

## АНОТАЦІЯ

***Волошкіна І.В.* Удосконалення процесу алмазного шліфування надтвердих матеріалів за рахунок управління контактними напруженнями. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» (13 – Механічна інженерія). - Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, Харків, 2023.

У дисертації викладено сучасні підходи до розширення технологічних можливостей процесу алмазного шліфування надтвердих матеріалів. Для цього була використана методологія 3D моделювання напружено-деформованого стану системи «синтетичний полікристал алмазу-алмазне зерно-металофаза-зв'язка круга» завдяки чому було виконано уточнення механізму самозагострення алмазних кругів. На базі цього було запропоновано ряд оригінальних технічних рішень по удосконаленню існуючих методів шліфування надтвердих матеріалів в основу яких була покладена примусова активація самозагострення алмазоносного шару шліфувальних кругів на органічних і металевих зв'язках.

*Об'єктом дослідження* є процес шліфування надтвердих матеріалів.

*Предметом дослідження* є управління контактними напруженнями в зоні шліфування.

*Метою дослідження* є удосконалення процесу алмазного шліфування надтвердих матеріалів за рахунок управління контактними напруженнями.

Україна знаходиться серед країн які в даний час широко застосовують вироби з надтвердих матеріалів. Світова практика свідчить про те, що перелік галузей народного господарства, де вони ще не знайшли застосування, неухильно скорочується. Особливо це стосується синтетичних алмазів. Їх унікальні фізико-механічні властивості визначають потенційні можливості застосування синтетичних алмазів у ряді таких галузей науки, техніки та виробництва, розвиток яких визначає перебіг технічного прогресу загалом. При виготовленні виробів з синтетичних

алмазів самою трудомісткою технологічною операцією є формоутворення їх робочої, алмазної, частини. До тепер самим ефективним методом обробки надтвердих матеріалів є алмазне шліфування. Але як синтетичний алмаз, тобто оброблювальний матеріал, так і алмазні зерна круга є рівно твердими матеріалами, що створює унікальний в теорії обробки випадок. В таких умовах відсутнє впровадження зерен круга в синтетичний алмаз. А зняття припуску з оброблювального матеріалу можливе лише за рахунок його крихкого мікроруйнування. А для цього потрібно щоб на поверхні алмазних зерен постійно існували гострі мікро- і субмікротвердість. Це потребує реалізації таких умов обробки, які забезпечували б потрібний механізм самозагострення алмазних зерен. А для цього треба дослідити контактні напруження в зоні обробки і знайти методи управління ними. В даних умовах дуже ефективним засобом для їх дослідження є методологія 3D моделювання системи шліфування.

Практика шліфування надтвердих матеріалів показала, що при використанні як традиційних, так і нових підходів до цього процесу на теперішній час не вдалося вирішити протиріччя яке існує між умовами отримання потрібних значень основних вихідних показників обробки. Тому актуальним є проведення досліджень, спрямованих на удосконалення існуючих способів обробки надтвердих матеріалів. В цьому передбачається їх значний резерв.

Оскільки синтетичні полікристали алмазу, як різновид синтетичного алмазу, найбільш розповсюджені, і мають значну більшу мікротвердість ніж інші не алмазні надтверді матеріали, то в дослідженнях використовувалися в основному саме вони. Це пов'язане з тим, що вирішення проблеми їх обробки автоматично вирішує і проблеми обробки інших, менш твердих, надтвердих матеріалів.

При вирішенні завдань дисертаційного дослідження застосовані сучасні положення теорії обробки матеріалів різанням, теорії електрохімічної обробки, класичної механіки, елементів теорії математичної обробки експериментальних даних. Для дослідження напружено-деформованого стану системи шліфування «синтетичний полікристал алмазу-алмазне зерно-металофаза-зв'язка круга» стосовно процесів шліфування синтетичного полікристалу алмазу

алмазними кругами на органічних і металевих зв'язках використовувалася концепція 3D моделювання, заснована на методі скінчених елементів. При використанні мікроскопічних досліджень для забезпечення візуалізації об'єктів що розглядалися, використовували цифрову камеру ToupCam UCMOS01300KPA. Експериментальні дослідження проводилися з використанням загальноприйнятих і запропонованих оригінальних методик на спеціальному стенді на базі універсально заточувального верстата який після модернізації міг перетворюватися у плоскошліфувальний верстат з вертикальним шпинделем. У роботі застосовувалися положення теоретичної та прикладної статистики, а також програмне забезпечення SolidWorks, КОМПАС, CorelDRAW, Visio, Maple, ToupView, Statistica, Microsoft Office та його додаток Microsoft Office Excel.

У вступі обґрунтовано актуальність задач дослідження, наведена наукова новизна та сформульоване практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз сучасних світових тенденцій, які намітилися в останні роки в області виробництва, застосування і методів обробки синтетичного полікристалу алмазу. На основі аналізу джерел інформації виявлені питання, які залишаються невирішеними у цій предметній області. На підставі проведеного аналізу була висунута робоча гіпотеза, суть якої полягає у можливості підвищення ефективності процесів обробки синтетичного полікристалу алмазу шляхом удосконалення способів алмазного шліфування.

Об'єднуюча ідея представленої роботи полягає у комплексному теоретико - експериментальному дослідженні фізичних та технологічних особливостей процесів шліфування синтетичного полікристалу алмазу, встановлення на цій основі основних передумов для реалізації умов примусового самозагострення алмазних зерен та їх практична реалізація у запропонованих способах шліфування.

У другому розділі викладена загальна методика проведення досліджень, а також наведено дані стосовно ряду приватних методик. Серед них ряд таких, що визнані винаходами. На їх основі виконана систематизація методик контролю лінійного зносу круга і лінійного знімання деталі. Наведено дані по математичній обробці результатів експериментальних досліджень та ін.

У третьому розділі наведено результати 3D моделювання напружено-деформованого стану системи шліфування «синтетичний полікристал алмазу - алмазне зерно-металофаза-зв'язка круга» метою якого є уточнення механізму самозагострення алмазних кругів, як основи для розробки пропозицій по удосконаленню існуючих способів шліфування синтетичного полікристалу алмазу алмазними кругами на металевих і органічних зв'язках.

