

Наукові основи технологій отримання та обробки матеріалів

УДК 620.178.1

<https://doi.org/10.15407/materials2023.06.086>

Вплив вибору марки ріжучих алмазів та концентрації УДПА у наповнювачі зв'язки на працездатність алмазних трубчастих сверدل при обробці граніту та скла

В. П. Уманський*, В. П. Красовський, О. О. Башенко

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН
України

Україна, 03142, Київ, вул. Кржижановського, 3

*E-mail: umanskyvp@gmail.com

Наведено результати лабораторних випробувань при свердлінні алмазними трубчастими свердлами граніту та віконного скла. Найбільш якісний інструмент можна отримати, якщо використовувати високоміцні алмазні зерна марки AC500 500/400. Експлуатаційні характеристики таких сверدل відрізнялися високими зносостійкістю (низьким зносом) та швидкістю свердління. Ефективність свердління алмазними свердлами, оснащеними менш якісними алмазними зернами марок AC200 500/400 і AC32 500/400, значно нижча. Знизити знос та підвищити швидкість свердління таким інструментом можливо після введення в зв'язку наповнювача в кількості 5—7% (мас.) АСМ 1/0.

Ключові слова: алмазні свердла, зразки зв'язці, випробування при свердлінні, швидкість свердління, знос.

Вступ

Алмазний інструмент (шліфувальні бруски, правлячі олівці, трубчасті свердла, бурові коронки та ін.) знайшов широке застосування в промисловості. Для виготовлення високоякісного інструменту на основі алмазних порошків важливо сформувати і закріпити зерна алмазів в матриці (зв'язці) і, таким чином, створити високоміцний алмазометалевий композитний матеріал. В ІПМ НАНУ ім. І. М. Францевича розроблено спосіб [1], який дозволив

методом вакуумного просочення досить просто і без застосування громіздкого і дорогого устаткування виготовляти такий алмазний інструмент, що відрізняється високою стійкістю і продуктивністю при обробці цілого ряду неметалічних матеріалів. У попередніх наших дослідженнях на прикладі алмазних трубчастих сверدل [2, 3] було показано, що ефективність роботи інструменту багато в чому залежить від властивостей зв'язки, в якій розміщувалися алмазні зерна. На властивості зв'язки, зокрема на її твердість, міцність при стисканні і зносостійкість, впливали концентрація добавок ультрадисперсних порошків алмазу (УДПА) марки АСМ 1/0, мікропорошків алмазу (МПА) марок АСМ 10/7, АСМ 40/28 або добавок олова, що розміщувалися в неї. При цьому марка ріжучих алмазних зерен у всіх випадках була однаковою — АС200 500/400.

Введення в зв'язку інструменту наповнювача: суміші ультрадисперсних порошків алмазу марки АСМ 1/0 та порошків молібдену суттєво поліпшувало її механічні властивості — твердість і міцність при стисканні. Це сприяло більш якісному закріпленню в зв'язці сверدل крупних робочих алмазів марки АС200 500/400. У свою чергу, підвищення міцності закріплення робочих алмазів приводило як до збільшення швидкості свердління, так і до зменшення зносу сверدل. Крім того, швидкість свердління і знос сверدل в значній мірі залежали від вибору оброблюваного матеріалу, а значить, і характеру його руйнування, що визначалися особливостями кристалічної ґратки і фізико-механічними властивостями матеріалу. Встановлено, що найбільш доцільно вводити УДПА в кількості 5—9% (мас.). Введення в наповнювач мікропорошків алмазів марок АСМ 10/7 і особливо АСМ 40/28 вимагало, по-перше, більшої їх концентрації (15—40% (мас.)), по-друге, ці порошки не настільки ефективні: показники швидкості свердління алмазним інструментом були нижче, а знос — вище.

Мета цього дослідження — вивчити залежність ефективності роботи сверدل від вмісту в них ріжучих алмазів різної якості і міцності марок АС32 500/400, АС200 500/400 і АС500 500/400, а також від концентрації УДПА в наповнювачі зв'язки при свердлінні граніту і віконного скла.

Матеріали та методика досліджень

В дослідженнях використовували ультрадисперсний порошок алмазу виробництва Інституту надтвердих матеріалів НАН України марки АСМ 1/0 (алмаз синтетичний, мікропорошок з розміром частинок до 1 мкм по ТУ 2-037-196-77) і порошок молібдену (ТУ 48-19-316-80) з розміром частинок до 5 мкм. Бронзу для просочення виготовляли з хімічно чистих металів: міді (ГОСТ 859-78) і олова (ГОСТ 860-75). Для випробовувань та отримання експлуатаційних характеристик сверدل були обрані різні по своїх

властивостях матеріали: твердий матеріал з міцною кристалічною ґраткою натуральний рожевий граніт та крихке аморфне віконне скло.

