свердла, що мало знос $h_z=0,7$ мм. Для заточування свердла був використаний

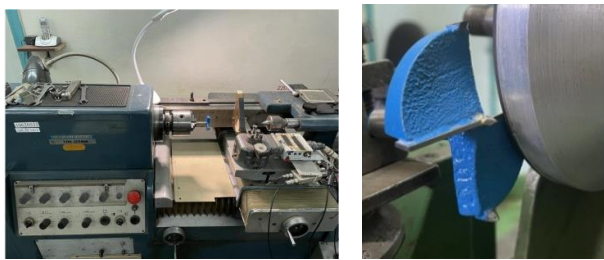


Рис. 1. Автоматизована система для дослідження процесу свердління (а), процес заточки свердла Форстнера на верстаті Safag Spinesso 38 (б)

верстат Safag Spinesso 38 (Швейцарія) (рис 1б), з частотою обертання шпинделя 1850 об/хв. Для заточки застосовували алмазний круг 11А2 (125×30×10×5×32) АСМ 60/40 зі зв'язкою В1-11, а також змащувально-охолоджуючу рідину FUCHS EcoCool 68f2 (США). Подача на оберт S була фіксована і дорівнювала $S = 0,1$ мм/об. Використовували дискретні значення швидкості різання в діапазоні $v = 85-226$ м/хв.

Осьову силу вимірювали за допомогою динамометра УДМ-100. Сигнали від динамометра по двох каналах через підсилювач надходили на АЦП ADA-1406 з частотою опитування 100 кГц. Управління АЦП ADA-1406 здійснювали програмою *PowerGraph* [3]. Для кожного дослідження проводили обробку даних для визначення осьової сили P_0 , а також за допомогою аналізатора спектру в програмі *PowerGraph* визначали максимальну амплітуду та частоту сигналу під час свердління. Обробка даних включала корекцію даних (виключення дрейфу нуля та інших похибок вимірювань). Зображення кромки свердла (рис. 2) отримували використовуючи мікроскоп із фотокамерою для передачі даних зображення на ПК через USB порт. Максимальний масштаб 40:1. Дані на ПК реєстрували в програмі *Image Analyse IA*. Якість отвору на поверхні ДСП визначали за допомогою аналізу зображень в програмах САПР, а саме – визначали площу розшарування.

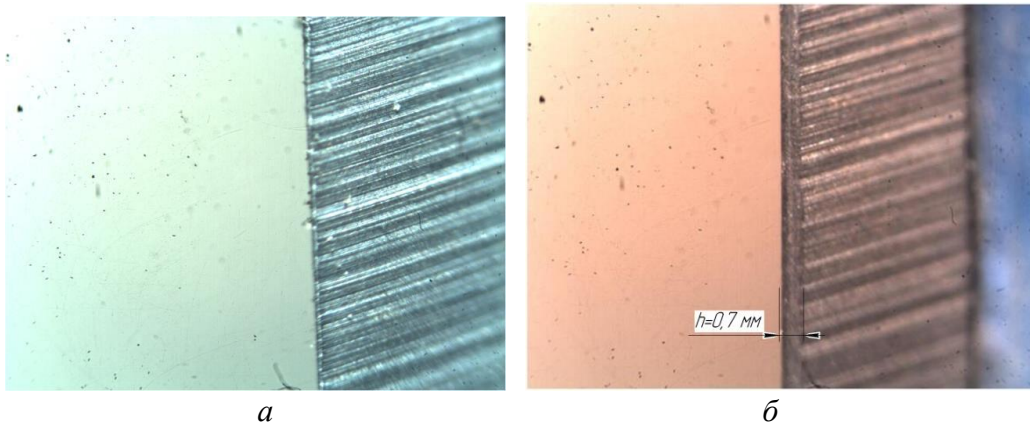


Рис. 2. Зображення кромки свердла: а – гостро заточене, б – зношене

На етапі аналізу процесу свердління осцилограму умовно розділили на 5 основних етапів (рис. 3, а): 1 – центрування, 2 – ділянка врізання бокових та основних кромки свердла, 3 – ділянка стаціонарного процесу свердління, 4 – ділянка зупинки подачі при обертанні свердла, та 5 – вихід свердла. Порівняльні результати виміру середньої осьової сили для кожної ділянки при свердлінні гострим та зношеним свердлами представлені на рис. 2, б-е.