У четвертому розділі наведені результати теоретико - експериментальних досліджень по удосконаленню комбінованого процесу шліфування синтетичного полікристалу алмазу алмазними кругами на металевих зв'язках який включає в себе безперервне електрохімічне видалення зв'язки в автономній зоні та одночасне введення в зону обробки низькочастотних механічних коливань як основних складових управління контактними напруженнями, а, отже, і вихідними показниками процесу обробки. Вперше використаний такий комплексний фактор, як імпульс сили, який в даному випадку є результатом одночасного прояву таких параметрів процесу, як маса додаткового вантажу і амплітуди механічних коливань. Встановлено вплив умов обробки на технологічні показники процесу шліфування.

У п'ятому розділі наведені дані о практичних розробках направлених на удосконалення існуючих способів шліфування синтетичного полікристалу алмазу. Зокрема на основі використання явища пристосування вперше запропоновано нові фізичні критерії такі як ефективна складова тангенціальної сили різання і ефективний коефіцієнт шліфування. Стосовно умов високо силових контактних напружень характерних для випадку шліфування алмазними кругами на органічних зв'язках і встановленого механізму їх самозагострення запропоновані удосконалені способи шліфування, які забезпечують підвищення ефективності обробки синтетичного полікристалу алмазу. Всі технічні розробки виконані на рівні винаходів.

Наукова новизна проведеного дослідження полягає в розроблених науково-методичних рекомендаціях, спрямованих на вдосконалення процесів шліфування синтетичного полікристалу алмазу. Основні результати, які були отримані в процесі вирішення поставлених завдань та становлять наукову новизну дослідження, полягають у наступному:

1) вперше, враховуючи встановлений факт, що високопродуктивне шліфування синтетичного полікристалу алмазу в умовах введення в зону обробки низькочастотних механічних коливань потребує збільшених значень швидкостей примусового видалення металевої зв'язки круга, запропоновано розширити діапазон регулювання сили струму в ланцюгу електрохімічної правки робочої поверхні круга шляхом зміни величини омичного опору і технологічної напруги поперемінно, що дозволяє значно поліпшити техніко - економічні показники обробки;

2) вперше встановлено, що поліпшення якості формоутворення ріжучих кромки лезових інструментів з синтетичного полікристалу алмазу в умовах введення в зону шліфування механічних коливань низької частоти заснованих на використанні енергії додаткового вантажу, що вільно падає, доцільне за рахунок використання раціональних поєднань значень параметрів механічних коливань, зокрема, потрібно прагнути використовувати верхні граничні частоти коливань для механічних вібраторів при зменшених амплітудах;

3) вперше запропонований до використання такий режимний комплексний фактор, як імпульс сили, який в даному випадку є результатом поєднання таких параметрів процесу, як маса додаткового вантажу і амплітуда механічних коливань враховуючи той факт, що постійність імпульсу сили при різних поєднаннях вказаних параметрів дає практично однакові значення вихідних показників обробки при незмінних інших умовах;

4) розширено уявлення відносно процесу шліфування синтетичного полікристалу алмазу алмазними кругами на органічних зв'язках згідно з яким в умовах взаємодії двох рівнотвердих алмазних структур, алмазоносного шару круга і оброблювального матеріалу, алмаз одночасно виступає у якості оброблювального матеріалу і правлячого олівця, тобто має місце комбінація і одночасна реалізація в часі двох процесів – високопродуктивного шліфування виробу з синтетичного полікристалу алмазу і правки алмазного шліфувального круга за допомогою цього ж виробу методом «точіння»;

5) отримало подальший розвиток ідея, що в основі процесу самозагострення алмазних зерен лежить можливість їх вдавлення у зв'язку круга під дією нормальної складової і їх самозагострення шляхом мікро- і макроруйнування переважно під дією тангенціальної складової сили шліфування, оскільки межа міцності алмазу на вигин практично на порядок менше ніж на стиск, що доказано шляхом 3D розрахунків еквівалентних напружень і деформацій при моделюванні системи «СПА-алмазне зерно-металофаза-зв'язка круга»;

б) отримало подальший розвиток використання коефіцієнта шліфування для оцінювання ефективності процесу шліфування для чого запропоновано встановлювати його значення на базі ефективної складової тангенціальної сили шліфування, що дозволяє більш коректно оцінювати ріжучу здатність алмазного круга при шліфуванні синтетичного полікристалу алмазу, а, отже, і ефективність процесу шліфування в цілому.

Апробація запропонованих методик докладалась і обговорювалась на науково-практичних та науково-технічних конференціях: «XII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів» (Харків, 2018 р.); «Нові і нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні» (Одеса, 2018 р., 2019 р., 2020 р., 2021 р, 2022 р.); «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво» (Краматорськ, 2018 р.); «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2019 р., 2020 р., 2021 р., 2022 р.); «Сучасні технології у промисловому виробництві» (Суми 2019 р., 2020 р.); Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes, (InterPartner 2021; Odessa; Ukraine).

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри «Інтегровані технології машинобудування» ім. М.Ф. Семка Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» при підготовці бакалаврів і магістрів за спеціальністю «Прикладна механіка», зокрема при викладанні дисциплін «Теоретичні основи технологій машинобудування» та

«Наукові дослідження в галузі». Удосконалені процеси алмазного шліфування впроваджено на підприємстві Полтавський алмазний інструмент при заточуванні лезових інструментів з синтетичного полікристалу алмазу. За рахунок використання запропонованих технологічних рекомендацій на підприємстві за період з січня 2021 р. по січень 2022 р. було отримано економічний ефект в сумі 98,9 тис. грн. Практичні результати, отримані в роботі, захищені 13 патентами України на корисні моделі.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

*Наукові статті, опубліковані у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України:*

1. Волошкіна І. В. Моделювання теплового режиму в технологічній системі охолодження шліфувального верстату / М. С. Степанов, М. І. Гасанов, І. В. Волошкіна. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. — Харків: НТУ «ХПІ», 2014. — № 6 (1049). — С. 185—191.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/6170>

*Особистий внесок здобувача: запропоновано схему розподілу теплових потоків в системі використання МОР.*

2. Волошкина І.В. Силовые характеристики процесса шлифования ПСТМ в режиме самозатачивания алмазных кругов / И. Н. Пыжов, В. А. Федорович, И. В. Волошкина. Міжнародний науково-технічний збірник. Серія: Різання та інструменти у технологічних системах. — Харків: НТУ «ХПІ», 2018. — Вип. 88. — С. 193 — 203.

URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/rits\\_2018\\_88\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/rits_2018_88_23)

*Особистий внесок здобувача: виконано уточнюючі експерименти і отримано ступеневу залежність складових сил різання від умов обробки.*

3. Волошкина І.В. Моделирование процесса вибрационного шлифования

методом конечных элементов / И. Н. Пыжов, В. А. Федорович, И. В. Волошкина. Міжнародний науково-технічний збірник. Серія: Різання та інструменти у технологічних системах. — Харків : НТУ «ХП», 2019.— Вип. 90. — С. 136 – 150.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/43840>

URL: <http://doi.org/10.20998/2078-7405.2019.90.14>

*Особистий внесок здобувача: виконано модельні експерименти по впливу механічних коливань на напружено-деформований стан системи шліфування і зроблено їх аналіз.*

4. Волошкина І. В. До особливостей встановлення коефіцієнта шліфування при обробці ПНТМ / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкина. Міжнародний науково-технічний збірник. Серія: Різання та інструмент в технологічних системах.— Харків: НТУ "ХП", 2020. — Вип. 92. — С. 170 — 178.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/47927>

URL: <https://doi.org/10.20998/2078-7405.2020.92.18>

*Особистий внесок здобувача: обґрунтовано і запропоновано до використання методу розрахунку коефіцієнта шліфування при обробці СПА.*

*Статті у виданнях, які включені до наукометричних баз Scopus:*

5. Voloshkina I. . Simulation Methodology of Diamond Burnishing /

V. Fedorovich, I. Pyzhov, J. Kundrak, L. Pupan, I. Voloshkina. Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. Proceedings of the 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing : The Innovation Exchange, DSMIE-2021, June 8-11, 2021year, —Lviv, 2021. — P. 363-372.

URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_36)

*Особистий внесок здобувача: виконано модельні експерименти по співставленню впливу механічних коливань на напружено-деформований стан поверхневого шару деталі.*



*Тези доповідей:*

6. Волошкіна І. В. Роль поперечної подачі при алмазном шліфуваниі полікристаллических сверхтвердых материалов / А. В. Удовиченко, І. В. Волошкіна, І. Н. Пыжов . XII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів (17–20 квітня 2018 р.): матеріали конференції у 3-х ч. — Ч. 1/ За ред. проф. Є. І. Сокола – Харків: НТУ «ХП», 2018. — 250 с.

*Особистий внесок здобувача: сплановано і виконано верстатні експерименти по впливу поперечної подачі на енергоємність процесу шліфування СПА.*

7. Волошкіна І. В. До особливостей процесу самозагострення алмазних кругів при шліфуванні ПНТМ / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні: матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 26-29 вересня 2018 р. — Одеса : ОНПУ, 2018. — С. 149 — 151.

*Особистий внесок здобувача: виконано порівняльні експерименти по впливу механічних коливань на напружено-деформований стан системи шліфування і зроблено їх аналіз.*

8. Волошкіна І.В. Повышение эффективности обработки поликристаллических сверхтвердых материалов / И. Н. Пыжов, И. В. Волошкіна. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 31 жовтня-02 листопада 2018 року/ Під заг.ред Ковальова В. Д. — Краматорськ : ДДМА, 2018. — С. 167-169.

*Особистий внесок здобувача: зроблено аналіз шляхів підвищення ефективності процесу шліфування ПНТМ.*

9. Волошкіна І. В. До обґрунтування самозагострення алмазно-абразивного інструменту / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-

технічної конференції, 16–19 квітня 2019 р. / Редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. — Суми: Сумський державний університет, 2019. — С. 48 — 49.

*Особистий внесок здобувача: проведено 3D моделювання НДС системи шліфування і зроблено аналіз його результатів.*

10. Волошкина И. В. Методология обеспечения надежности лезвийного инструмента из СТМ на стадии его изготовления / И. Н. Пыжов, В. А. Федорович, И. В. Волошкина . Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, у 4 ч. — Ч. 1, 15-17 травня 2019 р. / За ред. проф. Сокола Є.І. — Харків: НТУ «ХП», 2019. — 157 с.

*Особистий внесок здобувача: встановлено співвідношення між термосиловими напруженнями при заточці лезових інструментів з СПА.*

11. Волошкина И. В. Роль характеристики алмазного круга в комбинированных процессах шлифования сверхтвердых поликристаллов / И. Н. Пыжов, В. А. Федорович, И. В. Волошкина// Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні: матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 16–18 травня 2019 р. — Одеса : ОНПУ, 2019. — С.148 — 151.

*Особистий внесок здобувача: проведено аналіз підходів до вибору оптимальної характеристики алмазного круга.*

12. Волошкіна І. В. До використання комбінованих процесів шліфування синтетичних алмазів / І. М. Пижов, І. В. Волошкіна. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції, 21–24 квітня 2020 р. / Редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. — Суми : Сумський державний університет, 2010. — С. 45 — 46.

*Особистий внесок здобувача: зроблено аналіз можливої ролі особливого впливу сили струму правки.*

13. Волошкіна І. В. Теоретичне обґрунтування ефективності процесу вібрацій алмазного шліфування / В. О. Федорович, І. М. Пижов, І. В. Волошкіна. Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні: матеріали міжнародної

науково-технічної конференції, 23-25 вересня 2020 р. — Одеса: ОНПУ, 2020. — С. 168—174.