Для виготовлення зразків зв'язки ретельно перемішували складники наповнювача: суміш порошків АСМ 1/0 та молібдену (концентрація алмазного порошку коливалася від 0 до 11% (мас.)). Для отримання трубчастих свердл в суміш порошків, крім вказаних компонентів, додавали великі абразивні зерна алмазів марок АС32 500/400, АС200 500/400 та АС500 500/400 (алмаз синтетичний з міцністю зерен при стисканні близько 32, 200 та 500 Н відповідно і їх розміром від 500 до 400 мкм, ДСТУ 3292-95). Концентрація таких алмазів в зв'язці була постійною і дорівнювала приблизно 25% (об.). Ці алмази попередньо металізували тонким шаром хрому і міді [4]. Потім суміші порошків, підготовлені для отримання як свердл, так і зразків зв'язки, розміщували в формі з графіту марки МПГ-6, утрамбовували і просочували сплавом Cu—15\% (мас.) Sn . Просочення здійснювали у вакуумі $3 \cdot 10^{-3}$ Па при 960—980 °С протягом 7—10 хв. Після просочення вироби, що були отримані, додатково проходили очищення від залишків графіту.

Зразки зв'язки виплавляли у вигляді циліндрів діаметром 9 мм. Свердла виготовляли зі сталеві трубки з алмазметалевим композитним матеріалом на торці і виступаючими на частки міліметра великими алмазними зернами для більш ефективного та якісного свердління. Зовнішній діаметр трубчастого свердла був 10 мм, внутрішній — 7,5 мм. Було виготовлено по 7 алмазних свердл з ріжучими алмазами марок АС32 500/400, АС200 500/400 та АС500 500/400 з добавками 0, 1, 3, 5, 7, 9 та 11% (мас.) УДПА. Виготовляли також зразки зв'язки з таким же вмістом добавок УДПА, але без ріжучих зерен алмазу в кількості 7. Фотографії свердл і зразків зв'язки представлені на рис. 1.

Свердла досліджували на свердлильному верстаті марки “Sachsenwerk” (Дрезден, Німеччина) в холодній проточній воді для запобігання окиснення алмазів і зв'язки через їх нагрівання в процесі тертя. Алмазні свердла розміщували в патроні верстата. Число обертів патрона (1400 об/хв) забезпечувало постійну лінійну швидкість, що дорівнювала приблизно 2,2 м/с. Тиск алмазних свердл на поверхню дослідного матеріалу був також постійним і становив 6 МПа.

Випробування алмазних свердл проводили свердлінням отворів в дослідних матеріалах глибиною 4 см. При цьому вимірювали час, витрачений на свердління одного отвору кожним свердлом. Знос алмазних свердл визначали зважуванням на аналітичних вагах марки ДВ-200М за різницею їх маси до і після випробувань. Зразки

Рис. 1. Алмазні трубчасті свердла і зразки зв'язки цих інструментів.



зв'язки використовували для вивчення залежності твердості і міцності при стисканні від концентрації в них добавок УДПА. Твердість зразків в одиницях HRB вимірювали на твердомірі марки ТК методом вдавлювання сталеві кульки. Міцність при стисканні визначали на універсальній установці для механічних випробувань виробництва НКІМП типу 1236У-10.

Результати та їх обговорення

Дослідження деяких механічних властивостей зв'язки алмазних трубчастих свердл [2]

Залежність твердості зразків зв'язки алмазних свердл від концентрації АСМ 1/0 в наповнювачі представлена на рис. 2, а. З підвищенням концентрації АСМ 1/0 до 5% (мас.) в наповнювачі твердість зразків зв'язки зростала приблизно на третину (в 1,3 рази) і досягала максимуму — 96,5 од. HRB. Подальше збільшення концентрації АСМ 1/0 призводило до деякого зниження твердості: на 10%, якщо концентрація 9% (мас.), і на 22% — якщо 11% (мас.).

