

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА НАДІЙНІСТЬ КРІПЛЕННЯ ВСТАВНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ПОРОДОРУЙНИВНОГО ОСНАЩЕННЯ БУРОВИХ ДОЛІТ

© Сліпчук А.М., Яким Р.С., 2021

**Мета.** Аналізом відпрацьованих шарошок виявлено ефект від проковзування твердосплавних зубків навколо своєї осі. Тому була поставлена задача вивчити причини цього явища. Для оцінки параметрів міцності сталі в ділянках отвору вимірювали твердість з наступним встановленням градієнта розподілу твердості в ділянці отвору. **Методика.** Застосовуючи добре апробовану методику, а саме спосіб послідовних різниць, визначили оцінку середньоквадратичного відхилення та критерій оцінки. Перевіряли вибіркові середні значення на предмет їхньої однорідності. Для цього оцінювали характер та величину розходження суміжних вибірових середніх значень. При проведенні такого аналізу, було застосовано критерій Стюдента. **Результати.** Отримані дані дають змогу констатувати, що швидкість різання в досліджуваних межах суттєво не впливає на величину розбивки отворів при розвірчуванні отворів у тілі вінців шарошки під посадку твердосплавних зубків. Вивчено характер впливу технологічних параметрів на статистичний зв'язок між величиною розбивки отвору та показниками шорсткості оброблених поверхонь. **Наукова новизна.** Аналізом встановлено, що по нейтральних лініях розтягу – стиску в ділянці робочої клинкової поверхні зубка утворюються площини ковзання. При несприятливих умовах розподіл напружень у спряженні «зубок – отвір» відбувається раптове зародження поширення магістральних тріщин що веде до раптового руйнування зубка з твердого сплаву. Тому точність виконання з'єднання має вирішальне значення. **Практична значущість.** Овальність отворів необхідно зменшити до 0,02 мм, бо зі збільшенням допуску навколо отвору виникає несприятливий розподіл напружень що веде до руйнування спряжених елементів зубка та отвору вінця шарошки. Параметри пресування мають вибиратися відповідно до показників міцності та пластичності сталі шарошок. При цьому необхідно враховувати характер розподілу напружень у близько розташованих не тільки двох зубках, а групах зубків у вінцях шарошки.

**Ключові слова:** свердління, вінець шарошки, розвертання, точність, буріння, формоутворення, твердість, зубок.

### *Вступ. Постановка проблеми*

Високі вимоги, які ставляться до експлуатаційних, фізико-механічних чи термічних властивостей шарошки і зубка, інколи можуть бути суперечливими, і особливо в деяких випадках – навіть взаємовиключними. Як наслідок, необхідно детально зупинитися на таких моментах докладно і всесторонньо розглянути та вивчити вплив таких чинників. По-перше, це – фізико-механічні властивості. Вони безпосередньо впливають на міцність з'єднання „зубок–шарошка”. По-друге, це характеристики міцності матеріалу отворів у вінцях шарошок та зубків. Якщо зменшити або уникнути загартованого цементованого шару, то це збільшить довговічність твердосплавного озброєння. На даний момент у виробництві часто практикується виготовлення долота з нецементованими вінцями. Хоча є певні застереження при використанні описаного методу. Три шарошкові долота, які виготовляють на ВАТ „Дрогобицький долотний завод” та закордоном на іноземних зразках, під час експлуатації мають значно менший відсоток випадання зубків з тіла шарошки, і крім того ще й працюють за менших витрат промивної рідини [1]. Але при цьому вінці шарошок зазнають більшого та сильнішого абразивного впливу середовищ, які інтенсивно руйнують інструмент, і як результат, це приводить до ударноабразивного та гідроабразивного зношування. Після відпрацювання долота можна побачити оголені твердосплавні зубки та в цілому і швидке руйнування твердосплавного озброєння.

Дослідження процесу взаємодії бурового інструменту, зокрема, трьох шарошкові долота, із

забоєм описано в [2]. Такий показано, як взаємодія породи із зубками, які сприймають складні навантаження. Як результат, на поверхні шарошки утворюються мікротріщини в цементованому шарі. Отже, в цілому тріщиностійкість матеріалу шарошки є одним з ключових параметрів, який визначає довговічність роботи з'єднання „зубок-шарошка”. Однак не слід це питання розглядати так одностороннє, оскільки тріщиностійкість є лише одним з низки важливих критеріїв [3,4].