Як видно з результатів дослідження, найбільша осьова сила виникає при врізанні основних та бічних кромки свердла на другій ділянці. На цій же ділянці значення сили для зношеного свердла майже в два рази перевищує осьову силу для гостро заточеного різця. З цього можна зробити висновок про важливість контролювання зносу кромки свердла. Також видно, що збільшення швидкості різання призводить до зменшення осьової сили P_0 на ділянці стаціонарного процесу свердління, та майже не змінюється на етапі врізання для гостро заточеного свердла. Враховуючи, що ці дві ділянки найсуттєвіше впливають на формування отвору, рекомендовано виконувати різання з великими швидкостями.

Працездатність свердла обумовлюється також максимальною силою, яка виникає під час свердління. Максимальні скачки осьової сили можуть призвести до сколів, погіршення якості отвору (великим виривам та розшаруванню поверхні на периферії отвору) та пришвидшеного зносу свердла. На рис. 4 наведено графіки зміни $P_{0\max}$ від швидкості різання.

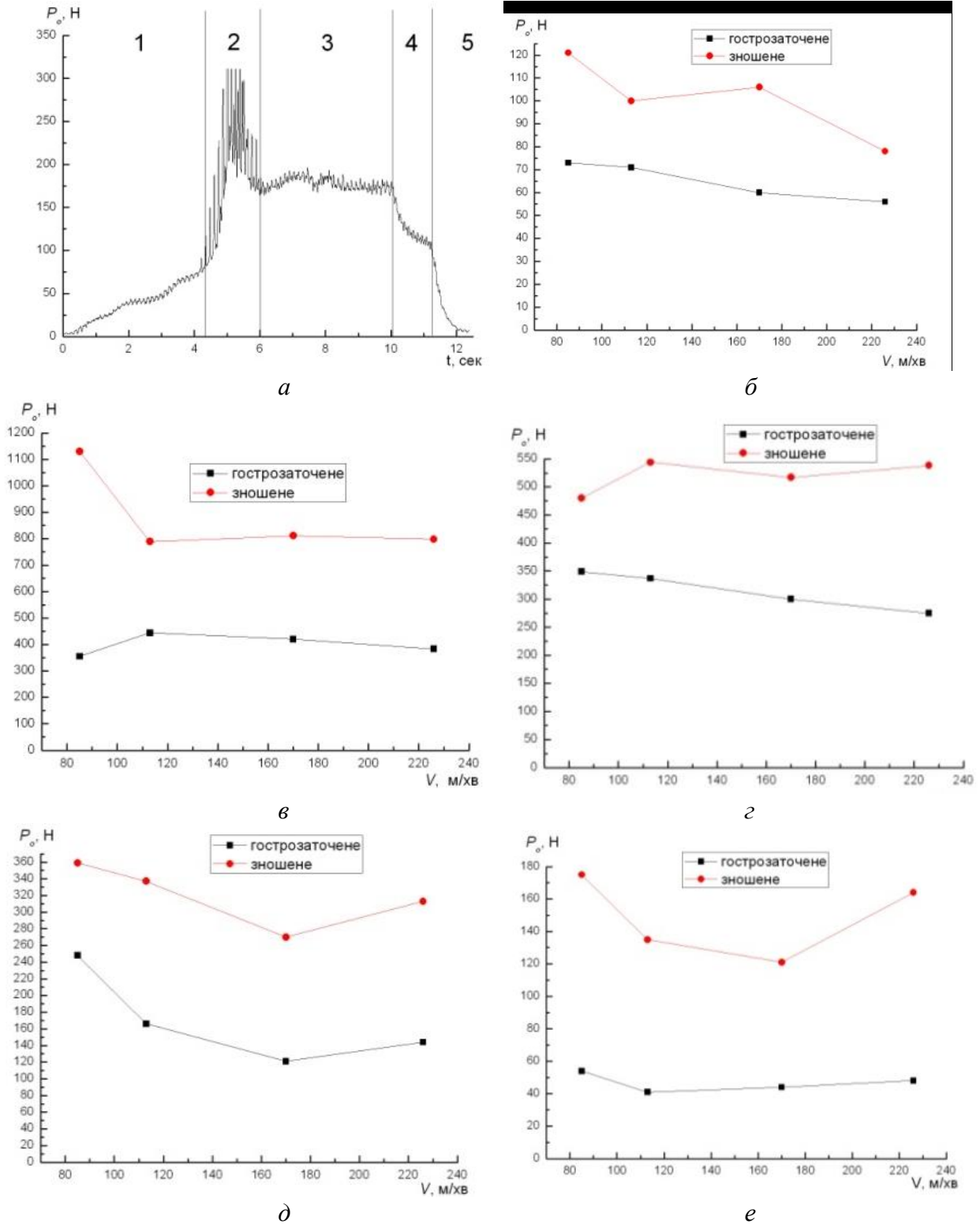


Рис. 3. Осцилограми процесу свердління, схематичне зображення стадій свердління та їх відповідність ділянкам зареєстрованої осьової сили P_0 (а), а також залежності осьової сили P_0 від швидкості різання при сталій подачі для ділянок 1 (б), 2 (в), 3 (г), 4 (д) та 5 (е)