Залежність міцності від концентрації АСМ 1/0 в наповнювачі при стисканні зв'язки алмазних свердл представлена на рис. 2, б. За відсутності добавок у зв'язці її міцність при стисканні сягала 141,1 МПа. Як і у випадку з твердістю, введення УДПА в наповнювач зв'язки до 3—7 % (мас.) приводило до зростання міцності при стисканні приблизно в 4 рази (563,7—612,1 МПа). Зменшення твердості і міцності при стисканні зразків, що містили в своєму складі більш як 5% (мас.) АСМ 1/0, пояснюється невеликою поруватістю, яка з'являлася завдяки інтенсифікації хімічної реакції в процесі просочення між вуглецем алмазу і оксидами порошків молібдену, які завжди присутні на їхній поверхні. В результаті цієї реакції виділявся газ — оксид вуглецю СО у вигляді бульбашок у сплаві, які і утворювали поруватість з його охолодженням та кристалізацією. У разі невеликої кількості АСМ 1/0 (менш ніж 5% (мас.)) і меншої кількості газу оксид вуглецю встигав видалитися вакуумною системою. Підвищення величин механічних властивостей досліджених композитних матеріалів обумовлено армуючою дією дрібних алмазних зерен АСМ1/0. Як відомо, впродовж

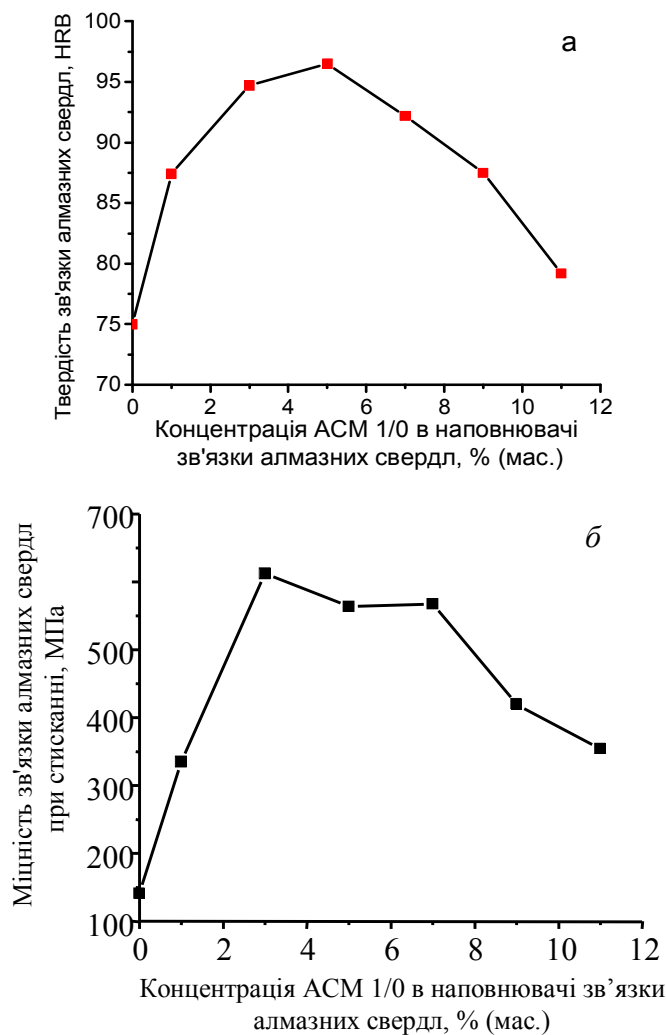


Рис. 2. Залежності твердості (а) і міцності при стисканні (б) зв'язки алмазних свердл від концентрації АСМ 1/0 в наповнювачі.

проведення дослідів по твердості і міцності при стисканні зразків зв'язки останні піддавалися деформації. Величина її залежала від пересування дислокацій, які завжди присутні в сплавах [5]. Армуючі частинки (в нашому випадку дрібні зерна алмазу) перешкоджали таким переміщенням і таким чином ускладнювали деформацію. В результаті визначені значення механічних властивостей зростали з підвищенням концентрації добавок, але до того рівня, коли, як вже зазначалося, утворювалася досить висока поруватість.

Отримані результати зіставляли з одержаними раніше для свердл, що були оснащені ріжучими алмазами марки АС200 500/400 [3].

