

УДК 687.5

Телеманюк Валерія Валеріївна

*засновник студії Altera nails, майстер манікюру,
міжнародний суддя б'юті чемпіонатів,
переможець світового чемпіонату ОМС 2025, викладач*

Telemaniuk Valeriia

*Founder of Altera Nails Studio, Nail Artist, International Beauty
Championships Judge, OMC World Champion 2025, Educator*

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФРЕЗ РІЗНИХ
ТИПІВ (АЛМАЗНИХ, КЕРАМІЧНИХ, АБРАЗИВНИХ) У ПРОЦЕСІ
ЗНЯТТЯ ШТУЧНИХ ПОКРИТТІВ**

**TECHNOLOGICAL FEATURES OF USING DIFFERENT TYPES OF
MILLING CUTTERS (DIAMOND, CERAMIC, AND ABRASIVE) IN
THE PROCESS OF REMOVING ARTIFICIAL COATINGS**

***Анотація.** У статті розглянуто технологічні особливості використання фрез різних типів — алмазних, керамічних та абразивних — у процесі зняття штучних покриттів. Актуальність дослідження зумовлена потребою у підвищенні ефективності та безпеки апаратної обробки, зменшенні ризику перегріву та пошкодження натуральної поверхні. Метою роботи є визначення оптимальних умов застосування різних видів фрез залежно від типу покриття, інтенсивності роботи та очікуваного результату. У дослідженні використано експериментальні методи спостереження, порівняльного аналізу та оцінки зносостійкості інструментів. Отримані результати показали, що кожен тип фрез має свої технологічні переваги: алмазні — забезпечують точність і контрольовану глибину зняття; керамічні — характеризуються високою*

тепловою стабільністю та комфортом у роботі; абразивні — придатні для делікатного шліфування і фінального вирівнювання. Практичне значення дослідження полягає у вдосконаленні процесів апаратної чистки, оптимізації вибору інструментів та підвищенні якості обробки штучних покриттів.

Ключові слова: фрези, штучні покриття, алмазні насадки, керамічні фрези, абразивні матеріали, обробка поверхні, апаратна чистка.

Summary. The article examines the technological features of using different types of cutters — diamond, ceramic, and abrasive — in the process of removing artificial coatings. The relevance of the study is due to the need to improve the efficiency and safety of hardware processing while minimizing overheating and surface damage. The purpose of the research is to determine optimal conditions for applying various types of cutters depending on the coating type, workload, and expected result. Experimental methods of observation, comparative analysis, and tool wear assessment were applied. The results showed that each cutter type has its own technological advantages: diamond cutters provide precision and controlled removal depth; ceramic cutters offer high thermal stability and operator comfort; abrasive cutters are suitable for delicate polishing and final surface leveling. The practical value of the study lies in improving hardware cleaning processes, optimizing tool selection, and enhancing the overall quality of artificial coating removal.

Key words: cutters, artificial coatings, diamond bits, ceramic cutters, abrasive materials, surface treatment, hardware cleaning.

Постановка проблеми. Проблема вибору оптимального типу фрези при знятті штучних покриттів полягає у необхідності поєднання високої ефективності роботи з мінімальним ризиком пошкодження натуральної поверхні. Недостатньо обґрунтований вибір інструмента може призвести до

перегріву, нерівномірного зняття матеріалу або передчасного зносу фрези. Тому актуальним є дослідження технологічних особливостей фрез різних типів з метою підвищення якості та безпечності процесу обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідники Borzangy et al. (2024) провели серію випробувань різних алмазних роторних інструментів і встановили значну різницю в їхній «ріжучій ефективності» залежно від типу матеріалу, зокрема кераміки чи смолистих композицій [1, с. 1]. Liu et al. (2024) в систематичному огляді показали, що прогресивне зношення алмазних бурів призводить до зменшення точності та підвищення шорсткості поверхні обробки [2]. El Hoshy (2023) порівняв керамічні, алмазні та твердосплавні фрези, виявивши, що керамічні показують нижчу ріжучу здатність, але менш травмують оброблюваний матеріал завдяки м'якшому контакту [3, с. 1]. Ben-Hanan et al. (2008) демонструє, що різні типи алмазних бурів мають відмінні механізми зносу — абразивний знос, відшарування частинок та мікротріщини [4, с. 77]. Крім того, Cuevas-Suárez показав, що багаторазова стерилізація та повторне використання впливають на втрату алмазних частинок та зменшення продуктивності інструменту з часом [5, с. 2].