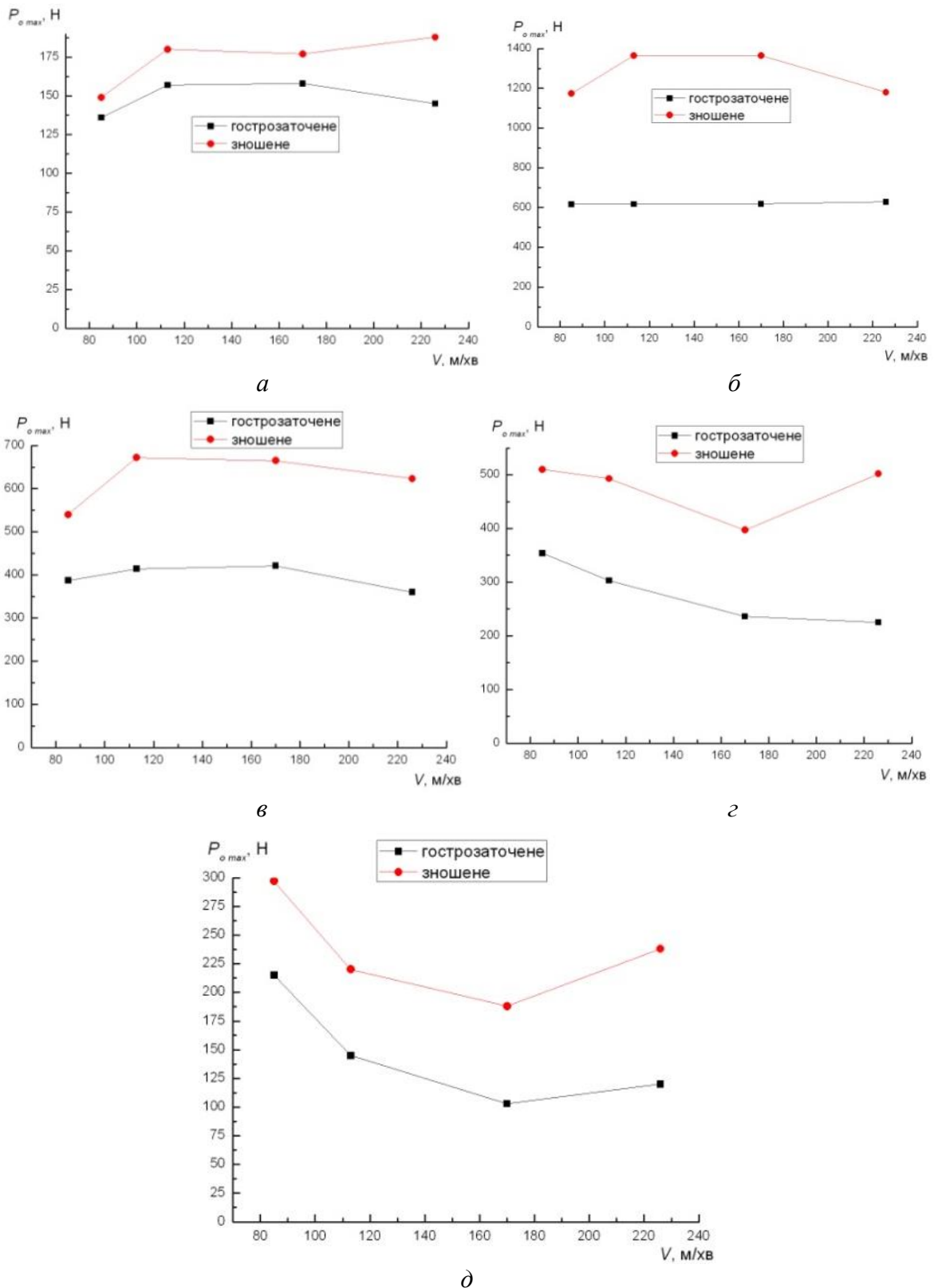


Рис. 4. Залежності максимальної осьової сили $P_{0\max}$ від швидкості різання при сталій подачі для ділянок 1(а), 2(б), 3(в), 4(г), 5(д)

Як видно з рис. 4, характер зміни максимальної осьової сили відрізняється від середніх значень. Тому можна зробити висновок, що врахування максимальних осьових сил є важливим при формуванні отвору свердлами Форстнера. Так, майже для всіх ділянок свердління максимальна осьова сила P_{0max} зменшувалася при великих значеннях швидкості різання для гострозаточеного свердла. Тому для отримання більш якісних отворів доцільно вибирати швидкість різання v більшою за 170 м/хв.