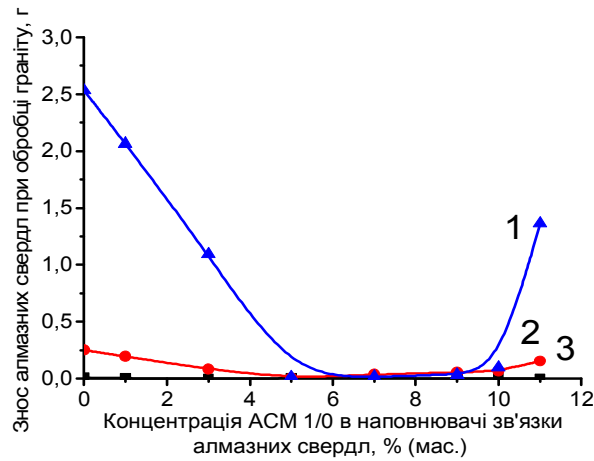
Дослідження зношування алмазних трубчастих свердл

Залежності зношування алмазних свердл під час обробки граніту та скла від концентрації АСМ 1/0 в наповнювачі зв'язки представлені на рис. 3. Як і очікувалося, при обробці граніту за відсутності наповнювача найменший знос мали свердла, оснащені найміцнішими алмазними зернами марки АС500 500/400, а найбільший — оснащені найслабшими — АС32 500/40, відповідно 0,0108; 0,251 і 2,5327 г. Знос свердл, оснащених зернами алмазу марки АС200 500/400, очікувано займав проміжне значення. Слід підкреслити, що величини зносу свердл в данному випадку значно відрізнялися. Так, знос свердл з АС200 500/400 був приблизно в 10 разів меншим, ніж в випадку з АС32 500/400, а знос свердл з АС500 500/400 був меншим, ніж цей показник у свердл з АС32 500/400 в 235 разів (!). У випадку обробки скла показники зносу були меншими і дорівнювали відповідно 0,0228; 0,024, 0,0945 г.

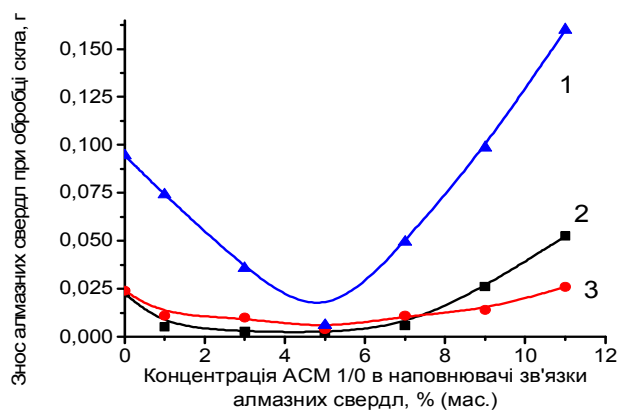
Після введення наповнювача в зв'язку інструментів знос алмазних свердл суттєво знижувався. Так, введення в свердла з зернами алмазу марки АС500 500/400 3% (мас.) АСМ 1/0 сприяло зменшенню їхнього зносу при обробці граніту в 4,7 рази — з 0,0108 до 0,0023 г. Введення в свердла з алмазами марки АС200 500/400 5% (мас.) АСМ 1/0 зменшувало знос приблизно в 84 рази — з 0,251 до 0,003 г. Але найбільш вражаючим є ефект зниження зносу алмазних свердл, які були оснащені зернами алмазу марки АС32 500/400, — в 178 разів (!) — з 2,5327 до 0,0142 г за такої ж кількості наповнювача. Важливо відзначити, що навіть таке різке зниження зносу свердл з найменш міцними алмазами не досягало рівня мінімального зносу свердл, оснащених алмазами марки АС500 500/400 і АС200 500/400, поступаючись їм в 6,2 і в 4,7 разів відповідно.

Підвищення концентрації АСМ 1/0 до 11% (мас.) в зв'язці інструменту призводило до очікуваного поступового збільшення його зносу. Причому збільшення зносу свердл, оснащених АС500 500/400, було незначним — трохи більше, ніж у 2 рази, однак у свердл з менш якісними алмазними зернами АС200 500/400 і АС32 500/400 цей показник зростав більше ніж у 51 і 95 разів відповідно.

Відносно обробки скла можна відзначити наступне. Зношування свердл, оснащених алмазними зернами марок АС500 500/400 і АС200 500/400 без наповнювача, приблизно однаково — 0,0228 і 0,024 г. Знос свердл з алмазами марки АС32 500/400 перевищував ці показники приблизно в 4 рази і дорівнював 0,0945 г. Після введення наповнювача в зв'язку свердл і з подальшим підвищенням його концентрації, як і очікувалось, знос інструменту знижувався. Найбільш ефективною була добавка в кількості 5% (мас.) АСМ 1/0. Вона дозволила знизити знос алмазних свердл, оснащених



а



б

Рис. 3. Залежності зношування алмазних свердл в процесі свердління отворів в граніті (а) та в склі (б) від концентрації АСМ 1/0 в наповнювачі зв'язки. Різучі алмазні зерна: 1 — АС500 500/400; 2 — АС200 500/400; 3 — АС32 500/400.