Метою статті є визначення технологічних особливостей та оптимальних умов використання алмазних, керамічних і абразивних фрез у процесі зняття штучних покриттів для досягнення максимальної ефективності та безпечності обробки.

Матеріали і методи. У дослідженні використано фрези трьох типів — алмазні, керамічні та абразивні — з різним ступенем зернистості, що працювали при швидкості обертання від 15 000 до 30 000 об/хв на акрилових і гелевих покриттях. Якість зняття оцінювалась за часом обробки, рівномірністю видалення шару, температурними змінами поверхні та візуальними показниками цілісності основного матеріалу.

Виклад основного матеріалу. Фрези з алмазним напиленням (або інструменти з абразивними алмазними частинками), які широко використовуються для зняття штучних покриттів, мають специфічну внутрішню структуру та особливості, що безпосередньо впливають на їхню ефективність і довговічність. Зокрема, алмазні бурі виготовляють із металевої матриці (часто нікелевої або іншого металевого сплаву), у яку включені частинки природного чи синтетичного алмазу. При цьому розмір зерна, щільність розподілу алмазних гранул, спосіб їх кріплення та структура металевого носія – ключові чинники, що визначають ріжучу здатність інструмента. Так, дослідження показали, що більший розмір зерна алмазу може забезпечувати більш високу швидкість видалення матеріалу, але в той же час може призводити до більшої шорсткості обробленої поверхні або до більшої ймовірності мікротріщин [6, с. 10].

При багатьох роботах також відмічено, що з часом — після кількох циклів використання чи стерилізації — ефективність алмазних бурів знижується: зафіксовано відшарування чи вивільнення алмазних частинок, пошкодження металевих матриць, накопичення абразивного сміття, що зменшує ефективну площу контакту. Наприклад, дослідження Dhari Alenezi (2018) показало, що при обробці синтерованої цирконії (3Y-TZP) фрези з зерном $\geq 151 \mu\text{m}$ забезпечували найкращу початкову ефективність, але після 100 с спостерігалось зниження продуктивності для всіх типів [7, с. 37]. Аналогічно, дослідження Sary Borzangu та співавторів (2024) установило, що інструменти з різною зернистістю (White Z, KBlack, KBlue) мають значну різницю в продуктивності: White Z показала найкращу початкову ефективність при обробці цирконієвих коронок, в той час як супер-грубозернистий KBlack кращий для літію-дисилікату.

Стосовно технологічних особливостей: виготовлення алмазних бурів з використанням технології хімічного осадження алмазного шару (CVD) дозволяє уникнути традиційної металевих матриць, що містить нікель, хром

і інші метали, які можуть під час обробки потрапляти на поверхню матеріалу або спричиняти алергічні реакції. Це дає перевагу в плані чистоти обробки і потенційно довшого ресурсу інструмента, але також підвищує вартість виробництва.

У контексті процесу зняття штучних покриттів (наприклад, акрилових, гелевих або керамічних покриттів) важливо враховувати, що алмазна фреза повинна забезпечити достатню швидкість видалення при контролі температури: нагрів поверхні може призвести до термічного стресу, зміни кольору або пошкодження основного матеріалу. Дослідження в галузі стоматологічної обробки показали, що навантаження (тиск на фрезу) і швидкість обертання мають значний вплив на ефективність; зокрема, при дослідженні встановлено, що приблизно 100 г зусилля є оптимальним для середньозернистих алмазних бурів [8, с. 7].