*Особистий внесок здобувача: проведено модельні експерименти по встановленню особливостей вібраційного шліфування СПА і виконано аналіз результатів.*

14. Волошкіна І. В. Особливості формоутворення виробів із СПА / І. М. Пижов, І. В. Волошкіна. Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, у 5 ч. — Ч. 1, 28-30 жовтня 2020 р. / За ред. проф. Сокола Є.І. — Харків : НТУ «ХП», 2020. — 147 с.

*Особистий внесок здобувача: зроблено уточнюючий аналіз можливих шляхів підвищення процесу шліфування СПА.*

15. Волошкіна І. В. Удосконалення процесів шліфування виробів із синтетичних полікристалів алмазу / І. М. Пижов, І. В. Волошкіна. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2021, у 5 ч. — Ч. 1, 18-20 травня 2021 р. / За ред. проф. Сокола Є. І. — Харків : НТУ «ХП», 2021. — 115 с.

*Особистий внесок здобувача: сформульовано шляхи удосконалення процесів шліфування СПА алмазними кругами на різних зв'язках.*

16. Волошкіна І. В. Деякі особливості алмазного шліфування СПА з введенням в зону обробки механічних коливань / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна // Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні: матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 22-24 вересня 2021 р., — Одеса : Державний університет «Одеська політехніка», 2021. — С. 136-140.

*Особистий внесок здобувача: проведено аналіз можливостей вібратору для створення механічних коливань.*

17. Voloshkina I. V. Use of an advanced approach to research efficiency of polycrystalline superhard materials processing by grinding / I. V. Voloshkina. Високі технології: тенденції розвитку: матеріали XXIX міжнародного науково-технічного семінару, 1-5 листопада 2021 р., — Харків : НТУ «ХП», 2021. — С. 58 — 59.

18. Волошкіна І. В. До визначення граничної частоти коливань механічного вібратора / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 19-21 жовтня 2022 р. / За ред. проф. Сокола Є.І. — Харків : НТУ «ХП», 2022 — С.133.

*Особистий внесок здобувача: запропоновано підхід до визначення граничної частоти коливань вібратора.*

#### *Монографії:*

19. Волошкіна І. В. Удосконалення процесу алмазного шліфування надтвердих матеріалів за рахунок управління контактними напруженнями [Електронний ресурс]: монографія / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна; Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". – Електрон. текст. дані. – Харків, 2022. Розділ 3. Окремий розділ. С. 56 - 76. Розділ 4. Окремий розділ. С. 77 - 102.

URI: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/57208>

*Особистий внесок здобувача: одноосібно виконано дослідження згідно розділів 3 та 4.*

#### *Патенти:*

20. Спосіб визначення ефективної складової тангенціальної сили різання: пат. 128946 Україна: МПК (2006) В24В 1/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № u201805053; заявл. 07.05.2018 опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19. — 3 с.

21. Спосіб заточування і доведення лезових інструментів із синтетичних полікристалічних алмазів: пат. 139199 Україна: МПК (2006.01) В24В 3/34 / В. О. Федорович, І. М. Пижов, І. В. Волошкіна. — № u201906377; заявл. 07.06.2019 опубл. 26.12.2019, Бюл. № 24. — 3 с.

22. Спосіб оцінювання ефективності процесу шліфування полікристалічних надтвердих матеріалів: пат. 141335 Україна, МПК (2020.01) В24В 1/00 / І. М.

Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № у 2019 07269; заявл. 01.07.2019; опубл. 10.04.2020, Бюл. № 7. — 3 с.

23. Спосіб електрохімічної правки струмопровідного алмазного круга: пат. 146479 Україна, МПК (2021.01) В23Н 7/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № у 2020 06016; заявл. 21.09.2020 опубл. 24.02.2021, Бюл. № 8. — 3 с.

24. Спосіб шліфування полікристалів алмаза: пат. 146480 Україна, МПК (2021.01) В24В 1/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № у 2020 06017; заявл. 21.09.2020 опубл. 24.02.2021, Бюл. № 8. — 3 с.

25. Спосіб контролю лінійного зносу шліфувального круга: пат. 146527 Україна, МПК (2021.01) В24В 49/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № у 2020 06558; заявл. 12.10.2020 опубл. 24.02.2021, Бюл. № 8. — 3 с.

26. Спосіб алмазного шліфування з введенням в зону обробки механічних коливань: пат. 146996 Україна, МПК (2021.01) В24В 1/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № у 2020 07567; заявл. 27.11.2020 опубл. 31.03.2021, Бюл. № 13. — 3 с.

27. Спосіб контролю лінійного зносу алмазного круга при шліфуванні полікристалічних алмазів: пат. 147888 Україна, МПК (2021.01) В24В 49/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № у 2021 07567; заявл. 22.02.2021 опубл. 16.06.2021, Бюл. № 24. — 3 с.

28. Спосіб непрямого контролю лінійного зносу шліфувального круга: пат. 148076 Україна, МПК (2021.01) В24В 49/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № у 2021 01157; заявл. 09.03.2021 опубл. 30.06.2021, Бюл. № 26. — 3 с.

29. Спосіб контролю лінійного зносу шліфувального круга: пат. 148089 Україна, МПК (2021.01) В24В 49/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № у 2021 01396; заявл. 19.03.2021 опубл. 30.06.2021, Бюл. № 26. — 3 с.

30. Спосіб непрямого контролю лінійного знімання деталі при шліфуванні: пат. 151483 Україна, МПК (2006) В24В 49/00 / І. В. Волошкіна, І. М. Пижов. — № и 2021 6644; заявл. 24.11.2021 опубл. 03.08.2022, Бюл. № 31/2022. — 3 с.

31. Спосіб визначення верхньої граничної частоти коливань механічного вібратора: пат. 151586 Україна, МПК (2006) В24В 1/00 / І. М. Пижов, В. О. Федорович, І. В. Волошкіна. — № и 2021 07306; заявл. 15.12.2021 опубл. 17.08.2022, Бюл. № 33/2022. — 3 с.