Важливою складовою процесу свердління є визначення вібрацій, які виникають під час різання ДСП. На рис. 5 представлені графіки залежності максимальної частоти та амплітуди коливань сили, перпендикулярної осьовій, в програмі Power Graph за допомогою функції спектрального аналізу сигналу.

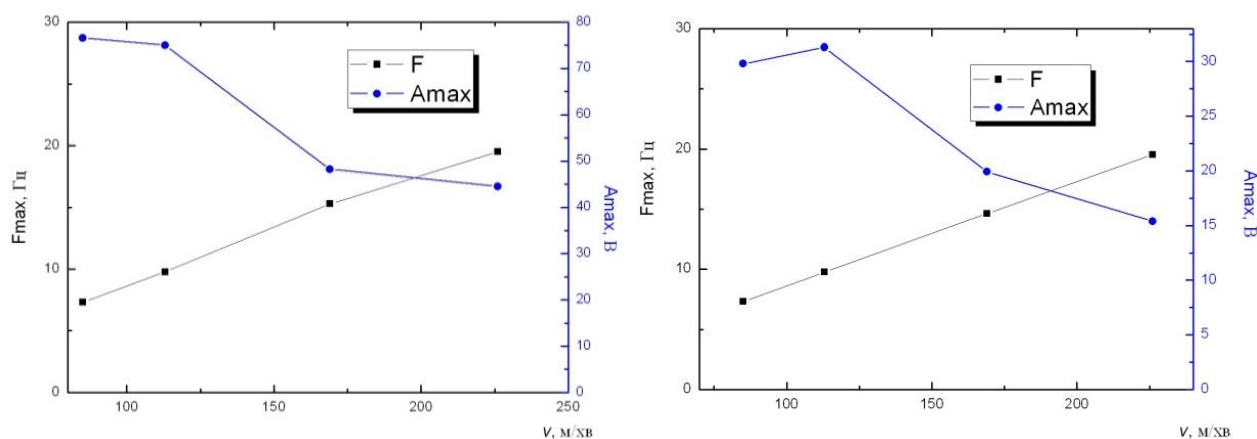


Рис. 5. Графіки залежності максимальної частоти коливань сили F_{max} та максимальної амплітуди коливань A_{max} для гостро заточеного (а) та зношеного свердла (б)

Інтенсивне зниження амплітуди максимальних коливань, починаючи зі значень швидкості v більше за 110 м/хв, також підтверджує доцільність обробки на високих швидкостях різання для отримання більш якісного отвору. Це в подальших дослідженнях показав аналіз зображень поверхонь ДСП просвердлених отворів.