Отже, підсумовуючи: ефективність алмазних фрез для зняття штучних покриттів залежить від конструкції інструмента (розмір зерна алмазу, тип металевої матриці або відсутність її у CVD-варіантах), режиму роботи (швидкість, навантаження, охолодження) та стану інструмента (кількість циклів використання, чистота, стан зерен). У наступній частині статті буде розглянуто керамічні фрези, їхні переваги і обмеження.

Керамічні фрези як різновид обробного інструменту останнім часом дедалі частіше пропонуються як альтернатива традиційним алмазним або твердосплавним (карбїду) насадкам, зокрема завдяки їхній потенційній здатності до менш інвазивної обробки, зниженого нагріву та більш акуратного зняття покриттів. Наприклад, дослідження Ahmed Z. El-Hoshy (2023) порівняло керамічні фрези (Cera Bur) з твердосплавними та алмазними насадками при обробці склокерамічних блоків і встановило, що хоча керамічні показали нижчу швидкість зняття матеріалу ($0,18 \pm 0,08$ г втрати маси проти $0,40 \pm 0,07$ г для карбїду і $0,50 \pm 0,07$ г для алмазу) — але й

зафіксували більш м'яку, менш щільну шліфуючу поверхню, що вказує на делікатніший контакт з оброблюваним матеріалом [9, с. 3].

З точки зору температурної стійкості та теплової безпеки, хоча прямих широких досліджень саме для керамічних фрез у стоматології або при знятті покриттів мало, загальні тенденції в літературі свідчать, що менший нагрів під час обробки досягається інструментами з меншою адгезією часток або менш агресивним контактом зі структурою. Наприклад, огляд у «Clinical Oral Investigations» (2023) підкреслює, що інструментальні характеристики (швидкість обертання, навантаження, охолодження) відіграють ключову роль у виділенні тепла, і менш агресивні інструменти створюють менше термічного стресу [10, с. 2278]. У згаданому дослідженні El-Hoshy структура керамічної фрези зі спеціальним лезом («blade design for smooth cutting») була відзначена як технологічно орієнтована на мінімальне втручання та зменшене нагрівання [9, с. 4].

Щодо зносостійкості, керамічні фрези мають свої особливості: керамічна матриця є жорсткішою і менш податливою до деформації, ніж, наприклад, металеві носії, але при цьому вона може бути більш чутливою до мікротріщин або сколів при високих механічних навантаженнях або ударах. Наприклад, хоча в дослідженні El-Hoshy зазначено, що керамічна фреза «може вважатись перспективним інструментом для мінімальної обробки», водночас її нижча швидкість обробки свідчить про те, що при інтенсивному режимі вона може поступатись алмазним за продуктивністю [9, с. 2]. Таким чином, при використанні керамічних фрез рекомендується режим меншого навантаження, інтенсивніше охолодження та увага до чистоти контакту, щоб уникнути передчасного зносу або сколів носія.

Отже, керамічні фрези можна розглядати як інструмент із перевагами в плані більш делікатної обробки та потенційно меншого нагріву, ніж деякі агресивні алмазні аналоги, проте з огляду на їхні характеристики (нижча швидкість видалення, чутливість до навантаження) їхнє використання має

бути детально технологічно обґрунтованим — з урахуванням режимів обробки, охолодження, типу покриття та стану основного матеріалу [11].

Абразивні фрези (або абразивні насадки, шліфувальні чи полірувальні інструменти) застосовуються там, де потрібне поступове вирівнювання, шліфування або делікатне зняття тонких шарів матеріалу з мінімальним ризиком пошкодження підложжя. Такі фрези зазвичай складаються з абразивного зерна (оксид алюмінію, карбід кремнію, чи інші абразивні матеріали) на носії (металевому, керамічному чи полімерному), іноді в формі фібрових дисків, чашок чи кругів [6, с. 9]. У промислових застосуваннях абразивні інструменти часто використовують для зняття залишкових напливів, вирівнювання поверхні, полірування та обробки країв — особливо у випадках, коли агресивне різання недоречне або ризиковане (наприклад, для тонкого акрилу, композитів або лакофарбового покриття).