32. Спосіб алмазного шліфування з введенням в зону обробки механічних коливань: пат. 151544 Україна, МПК (2006) В24В 1/00 / І. В. Волошкіна, І. М. Пижов. — № и 2021 07307; заявл. 15.12.2021 опубл. 10.08.2022, Бюл. № 32/2022. — 3 с.

**Ключові слова:** надтверді матеріали, синтетичний полікристалічний алмаз, алмазний круг, зв'язка круга, алмазозносний шар круга, напружено-деформований стан системи, 3D моделювання системи, механізм самозагострення, контактні напруження, електрохімічна правка круга, низькочастотні механічні коливання, імпульс сили, керований процес шліфування, явище пристосованості, удосконалений процес шліфування.

## ABSTRACT

***Voloshkina I.V.* Improvement of the process of diamond grinding of superhard materials due to control of contact stresses. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.**

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 131 "Applied Mechanics" (13 - Mechanical Engineering). - National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2023.

This thesis describes modern approaches to expanding the technological capabilities of the diamond grinding process for superhard materials. For this purpose, the methodology of 3D modeling of the stress-strain state of the system "synthetic polycrystalline diamond-diamond grain-metal phase-bonded wheel" was used, which allowed to clarify the mechanism of self-sharpening of diamond wheels. Based on this, a number of original technical solutions were proposed to improve existing methods of grinding superhard materials based on the forced activation of self-sharpening of the diamond-bearing layer of grinding wheels on organic and metal bonds.

*The object of research* is the process of grinding superhard materials.

*The subject of the study* is the control of contact stresses in the grinding zone.

*The purpose of the study* is to improve the process of diamond grinding of superhard materials by controlling contact stresses.

Ukraine is among the countries that are currently widely using products made of superhard materials. Global practice shows that the list of industries where they have not yet found application is steadily shrinking. This is especially true for synthetic diamonds. Their unique physical and mechanical properties determine the potential application of synthetic diamonds in a number of such fields of science, technology and production, the development of which determines the course of technological progress in general. When manufacturing products from synthetic diamonds, the most labor-intensive technological operation is the shaping of their working, diamond, part. Until now, diamond grinding has been the most effective method of processing superhard materials. However, both synthetic

diamond, i.e., the cutting material, and the diamond grains of the wheel are equally hard materials, which creates a unique case in the theory of machining. Under such conditions, there is no penetration of the wheel grains into the synthetic diamond. And the removal of the allowance from the workpiece is possible only through its brittle microfracture. And this requires that sharp micro- and submicro-edges constantly exist on the surface of the diamond grains. This requires the implementation of such processing conditions that would provide the necessary mechanism for self-sharpening of diamond grains. To do this, it is necessary to study the contact stresses in the processing zone and find methods to control them. In these conditions, the methodology of 3D modeling of the grinding system is a very effective tool for their study.

The practice of grinding superhard materials has shown that the use of both traditional and new approaches to this process has not yet resolved the contradiction that exists between the conditions for obtaining the required values of the main output indicators of processing. Therefore, it is important to conduct research aimed at improving the existing methods of processing superhard materials. This suggests their significant reserve.

Since synthetic diamond polycrystals, as a type of synthetic diamond, are the most common and have a significantly higher microhardness than other non-diamond superhard materials, they were mainly used in the research. This is due to the fact that solving the problem of their processing automatically solves the problems of processing other less hard superhard materials.

The modern provisions of the theory of materials processing by cutting, the theory of electrochemical processing, classical mechanics, elements of the theory of mathematical processing of experimental data were used in solving the problems of the dissertation research. The concept of 3D modeling based on the finite element method was used to study the stress-strain state of the grinding system "synthetic diamond polycrystal-diamond grain-metal phase-bonded wheel" in relation to the processes of grinding synthetic diamond polycrystal with diamond wheels on organic and metal bonds. When using microscopic studies, a digital camera ToupCam UCMOS01300KPA was used to provide visualization of the objects under consideration. Experimental studies were carried out



using generally accepted and proposed original methods on a special stand based on a universal sharpening machine, which, after modernization, could be converted into a surface grinding machine with a vertical spindle. The provisions of theoretical and applied statistics, as well as SolidWorks, KOMPAS, CorelDRAW, Visio, Maple, ToupView, Statistica, Microsoft Office and its application Microsoft Office Excel were used in the work.

The introduction substantiates the relevance of the research objectives, presents the scientific novelty and formulates the practical significance of the results obtained.

The first chapter of the dissertation analyzes the current global trends that have emerged in recent years in the field of production, application and processing methods of synthetic polycrystalline diamond. Based on the analysis of information sources, the author identified issues that remain unresolved in this subject area. Based on the analysis, a working hypothesis was put forward, the essence of which is the possibility of increasing the efficiency of synthetic polycrystalline diamond processing by improving diamond grinding methods.

The unifying idea of the presented work is a comprehensive theoretical and experimental study of the physical and technological features of the processes of grinding synthetic diamond polycrystals, establishing on this basis the basic prerequisites for the implementation of the conditions for forced self-sharpening of diamond grains and their practical implementation in the proposed grinding methods.

The second section describes the general methodology of the research, as well as data on a number of private methods. Among them are a number of those recognized as inventions. They are used to systematize the methods of controlling linear wear of the wheel and linear part removal. The data on the mathematical processing of the results of experimental studies, etc. are presented.

The third section presents the results of 3D modeling of the stress-strain state of the grinding system "synthetic polycrystal diamond - diamond grain - metal phase - wheel binder", the purpose of which is to clarify the mechanism of self-sharpening of diamond wheels as a basis for developing proposals for improving existing methods of grinding synthetic polycrystal diamond with diamond wheels with metal and organic bonds.

The fourth section presents the results of theoretical and experimental studies on improving the combined process of grinding a synthetic polycrystal of diamond by diamond wheels on metal bonds, which includes continuous electrochemical removal of the bond in an autonomous zone and the simultaneous introduction of low-frequency mechanical vibrations into the processing zone as the main components of contact stress control and, consequently, the output indicators of the processing process. For the first time, such a complex factor as a force impulse was used, which in this case is the result of the simultaneous manifestation of such process parameters as the mass of the additional load and the amplitude of mechanical vibrations. The influence of machining conditions on the technological parameters of the grinding process was determined.