На відміну від процесів точіння, де якість обробленої поверхні визначається шорсткістю, для свердління доцільно оцінювати якість обробки по розшаруванню отворів на поверхні ДСП. Форма розшарування є непередбачуваною навіть для однакових умов свердління. Існує декілька методів, які одночасно враховують і кількість і розподілення розшарування ДСП навколо отвору. Один із таких методів був запропонований С.С. Tsao [4]. Цей критерій F_{ed} (2), який визначається за формулою 2, є безрозмірним і загалом оснований на критерії F_d (1). Але він рахується як відношення не максимального діаметру розшарування (D_{max}), а середнього діаметра розшарування D_e до діаметру отвору D_{nom} . Діаметр D_e розраховується за площею розшарування S_d і S_{nom} та кола просвердленого отвору, що має діаметр D_{nom} (3).

$$F_d = \frac{D_{max}}{D_{nom}}, \quad (1)$$

$$F_{ed} = \frac{D_e}{D_{nom}}, \quad (2)$$

$$D_e = \sqrt[2]{\frac{4S_d(S_d + S_{nom})}{\pi}}, \quad (3)$$

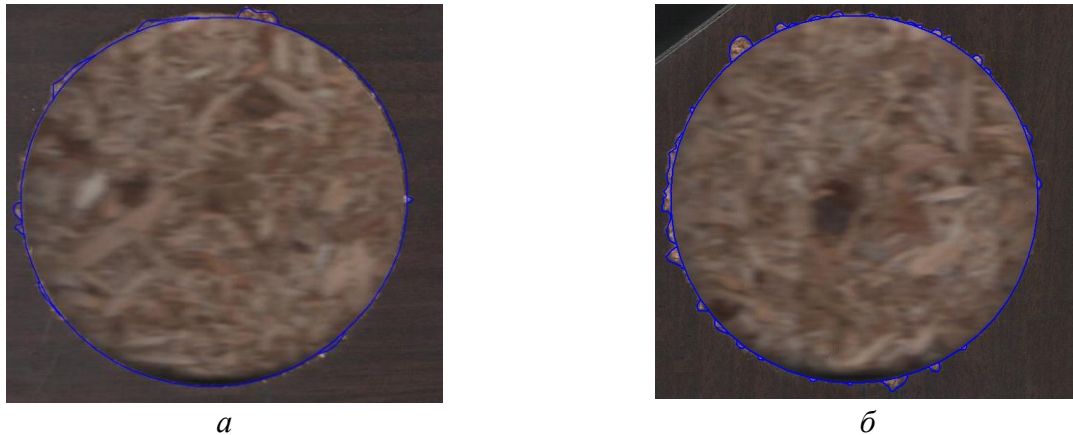


Рис. 6. Вимірювання величини дефектів розшарування для гостро заточеного свердла (а), зношеного (б); режими свердління – $S = 60$ м/хв, $n = 600$ об/хв, $v = 113$ м/хв

Згідно до запропонованого критерію отримані результати (рис. 6) при швидкості різання $v = 113$ м/хв для гостро заточеного свердла $F_{ed} = 1,006$ та для $F_{ed} = 1,019$. Можна побачити, що обробка гостро заточеним свердлом обумовлює більш високу якість поверхні ДСП у отворі з меншим розшаруванням, що підтверджують значення критерію F_{ed} .

Висновки

Проведено дослідження формування отворів у ДСП свердлом Форстнера з напаяними пластинами з твердого сплаву. Встановлено, що знос пластин свердла призводить до збільшення середньої P_0 та максимальної $P_{0\max}$ осьової сили різання. Максимальну силу фіксували на етапі врізання бокових та основних кромок свердла. Вони в 2-5 разів перевищували значення сили на інших ділянках. Тому важливо вибирати режими різання з мінімальними значеннями саме на цьому етапі свердління. Для підвищення ефективності процесу свердління ДСП і підвищення якості отворів обробку слід проводити з швидкістю різання, більшою за 170 м/хв. Обробка гостро заточеним свердлом обумовлює більш високу якість отвору з меншим розшаруванням поверхні ДСП, що підтверджують значення критерію F_{ed} .