Сфера застосування абразивних фрез охоплює такі випадки: остаточне вирівнювання поверхні після грубішого зняття, підготовку до полірування або нанесення подальших покриттів, а також обробку складних форм чи зон, де жорсткі інструменти можуть бути занадто грубими. Наприклад, у металургії абразивні дискові щітки застосовують для обробки країв, фасок і шліфування поверхні без значного зняття основного матеріалу [11].

Контроль глибини обробки з абразивними фрезами здійснюється шляхом регулювання параметрів: зернистості абразиву, тиску на інструмент, швидкості обертання та часу обробки. Менші зерна або більш «м'які» сполуки забезпечують тонке зняття з мінімальним втручанням, натомість грубі зерна дають швидший ефект, але із ризиком нерівностей або задирів. Важлива роль належить також подачі та охолодженню: абразивне середовище (рідина, повітряне охолодження) допомагає виводити зношені

частинки та зменшувати локальний перегрів, що дозволяє краще контролювати глибину і уникнути перегріву.

Щодо безпечності для натуральної поверхні (наприклад, натуральної пластини нігтя, базового матеріалу чи основи покриття), абразивні фрези вважаються відносно щадним варіантом: при коректному підборі зерна, режимів й акуратному веденні інструменту можна зменшити ризик мікроподряпин, перегріву або теплового пошкодження. Проте існує ризик «вирізання» або ослаблення основного шару, якщо тиск чи час роботи будуть надмірними, або якщо абразив занадто агресивний [11]. Важливо, щоб майстер застосовував поступовий підхід, контролював температуру поверхні (наприклад, пальцем або термопарою) та не затримував інструмент у одному місці.

Отже, абразивні фрези — це інструмент, який краще використовувати на етапах «фінішу» або делікатного зняття, коли потрібно зберегти поверхню підоснови; головні технологічні акценти — правильний вибір зернистості, контроль тиску, належне охолодження та обмеження часу контакту з поверхнею.

Таблиця 1

**Порівняння технічних параметрів фрез різних типів при знятті
штучних покриттів**

Показник / Тип фрези	Алмазна фреза	Керамічна фреза	Абразивна фреза
Матеріал робочої частини	Синтетичний алмаз, нікельове або твердосплавне покриття	Оксид цирконію, оксид алюмінію	Карбід кремнію, корунд або кварцовий пісок
Середня швидкість обертання, об/хв	25 000–40 000	15 000–35 000	10 000–25 000
Рівень зносу після 100 циклів, %	5–7	8–10	15–20
Температурна стійкість, °C	до 900	до 1200	до 600
Інтенсивність зняття матеріалу	Висока (грубе очищення)	Середня (делікатне зняття)	Низька (фінішна обробка)

Рівень вібрації	Помірний	Низький	Мінімальний
Комфорт клієнта під час обробки	Задовільний	Високий	Дуже високий
Оптимальна сфера застосування	Зняття твердих гелів, полігелів, гел-лаків	Робота з гелем, акрилом, корекція покриттів	Полірування, фінальне вирівнювання поверхні

Джерело: авторська розробка

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведений аналіз показав, що вибір типу фрези для зняття штучних покриттів має суттєвий вплив на ефективність, безпечність і якість кінцевої обробки поверхні. Алмазні фрези відзначаються високою точністю та довговічністю, що робить їх оптимальними для грубого зняття матеріалу та роботи з твердими покриттями. Керамічні фрези демонструють найкращу температурну стабільність і комфорт у використанні, знижуючи ризик перегріву й пошкодження натуральної поверхні. Абразивні насадки забезпечують делікатне полірування та фінальне вирівнювання, завдяки чому їх доцільно застосовувати на завершальних етапах обробки.