АС500 500/400, АС200 500/400 і АС32 500/400, приблизно у 11, 6 та 16 разів відповідно. Як і у випадку з гранітом, при обробці скла найбільш ефективними були добавки в зв'язку свердл, оснащених найменш міцними зернами алмазу — АС32 500/400. Підвищення концентрації АСМ 1/0 до 11% (мас.) в зв'язці свердл призводило до поступового зростання їхнього зносу приблизно у 26, 7 і 27 разів для інструментів з зернами алмазів марок АС500 500/400, АС200 500/400 і АС32 500/400 відповідно.

Таким чином, алмазні трубчасті свердла, оснащені найбільш якісними і міцними алмазними зернами марки АС500 500/400, при обробці граніту та віконного скла відрізнялися найменшим зносом. Якщо використовували в зв'язці інструменту менш якісні зерна

алмазу марок АС200 500/400 і АС32 500/400, його знос зростав. Цей факт обумовлений тим, що при однаковому зносі зв'язок, в яких були закріплені ріжучі алмазні зерна, завдяки більшій міцності алмазів марки АС500 500/400 останні довше залишалися в роботі навіть при значному зносі зв'язки і невеликому заглибленні в зв'язці інструменту. У такому випадку величина виступаючої частини зерна дорівнювала $2/3$ і навіть $3/4$ його максимального розміру. Цей факт позитивно відбивався на зносі самого інструменту. Навпаки, застосування в алмазних свердлах менш якісних алмазів навіть після невеликого зносу зв'язки і, відповідно, незначного виступання над рівнем торцю алмазоносного шару свердла приблизно на $1/3$ максимального розміру призводило до їх руйнування. Тобто витрата таких алмазів була підвищеною, а їхній ресурс використовувався не повною мірою. У підсумку, знос свердл, оснащених менш якісними алмазними зернами, був більш високим. Знос всіх досліджених алмазних свердл значно знижувався після введення в зв'язку інструменту наповнювача та зростання концентрації в ньому АСМ 1/0 завдяки, як вже зазначалося, підвищенню її механічних властивостей: міцність утримання робочих алмазів ставала більшою зі зменшенням зносу самої зв'язки. З підвищенням концентрації в наповнювачі зв'язки АСМ 1/0 більше 5% (мас.), як відзначалося, її механічні властивості погіршувалися і всі переваги ефективності роботи алмазних свердл нівелювалися.

Як зазначено в роботі [6], всі різновиди зносу абразивного інструменту (в нашому випадку — зносу алмазних свердл) об'єднані у три види: механічне стирання вершин зерен, сколювання вершин, виривання зерен із зв'язки. Допускається, що за час контакту на кожній із вершин зерен можна реалізувати всі три види зношування. Облік різних видів зношування є надзвичайно складним завданням. Для його вирішення застосовуються методи математичного моделювання, яким присвячено дуже багато досліджень. Стосовно наших досліджень, можна відзначити, що найбільший знос неякісних зерен алмазів марки АС32 500/400 у разі відносно слабкого їхнього закріплення в зв'язці свердла за відсутності або малої кількості в ній УДПА обумовлений, очевидно, впливом усіх трьох видів зношування. Швидкий знос таких зерен призводив і до підвищеного зносу зв'язки (а значить, і свердла) через зростаючий тиск під час свердління, а також її низькі механічні властивості (див. рис. 2). В результаті додавання в зв'язку УДПА в кількості до 5% (мас.) зростає її твердість і міцність при стисканні і вона здатна довше утримувати зерна алмазів при свердлінні. Тому третій вид зношення нівелювався, а, відповідно, стійкість свердла підвищувалась. Подальше додавання