The fifth section presents data on practical developments aimed at improving the existing methods of grinding synthetic diamond polycrystal. In particular, new physical criteria such as the effective component of the tangential cutting force and the effective grinding coefficient were proposed for the first time based on the use of the adaptation phenomenon. With regard to the conditions of high contact stresses typical for the case of grinding with diamond wheels on organic bonds and the established mechanism of their self-sharpening, improved grinding methods have been proposed that provide an increase in the efficiency of processing synthetic polycrystals of diamond. All technical developments were performed at the level of inventions.

The scientific novelty of the study lies in the developed scientific and methodological recommendations aimed at improving the processes of grinding synthetic diamond polycrystals. The main results obtained in the process of solving the tasks and constituting the scientific novelty of the study are as follows:

- 1) for the first time, taking into account the established fact that high-performance grinding of synthetic diamond polycrystal under conditions of introduction of low-frequency mechanical vibrations into the processing zone requires increased values of the speed of forced removal of the metal bond of the wheel, it is proposed to expand the range of current control in the circuit of electrochemical dressing of the working surface of the wheel by changing the value of ohmic resistance and process voltage alternately, which can significantly improve the technical and economic indicators of processing;

2) for the first time, it was established that improving the quality of forming the cutting edges of blade tools made of synthetic polycrystalline diamond under the conditions of introducing low-frequency mechanical vibrations into the grinding zone based on the use of energy of an additional free-falling load is advisable by using rational combinations of values of mechanical vibration parameters, in particular, it is necessary to strive to use the upper limit vibration frequencies for mechanical vibrators at reduced amplitudes;

3) for the first time, such a mode complex factor as a force impulse was proposed for use, which in this case is the result of a combination of such process parameters as the weight of the additional load and the amplitude of mechanical vibrations, taking into account the fact that the constancy of the force impulse under different combinations of these parameters gives almost the same values of the output processing indicators under other conditions;

4) the idea of the process of grinding a synthetic polycrystal of diamond with diamond wheels on organic bonds was expanded, according to which, under the conditions of interaction of two equally hard diamond structures, the diamond-bearing layer of the wheel and the processing material, diamond simultaneously acts as a cutting material and a dressing pencil, i.e. there is a combination and simultaneous realization in time of two processes - high-performance grinding of a product made of synthetic polycrystalline diamond and dressing of a diamond grinding wheel with the same product by the "turning" method;

5) the idea that the process of self-sharpening of diamond grains is based on the possibility of their pressing into the bond of the wheel under the influence of the normal component and their self-sharpening by micro- and macro-fracture mainly under the influence of the tangential component of the grinding force was further developed, since the tensile strength of diamond is almost an order of magnitude less than the compressive strength, which was proved by 3D calculations of equivalent stresses and strains in modeling the system "CPA-diamond grain-metal phase-bonded wheel";

6) the use of the grinding coefficient to evaluate the efficiency of the grinding process was further developed, for which it was proposed to set its value based on the

effective component of the tangential grinding force, which allows a more correct assessment of the cutting ability of a diamond wheel when grinding a synthetic diamond polycrystal, and, consequently, the efficiency of the grinding process as a whole.

The proposed methods were tested and discussed at scientific and practical, scientific and technical conferences: "XII International Scientific and Practical Conference of Undergraduate and Postgraduate Students" (Kharkiv, 2018); "New and Non-traditional Technologies in Resource and Energy Conservation" (Odesa, 2018, 2019, 2020, 2021, 2021, 2022); "Mechanical Engineering through the Eyes of the Young: Progressive Ideas - Science - Production" (Kramatorsk, 2018); "Information Technologies: Science, Engineering, Technology, Education, Health" (Kharkiv, 2019, 2020, 2021, 2022); "Modern Technologies in Industrial Production" (Sumy, 2019, 2020); Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes, (InterPartner 2021; Odesa; Ukraine).

The practical significance of the results obtained is that the results of the dissertation are used in the educational process of the M.F. Semko Department of Integrated Mechanical Engineering Technologies of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" in the training of bachelors and masters in the specialty "Applied Mechanics", in particular in teaching the disciplines "Theoretical foundations of mechanical engineering technologies" and "Scientific research in the industry". Improved diamond grinding processes were introduced at Poltava Diamond Tools when sharpening blade tools made of synthetic diamond polycrystals. Due to the use of the proposed technological recommendations at the enterprise for the period from January 2021 to January 2022, an economic effect in the amount of UAH 98.9 thousand was obtained. The practical results obtained in the work are protected by 13 patents of Ukraine for utility models.

## LIST OF THE APPLICANT'S PUBLICATIONS

*Scientific articles published in scientific publications included in the list of scientific professional publications of Ukraine as of the date of publication:*

1. Voloshkina I.V. Modeling of thermal regime in the technological cooling system of a grinding machine / M.S. Stepanov, M.I. Hasanov, I.V. Voloshkina. Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Collection of scientific papers. Series: Mathematical modeling in engineering and technology - Kharkiv: NTU "KHPI", 2014. - NO. 6 (1049). - PP. 185-191.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/6170>

*Personal contribution of the applicant: a scheme for the distribution of heat flows in the coolant use system is proposed.*

2. Voloshkina I.V. Force characteristics of PSTM grinding process in self-sharpening mode of diamond wheels / I.N. Pyzhov, V.A. Fedorovich, I.V. Voloshkina. International scientific and technical collection. Series: Cutting and Tools in Technological Systems. - Kharkiv : NTU "KhPI", 2018. - Vyp. 88. - C. 193 - 203.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/38952>

*Personal contribution of the applicant: refinement experiments were performed and the degree dependence of the components of the cutting forces on the machining conditions was obtained.*

3. Voloshkina I.V. Modelling of vibration grinding process by finite element method / I.N. Pyzhov, V.A. Fedorovich, I.V. Voloshkina. International scientific and technical collection. Series: Cutting and tools in technological systems.-Harkov: NTU "KhPI", 2019.- Iss. 90. -- C. 136 - 150.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/43840>

URL: <http://doi.org/10.20998/2078-7405.2019.90.14>

*Personal contribution of the applicant: model experiments on the effect of mechanical vibrations on the stress-strain state of the grinding system were performed and analyzed.*

4. Voloshkina I. V. To the peculiarities of setting the coefficient of

grinding coefficient in the processing of PNTM / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovich, I. V. Voloshkina. International scientific and technical collection. Series: Cutting and tools in technological systems: NTU "KhPI", 2020. - Issue 92. - P. 170 - 178.

URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/47927>

URL: <https://doi.org/10.20998/2078-7405.2020.92.18>

*Personal contribution of the applicant: the methodology for calculating the grinding coefficient in the processing of SPA was substantiated and proposed for use.*

*Articles in journals included in the Scopus scientometric databases:*

5. Voloshkina I. . Simulation Methodology of Diamond Burnishing / V. Fedorovich, I. Pyzhov, J. Kundrak, L. Pupan, I. Voloshkina. Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. Proceedings of the 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing : The Innovation Exchange, DSMIE-2021, June 8-11, 2021year, — Lviv, 2021. — P. 363-372.

URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_36)

*Personal contribution of the applicant: modeling experiments were performed to compare the effect of mechanical vibrations on the stress-strain state of the surface layer of the part.*

*Abstracts:*

6. Voloshkina I. V. The role of transverse feed in diamond grinding of polycrystalline superhard materials / A. V. Udovychenko, I. V. Voloshkina, I. N. Pyzhov. XII International Scientific and Practical Conference of Undergraduate and Postgraduate Students (April 17-20, 2018): conference materials in 3 parts - Part 1/ Edited by Prof. E. I. Sokol - Kharkiv: NTU "KhPI", 2018. 250 p.

*Personal contribution of the applicant: planned and performed machine experiments on the effect of transverse feed on the energy consumption of the SPA grinding process.*

7. Voloshkina I. V. To peculiarities of self-sharpening process of diamond wheels at grinding of PNTM / I. M. Pizhov, V. O. Fedorovich, I. V. Voloshkina. New and non-traditional technologies in resource- and energy-saving : proceedings of international scientific and technical conference, 26-29 September 2018 p. - Odessa : ONPU, 2018. - C. 149 - 151.

*Personal contribution of the applicant: comparative experiments on the effect of mechanical vibrations on the stress-strain state of the grinding system were performed and analyzed.*

8. Voloshkina I.V. Increasing the efficiency of processing polycrystalline superhard materials / I.N. Pyzhov, I.V. Voloshkina. Mechanical engineering through the eyes of young people: progressive ideas - science - production. Proceedings of the international scientific and practical conference, October 31-November 02, 2018 / Edited by V. D. Kovalev - Kramatorsk: DDMU, 2018. PP. 167-169.

*Personal contribution of the applicant: the analysis of ways to improve the efficiency of the PNTM grinding process.*

9. Voloshkina I.V. To substantiate the self-sharpening of a diamond abrasive tool / I.M. Pyzhov, V.O. Fedorovych, I.V. Voloshkina. Modern technologies in industrial production: materials and program of the VI All-Ukrainian scientific and technical conference, April 16-19, 2019 / Edited by O. Gusak, I. Pavlenko - Sumy: Sumy State University, 2019. - P. 48 - 49.

*Personal contribution of the applicant: 3D modeling of the grinding system's VAT and analysis of its results.*

10. Voloshkina I. V. Methodology for ensuring the reliability of blade tools made of CTM at the stage of its manufacture / I. N. Pyzhov, V. A. Fedorovich, I. V. Voloshkina. Information technologies: science, engineering, technology, education, health: abstracts of the reports of the XXVII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2019, in 4 parts - Part 1, May 15-17, 2019 / Edited by Prof. Sokol E.I. - Kharkiv: NTU "KhPI", 2019. - 157 p.

*Personal contribution of the applicant: the correlation between thermal and power stresses during the sharpening of blade tools with SPA was established.*

11. Voloshkina I. V. The role of diamond wheel characteristics in combined grinding processes of superhard polycrystals / I. N. Pyzhov, V. A. Fedorovich, I. V. Voloshkina. New and non-traditional technologies in resource- and energy-saving: materials of international scientific and technical conference, May 16-18, 2019 - Odessa : ONPU, 2019. - C.148 - 151.

*Personal contribution of the applicant: analysis of approaches to the selection of the optimal characteristics of a diamond wheel.*

12. Voloshkina I. V. To the use of combined processes of grinding synthetic diamonds / I. M. Pyzhov, I. V. Voloshkina. Modern technologies in industrial production: materials and program of the VII All-Ukrainian Scientific and Technical Conference, April 21-24, 2020 / Edited by O. Gusak, I. Pavlenko - Sumy: Sumy State University, 2010. - P. 45 - 46.

*Personal contribution of the applicant: analysis of the possible role of the special effect of the editing current.*

13. Voloshkina I. V. Theoretical substantiation of the efficiency of the process of vibration diamond grinding / V. O. Fedorovych, I. M. Pyzhov, I. V. Voloshkina. New and non-traditional technologies in resource and energy saving: materials of the international scientific and technical conference, September 23-25, 2020 - Odesa: ONPU, 2020. PP. 168-174.

*Personal contribution of the applicant: model experiments were carried out to establish the features of vibration grinding of the SPA and the results were analyzed.*

14. Voloshkina I.V. Features of forming products from SPA / I.M. Pyzhov, I.V. Voloshkina. Information technologies: science, technology, technology, education, health: abstracts of the XXVIII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2020, in 5 parts - Part 1, October 28-30, 2020 / Edited by Prof. Sokol E.I. - Kharkiv: NTU "KhPI", 2020. - 147 p.