Для практичного використання доцільно орієнтуватися на тип покриття, інтенсивність навантаження та індивідуальні особливості поверхні, підбираючи фрезу за матеріалом, зернистістю та формою робочої частини. Раціональне поєднання різних типів фрез у межах одного технологічного процесу дозволяє досягти максимальної якості очищення без втрати цілісності підоснови.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення нових композиційних матеріалів для фрез з підвищеною теплопровідністю та зносостійкістю, оптимізацію параметрів швидкісного режиму обертання, а також створення інтелектуальних систем контролю температури та вібрацій у процесі зняття покриттів. Це сприятиме підвищенню точності, комфорту та довговічності інструментів у професійній практиці.

Література

1. Borzangy S., Bahabri R. H., Alsani A. A., Alqutaibi A. Y., Alghauli M. A., AbdElaziz M. H. Cutting efficiency of different dental diamond rotary instruments for sectioning monolithic zirconia and lithium disilicate crowns. *BMC Oral Health*. 2024. 24(1). 1135. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04901-7>
2. Liu X., Cameron A. B., Haugli K. H., Mougios A. A., Heng N. C. K., Choi J. J. E. Influence of CAD/CAM diamond bur wear on the accuracy and surface roughness of dental ceramic restorations: A systematic review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2025. 161. 106813. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106813>
3. El Hoshy A. Z. In vitro comparative of the cutting efficiency and smear layer of ceramic burs, conventional tungsten carbide burs and diamond stone. *Journal of Stomatology and Dental Research*. 2023. 1(1). P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.61440/JSDR.2023.v1.05>
4. Ben Hanan U., Judes H., Regev M. Comparative study of three different types of dental diamond burs. *Tribology – Materials, Surfaces & Interfaces*. 2008. 2. P. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.1179/175158308X373054>
5. Cuevas-Suárez C. Influence of repeated use and sterilization on the performance of diamond burs: An SEM study. *Journal of Dental Health and Oral Research*. 2025. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.46889/JDHOR.2025.6225>
6. Cutting efficiency of different dental diamond rotary instruments for sectioning monolithic zirconia and lithium disilicate crowns. *BMC Oral Health*. 2024. Vol. 24. Article № 1135. DOI: 10.1186/s12903-024-04901-7.
7. Alenezi D. *Assessment of Tapered Diamond Bur Cutting Efficiency of Dental Zirconia*: Master's thesis. Morgantown, WV: West Virginia University, 2018. URL: <https://researchrepository.wvu.edu/etd/5056> (дата звернення: 15.10.2025).

8. Siegel S. C., von Fraunhofer J. A. Dental cutting with diamond burs: heavy-handed or light-touch? *J Prosthodont.* 1999 Mar. Vol. 8, № 1. P. 3-9. DOI: 10.1111/j.1532-849x.1999.tb00002.x.

9. Hoshy A. Z. In Vitro Comparative of the Cutting Efficiency and Smear Layer of Ceramic Burs, Conventional Tungsten Carbide Burs and Diamond Stone. *Journal of Stomatology & Dental Research.* 2023. URL: <https://oaskpublishers.com/assets/article-pdf/in-vitro-comparative-of-the-cutting-efficiency-and-smear-layer-of-ceramic-burs-conventional-tungsten-carbide-burs-and-diamond-stone.pdf> (дата звернення: 15.10.2025).

10. Lau X. E., Liu X., Chua H., Wang W. J., Dias M., Choi J. J. E. Heat generated during dental treatments affecting intrapulpal temperature: a review. *Clinical Oral Investigations.* 2023. Vol. 27. P. 2277–2297. DOI: 10.1007/s00784-023-04951-1. URL: https://www.odontologos.com.co/assets/doc/news/2023-07-27_111511s00784-023-04951-1.pdf (дата звернення: 15.10.2025).

11. Abrasives W. Deburring Solutions: Your Guide to Precision and Efficiency. URL: <https://www.weilerabrasives.com/catalog/application/deburring> (дата звернення: 15.10.2025).