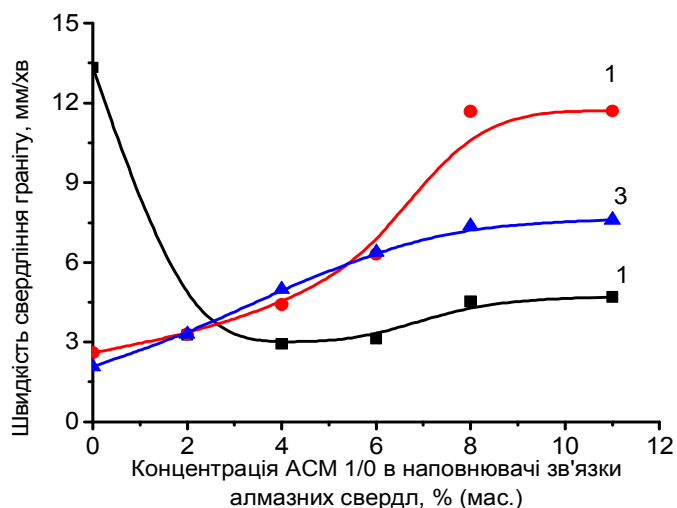
УДПА в зв'язку ($\geq 5\%$ (мас.)) знижує її механічні властивості, знову додається третій вид зносу. Відносно сверدل, оснащених більш якісними алмазними зернами марок АС200 500/400 і АС500 500/400, механічне стирання і сколювання вершин проявлялися меншою мірою. Тобто перші два види зносу практично були відсутні. Тому загальний знос такого інструменту був значно нижчий і вплив УДПА на його величину менший.

Дослідження швидкості свердління алмазних трубчастих сверدل

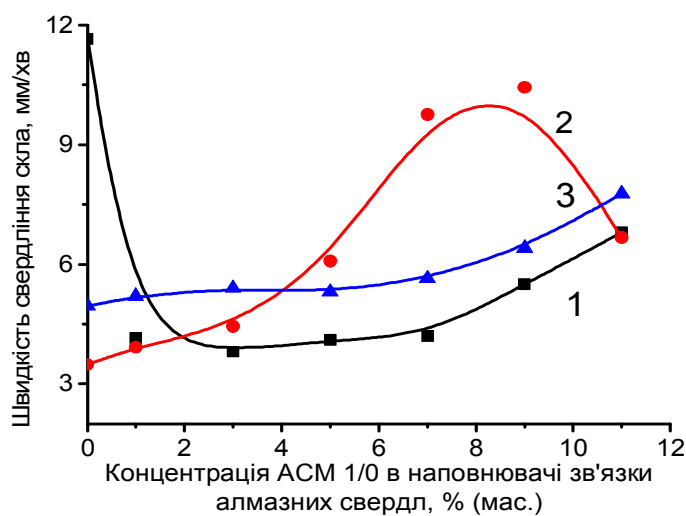
Залежності швидкості свердління алмазними свердлами граніту та віконного скла від концентрації АСМ 1/0 в наповнювачі зв'язки представлені на рис. 4. За відсутності наповнювача найбільшу швидкість свердління граніту мали свердла, оснащені робочими алмазами марки АС500 500/400, — 13,33 мм/хв. Швидкість свердління свердлами, оснащеними робочими алмазами марок АС200 500/400 і АС32 500/400, була значно нижчою — приблизно в 5,1 та 6,4 рази відповідно. Якщо вводили в зв'язку наповнювач, то швидкість свердління граніту свердлами з АС200 500/400 зростала з 2,59 до 11,68 мм/хв (в 4,5 рази), з АС32 500/400 — з 2,07 до 7,38 мм/хв (в 3,6 рази). Навпаки, швидкість свердління свердлами, оснащеними алмазними зернами марки АС500 500/400, значно знижувалась з 13,33 до 2,92 мм/хв (приблизно в 4,6 разів) з вмістом АСМ 1/0 4% (мас.) і дещо підвищувалась до 4,7 мм/хв зі зростанням концентрації УДПА до 11% (мас.).

Що стосується віконного скла, то за відсутності наповнювача найбільшу швидкість його свердління також мали свердла, оснащені робочими алмазами марки АС500 500/400, — 11,65 мм/хв. Як і у випадку з гранітом, свердла з менш якісними алмазними зернами АС200 500/400 і АС32 500/400 відрізнялися меншою швидкістю свердління — 3,48 і 4,95 мм/хв, тобто вона була нижчою в 3,3 і 2,4 рази відповідно. З додаванням в зв'язку наповнювача швидкість свердління скла свердлами, оснащеними АС 200 500/400, зростала з 3,48 до 10,44 (в 3 рази), а у випадку з АС32 500/400 цей показник підвищувався з 4,95 до 7,77 (в 1,6 разів). В той же час швидкість свердління свердлами, оснащеними зернами марки АС500 500/400, значно знижувалась з 11,65 до 3,8—4,2 мм/хв (приблизно в 2,9 разів) з концентрацією АСМ 1/0 3—5% (мас.) і дещо підвищувалась до 6,8 мм/хв зі зростанням концентрації АСМ 1/0 до 11% (мас.).