L. Devin, S. Rychev, V. Nechyporenko, O. Hriazev, A. Skrypnyk

¹V. Bakul Institute for superhard materials NASU Ukraine

²National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

RESEARCH OF THE PROCESS OF HOLE FORMATION WITH FORSTNER DRILLS

The paper analyzes the influence of the regimes of cutting and wear of the cutter on the formation of defects in the chipboard hole when cutting with a Forstner drill. In the course of the study, the main stages of the formation of the hole in chipboard were identified, as well as the value of the axial force P_0 at all defined stages of processing. To assess the quality of the hole, the dimensionless F_{ed} delamination criterion was determined. It was established that the wear of the drill plates leads to an increase in the average P_0 and the maximum $P_{0\max}$ of the axial cutting force.

Key words: drilling, Forstner drill, axial force P_0 , chipboard, F_{ed} delamination criterion

Література

1. Prakash S., Mercy J. L., Palanikumar K., Putti Venkata Siva Teja, Mohamed Shaqir Tanvir. Empirical Modeling of Roughness Parameters in Drilling Composites – A Response Surface Approach. *Materials Today: Proceedings*. 2019. Vol. 16, N 2. P. 1117–1123.
2. Девин Л.Н. Прогнозирование работоспособности металлорежущего инструмента. К.: Наукова думка, 1992. .131с.
3. Девин Л.Н., Сулима А.Г. Применение пакета Power Graph для исследования процесса резания. *Промышленные измерения, контроль, автоматизация, диагностика (ПуКАД)*. 2008. № 3. С. 24–26.
4. Tsao C. C., Kuo K. L., Hsu I. C. Evaluation of a novel approach to a delamination factor after drilling composite laminates using a core–saw drill. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2012. Vol. 59, N 5. 617–622.

Надійшла 27.07.23

References

1. Prakash S., Mercy J. L., Palanikumar K., et al. (2019). Empirical Modeling of Roughness Parameters in Drilling Composites – A Response Surface Approach. *Materials Today: Proceedings*, 16(2), 1117–1123.
2. Devin, L.N. Prohnozirovanie rabotosposobnosti metallorazhushcheho instrumenta. *Naukova dumka* [in Russian].
3. Tsao, C. C., Kuo, K. L., & Hsu, I. C. (2012). Evaluation of a novel approach to a delamination factor after drilling composite laminates using a core–saw drill. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(5), 617–622.

УДК 621.791.72

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-321-331

М.Ю. Єфіменко, аспірант¹; **М.О. Цисар**, **І.М. Клочков**, **С.І. Мотруніч**, **О.А. Каток**²,
А.М. Бабак, **Я.Б. Головенько**¹, кандидати технічних наук

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», пр. Перемоги 37, 03056 м. Київ, e-mail: maks.efimenko.9925@gmail.com

²Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, вул. Казимира Малевича 11, 03680, М. Київ, e-mail: ts_maxim@ukr.net

ЗАЛЕЖНІСТЬ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ SLM 3D ДРУКОВАНИХ ІМПЛАНТАТІВ НА ОСНОВІ ПОРОШКУ Ti-6Al-4V ВІД ТИПУ ОБРОБКИ

Через військові дії на території України питання металевих та керамічних імплантатів стало дуже актуальним, а вимоги до їх якості суттєво зросли. Наукові дослідження у цій сфері показали, що ефективність хірургічного втручання значною мірою залежить від біосумісності імплантату та організму людини, що в свою чергу значною мірою залежить від морфології поверхні останнього. Невідповідна підготовка поверхні імплантату може призводити до відторгнення із ймовірністю 13...15%, а пов'язано це із обмеженою кількістю методів підготовки відповідних поверхонь. Отримані результати експериментального дослідження методів обробки показали їх повну придатність згідно міжнародних стандартів, хоча деякі з них не регламентовані міжнародними фірмами-виробниками приладів для 3D друку. Експериментально підтверджено, що деякі методи підготовки, що