*Personal contribution of the applicant: a refinement analysis of possible ways to improve the process of grinding of SPA.*

15. Voloshkina I. V. Improving the processes of grinding products from synthetic diamond polycrystals / I. M. Pyzhov, I. V. Voloshkina. Information technologies: science,



engineering, technology, education, health: abstracts of the XXVIII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2021, in 5 parts - Part 1, May 18-20, 2021 / Edited by Prof. Sokol E. I. - Kharkiv: NTU "KhPI", 2021. 115 p.

*Personal contribution of the applicant: ways to improve the processes of grinding spa with diamond wheels on different bonds were formulated.*

16. Voloshkina I. V. Some Peculiarities of Diamond Grinding SPA with the Introduction of Mechanical Shaking into the Machining Area / I. M. Pizhov, V. O. Fedorovich, I. V. Voloshkina // New and Untraditional Technologies in Resource- and Energy-Saving Solutions: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, 22-24 September 2021, - Odessa: State University "Odessa Polytechnic", 2021. - C. 136-140.

*Personal contribution of the applicant: analysis of the capabilities of the vibrator to create mechanical vibrations.*

17. Voloshkina I. V. Use of an advanced approach to research efficiency of polycrystalline superhard materials processing by grinding / I. V. Voloshkina. High technologies: development trends: materials of the XXIX international scientific and technical seminar, November 1-5, 2021, - Kharkiv: NTU "KHPI", 2021. PP. 58 - 59.

18. Voloshkina I. V. To determine the limiting frequency of oscillations of a mechanical vibrator / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovich, I. V. Voloshkina. Information technologies: science, technology, technology, education, health: abstracts of the XXX International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2022, October 19-21, 2022 / Edited by Prof. Sokol E.I. - Kharkiv: NTU "KHPI", 2022 - P.133.

*Personal contribution of the applicant: an approach to determining the limiting frequency of vibrator oscillations is proposed.*

#### *Monographs:*

19. Voloshkina I. V. Improving the process of diamond grinding of superhard materials by controlling contact stresses [Electronic resource]: monograph / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovich, I. V. Voloshkina; National Technical University "KhPI." - Electronic text data. - Kharkiv, 2022. - P. 56 - 102.

URI: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/57208>.

*Personal contribution of the applicant: the research according to Chapters 3 and 4 was carried out by the applicant alone.*

#### Patents:

20. Method for determining the effective component of the tangential cutting force: pat. 128946 Ukraine: IPC (2006) B24B 1/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u201805053; application for 07.05.2018 published 10.10.2018, Bulletin No. 19. - 3 p.

21. Method of sharpening and finishing of blade tools made of synthetic polycrystalline diamonds: pat. 139199 Ukraine: IPC (2006.01) B24B 3/34 / V. O. Fedorovych, I. M. Pyzhov, I. V. Voloshkina - No. u201906377; application for 07.06.2019 published on 26.12.2019, Bulletin No. 24. - 3 p.

22. Method for evaluating the efficiency of the grinding process of polycrystalline superhard materials: pat. 141335 Ukraine, IPC (2020.01) B24B 1/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2019 07269; application for application filed on July 01, 2019; published on April 10, 2020, Bulletin No. 7. - 3 p.

23. Method of electrochemical dressing of a conductive diamond wheel: pat. 146479 Ukraine, IPC (2021.01) B23H 7/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2020 06016; application for 21.09.2020, published on 24.02.2021, Bulletin No. 8. - 3 p.

24. Method for grinding diamond polycrystals: pat. 146480 Ukraine, IPC (2021.01) B24B 1/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2020 06017; application for 21.09.2020, published on 24.02.2021, Bulletin No. 8. - 3 p.

25. Method for controlling linear wear of a grinding wheel: pat. 146527 Ukraine, IPC (2021.01) B24B 49/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2020 06558; application for 12.10.2020, published on 24.02.2021, Bulletin No. 8. - 3 p.

26. Method of diamond grinding with the introduction of mechanical vibrations into the processing zone: pat. 146996 Ukraine, IPC (2021.01) B24B 1/00 / I. M. Pyzhov, V. O.

Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2020 07567; application for 27.11.2020, published on 31.03.2021, Bulletin No. 13. - 3 p.

27. Method for controlling the linear wear of a diamond wheel when grinding polycrystalline diamonds: pat. 147888 Ukraine, IPC (2021.01) B24B 49/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2021 07567; application for 22.02.2021, published on 16.06.2021, Bulletin No. 24. - 3 p.

28. Method for indirect control of linear wear of a grinding wheel: pat. 148076 Ukraine, IPC (2021.01) B24B 49/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2021 01157; application for 09.03.2021, published on 30.06.2021, Bulletin No. 26. - 3 p.

29. Method for controlling linear wear of a grinding wheel: pat. 148089 Ukraine, IPC (2021.01) B24B 49/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2021 01396; application for 19.03.2021, published on 30.06.2021, Bulletin No. 26. - 3 p.

30. Method for indirect control of linear removal of a part during grinding: pat. 151483 Ukraine, IPC (2006) B24B 49/00 / I. V. Voloshkina, I. M. Pyzhov - No. u 2021 6644; application for 24.11.2021, published 03.08.2022, Bulletin No. 31/2022. - 3 p.

31. Method for determining the upper limit frequency of oscillations of a mechanical vibrator: pat. 151586 Ukraine, IPC (2006) B24B 1/00 / I. M. Pyzhov, V. O. Fedorovych, I. V. Voloshkina - No. u 2021 07306; application for 15.12.2021, published on 17.08.2022, Bulletin No. 33/2022. - 3 p.

32. Method of diamond grinding with the introduction of mechanical vibrations into the processing zone: pat. 151544 Ukraine, IPC (2006) B24B 1/00 / I. V. Voloshkina, I. M. Pyzhov - No. u 2021 07307; application for 15.12.2021 published on 10.08.2022, Bulletin No. 32/2022. - 3 p.

**Keywords.** superior materials, synthetic polycrystalline diamond, diamond circle, circle ligament, circle diamond layer, tense - deformed system of system, 3d system modeling, self -stress mechanism, contact stresses, electrochemical edging of a circle, low - frequency mechanical vibration adjustment phenomenon, advanced grinding process.