Таким чином, швидкість свердління граніту та віконного скла свердлами, оснащеними алмазними зернами марки АС500 500/400, за відсутності наповнювача в зв'язці інструментів була максимальною. Факт зниження швидкості свердління цих матеріалів з введенням наповнювача в зв'язку свердл потребує особливої уваги. Він обумовлений технологією їхнього виготовлення.



a



б

Рис. 4. Залежності швидкості свердління отворів в граніті (*a*) та в склі (*б*) алмазними свердлами від концентрації АСМ 1/0 в наповнювачі зв'язки алмазних свердл, % (мас.). Ріжучі алмазні зерна: 1 — АС500 500/400; 2 — АС200 500/400; 3 — АС32 500/400.

На стадії формування алмазоносного шару перед операцією вакуумного просочення на утрамбований шар порошку наповнювача засипали зерна алмазу, щоб розмістити почергово такі шари. Коли шар наповнювача не мав добавок АСМ 1/0, він був досить м'який і великі правильної форми октаедри зерен алмазу під час їхньої засипки досягали поверхні і розміщувалися у довільній позиції, у тому числі і гострими ребрами і вершинками назовні. Ці гострі кромки сприяли ефективній роботі алмазного інструменту. Якщо наповнювач мав добавки УДПА (АСМ 1/0),

після засипки правильні октаедри алмазних зерен на твердій поверхні суміші порошків розміщувалися таким чином, що виступали не гострі кромки зерен, а грані — площини. На вироблених торцях алмазоносного шару готових сверدل досить чітко видно різне розташування зерен в зв'язках з УДПА і без нього. В той же час після засипки алмазних зерен марок АС200 500/400 і АС32 500/400, які не відрізнялися таким правильним огранюванням, останні завжди розташовувалися таким чином, що гострі ребра і вершинки опинялися назовні торців інструменту. Тому добавка наповнювача в зв'язку алмазних сверدل не сприяла зниженню швидкості свердління граніту та скла. Навпаки, цей показник дещо підвищувався завдяки більш якісному закріпленню зерен в зв'язці сверدل. У даному випадку досягалось утримання робочих зерен при меншому заглибленні і, відповідно, збільшенні виступання над рівнем торця алмазоносного шару свердла. Під час роботи такого інструменту глибина проникнення в дослідний матеріал, що оброблявся, за один його оберт збільшувалася і тоді загальна швидкість свердління за певний проміжок часу зростала. Слід зазначити, що швидкість свердління інструментів, оснащених високоякісними алмазними зернами марки АС500 500/400, з підвищенням концентрації в наповнювачі зв'язки АСМ 1/0 більше 1% (мас.) теж збільшувалася завдяки згаданій причині. Слід також додати, що швидкість свердління усіх досліджених інструментів за достатньо високих концентрацій УДПА ($\geq 7\%$ (мас.)) зростала і за рахунок збільшення зносу зв'язки. У такому випадку під час свердління в зоні різання підвищувалася концентрація ріжучих зерен, а також ультрадисперсних порошків алмазу.

Висновки і перспективи

Для виготовлення ефективних алмазних трубчастих сверدل доцільно використовувати вакуумну технологію просочення, розроблену в ІПМ НАНУ ім. І. М. Францевича. Найбільш якісні інструменти можна отримати, якщо використовувати високоміцні алмазні зерна марки АС500 500/400. Такими алмазними свердлами можна успішно обробляти граніт, скло, а також цілком ймовірно і інші неметалеві матеріали. Важливо, що експлуатаційні характеристики таких сверدل відрізнялися високими зносостійкістю (низьким зносом) та швидкістю свердління. Ефективність свердління алмазними свердлами, які були оснащені менш якісними алмазними зернами марок АС200 500/400 і АС32 500/400, була значно нижчою. Але завдяки введенню в зв'язку інструментів наповнювача з 5—7% (мас.) АСМ 1/0 вдалося суттєво знизити їхній знос та підвищити швидкість свердління. Незважаючи на це, найкращі показники

ефективності таких свердл в декілька разів поступалися інструментам, оснащеним алмазними зернами марки АС500 500/400.

Список літератури

1. Уманський В.П. Спосіб просочення мікро- та ультрадисперсних алмазних порошків при виготовленні інструменту. Пат. 120657 Україна. Опубл. 10.01.2020. Бюл. № 1.
2. Найдич Ю.В., Уманский В.П., Бродниковский Н.П., Кулаков А.С., Рокицкая Е.А. Влияние наполнителя из порошков ультрадисперсных алмазов марки АСМ 1/0 и молибдена в связке трубчатых свёрл на их работоспособность при обработке некоторых неметаллических материалов. *Адгезия расплавов и пайка материалов*. 2017. Вып. 50. С. 94—104.
3. Уманський В.П., Красовський В.П., Бащенко О.А. Особливості впливу наповнювача, що містить добавки мікро- і ультрадисперсних порошків алмазів, на властивості алмазних трубчастих свердл при обробці деяких неметалічних матеріалів. *Порошкова металургія*. 2020. № 11/12. С. 136—146.
4. Naidich Yu.V., Umanskii V.P., Lavrinenko I.A. Strength of the diamond — metal interface and brazing of diamonds. Cambridge International Science Publishing, 2007. 160 p.
5. Гуляев А.П. Металловедение. Москва: Металлургия, 1977. 647 с.
6. Носенко В.А., Федотов. Е.В., Даниленко М.В. Математическое моделирование износа зёрен скалыванием с использованием марковских случайных процессов. *Вестник ЮУрГУ, серия “Машиностроение”*. 2015. Т. 15. № 2. С. 20—31.

References

1. Umansky, V. P. (2020). The method of seepage of micro-and ultrafine diamond powders when preparing a tool. Pat. 120657 Ukraina. Publ. 10.01.2020. Biul. No. 1 [in Ukrainian].
2. Naidych, Yu. V., Umanskyi, V. P., Brodnykovskiy, N. P., Kulakov, A. S., Rokytskaia, E. A. (2017). Influence of a filler from powders of ultrafine diamonds of grade ASM 1/0 and molybdenum in a bunch of tubular drills on their performance when processing some non-metallic materials. *Adgeziya rasplavov i payka materialov*, Vyp. 50, pp. 94—104 [in Russian].
3. Umansky, V. P., Krasovskyy, V. P., Bashchenko, O. A. (2020). Effect of reinforcement with micro- and ultradispersed diamond powders on the properties of diamond tubular drills during the processing of some non-metallic materials. *Poroshkova metallurhiya*, No. 11/12, pp. 136—145 [in Ukrainian]. doi:10.1007/s11106-021-00207-3
4. Naidich, Yu. V., Umanskii, V. P., Lavrinenko, I. A. (2007). Strength of the diamond — metal interface and brazing of diamonds. Cambridge International Science Publishing, 160 p.
5. Huliaevev, A. P. (1977). Metall science. Moscow: Metallurgiya, 647 p. [in Russian].

6. Nosenko, V. A., Fedotov, E. V., Danilenko, M. V. (2015). Mathematical modeling of grain wear by shearing using Markov random processes. Vestnyk YuUrHu, seryia "Mashynostroenye", Vol. 15, No. 2, pp. 20—31 [in Russian].

The influence of the choice of the brand of cutting diamonds and the concentration of UDPA in the bond filler on the performance of diamond tube drills when processing granite and glass

V. P. Umansky*, V. P. Krasovskyy, O. A. Bashchenko

I. M. Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of NAS of Ukraine, Kyiv

*E-mail: umanskyvp@gmail.com

The results of laboratory tests for drilling granite and window glass with diamond tube drills are given. The drills were made by the method of vacuum impregnation, developed at the Institute of Scientific Research of the National Academy of Sciences named after I. M. Frantsevich, and studied on a Sachsenwerk drilling machine (Dresden, Germany) in cold running water in order to prevent oxidation of diamonds and bonds due to their heating during work. The dependence of the efficiency of the drills on the content of very strong cutting diamonds of the AS500 500/400 brand, less strong — of the AS32 500/400 brand, as well as on the concentration of ultradispersed diamond powders (UDPA or ASM 1/0) in the filler of the tool bundles was studied. These indicators were compared with the indicators of drills equipped with diamond grains of the AS200 500/400 brand, which were obtained and described earlier when drilling the same non-metallic materials. The performance of diamond drills was evaluated by their wear and drilling speed. The highest quality tools can be obtained if you use high-strength diamond grains of the AS500 500/400 brand. The operational characteristics of such drills differed in high wear resistance (low wear) and drilling speed. The efficiency of drilling with diamond drills that were equipped with lower-quality diamond grains of the AS200 500/400 and AS32 500/400 brands was significantly lower. It was possible to increase the drilling speed and reduce the wear of such tools when the filler was introduced into the connection with ASM 1/0 in the amount of 5—7% (wt.) due to the improvement of its mechanical properties. But all the same, such diamond drills were inferior in efficiency to tools equipped with high-quality diamonds of the AS 500 500/400 brand.

Keywords: diamond drills, bond samples, drilling tests, drilling speed, wear.