### *Аналіз літературних джерел*

При проведенні огляду спеціальної сучасного наукового матеріалу та літератури, яка частково зустрічається в Інтернеті на спеціалізованих сайтах, була використана комплексна методика, яка дозволила отримати цілком об'єктивні результати по взаємодії між собою деяких конструктивних елементів шарошкових доліт. Зокрема, у статті [5] розглядається вплив рідин, за допомогою якої вимивають відпрацьовану сировину та геометричних параметрів шарошки на бурильні процеси, які відбуваються при роботі інструмента та обумовлено, в основному, адсорбцією, що може носити як фізичний та навіть хімічний характер. При вивченні цих явищ, які проходять на границі розподілу «гірська порода – промивна рідина», були розглянуті у різних матеріалах та наукових статтях [5,6,7]. В основу досліджень покладено принцип залежності утворення хімічних сполук від зв'язку між адсорбційним поведінням і електронною будовою адсорбенту й адсорбату.

Пояснюється це тим, що таке озброєння трьохшарошкових доліт, крім тієї частини, яка розташована у верхній частині інструменту і на зворотних конусах, під час процесу буріння зазнає значних знакозмінні динамічні навантаження. Вплив цих суттєвих навантажень на твердосплавні зубки, передається на стінки отворів, в яких вони запресовані, а це поступово, в процесі роботи, послаблюють міцність кріплення. Спочатку на поверхні корпусу шарошок навколо зубків утворюються мікротріщини, а в подальшому це призводить до випадання зубків. Міцність такого з'єднання зубків з тілом корпусу шарошки визначається величиною сили тертя між ними і залежить від контактних напружень між спряженими поверхнями зубків і стінок отвору.

В цьому напрямку вже досягнуто значного успіху, який показано в багатьох роботах [5, 6, 8] та ін. Проаналізувавши ці роботи можна зробити висновки, що при розв'язанні такої проблеми можна виділити декілька шляхів вирішення цієї проблеми. Основні серед них можна поділити на такі:

- вдосконалення технології складання з'єднання;
- оптимізація технологічного процесу за рахунок зміцнення обробки шарошки і зубка;
- підбір відповідного матеріалу для шарошки чи зубка.

### *Мета дослідження*

Наявність змінних за циклічним законом (відповідно до конструкції та типорозміру шарошки) напружень в ділянці спряження «твердосплавний зубок – тіло вінця шарошки» спричинює втомне зношування не тільки твердосплавного зубка, а й тіл вінців. Це спричинює до зародження і росту втомних тріщин. Особливість та характер таких процесів залежить від величини концентрації напружень в ділянці входу зубка в шарошку та на контакті «фаска хвостовика зубка – дно отвору». Фактично, показники які характеризують в'язкість руйнування долотної сталі визначають міцність вінців шарошки. Найпростішими критеріями, які застосовуються на виробництві і мають важливе практичне значення, крім стандартних показників міцності й пластичності є показник DI [6]. Одночасно, точнішу інформацію дає ґрунтовне дослідження структурної чутливості до тріщиноутворення, як це показано в [8,9].

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі.

1. Встановити залежність впливу швидкості різання  $V$  на величину розбивки отворів у вінцях шарошки долота.
2. Порівняти точність формоутворення отворів у шарошка монолітними твердосплавними

розвертками та розвертками з твердосплавними пластинами.

3. Визначити характер розподілу величин розбивки отворів на показники чистоти їх оброблення.

### Методологія дослідження

Аналізом відпрацьованих шарошок виявлено ефект від проковзування твердосплавних зубків навколо своєї осі. Тому була поставлена задача вивчити причини цього явища. Для цього з партії твердосплавних зубків вибрали статистично підконтрольну групу зубків і вивчили геометричні параметри хвостовика на предмет виявлення відхилень у профілі поверхні (рис. 1), що відповідає за спряження зі стінкою отвору. Отримані результати показують, що найбільше проблем у відхиленні від профілю фіксується на отворах. Для твердосплавних зубків можна застосувати операцію калібрування. Стосовно отворів то виявлений характер відхилень уможливорює ставити конкретні задачі щодо раціонального призначення параметрів технооперацій формоутворення отворів для підвищення точності отворів у вінцях шарошки під вставні зубки.

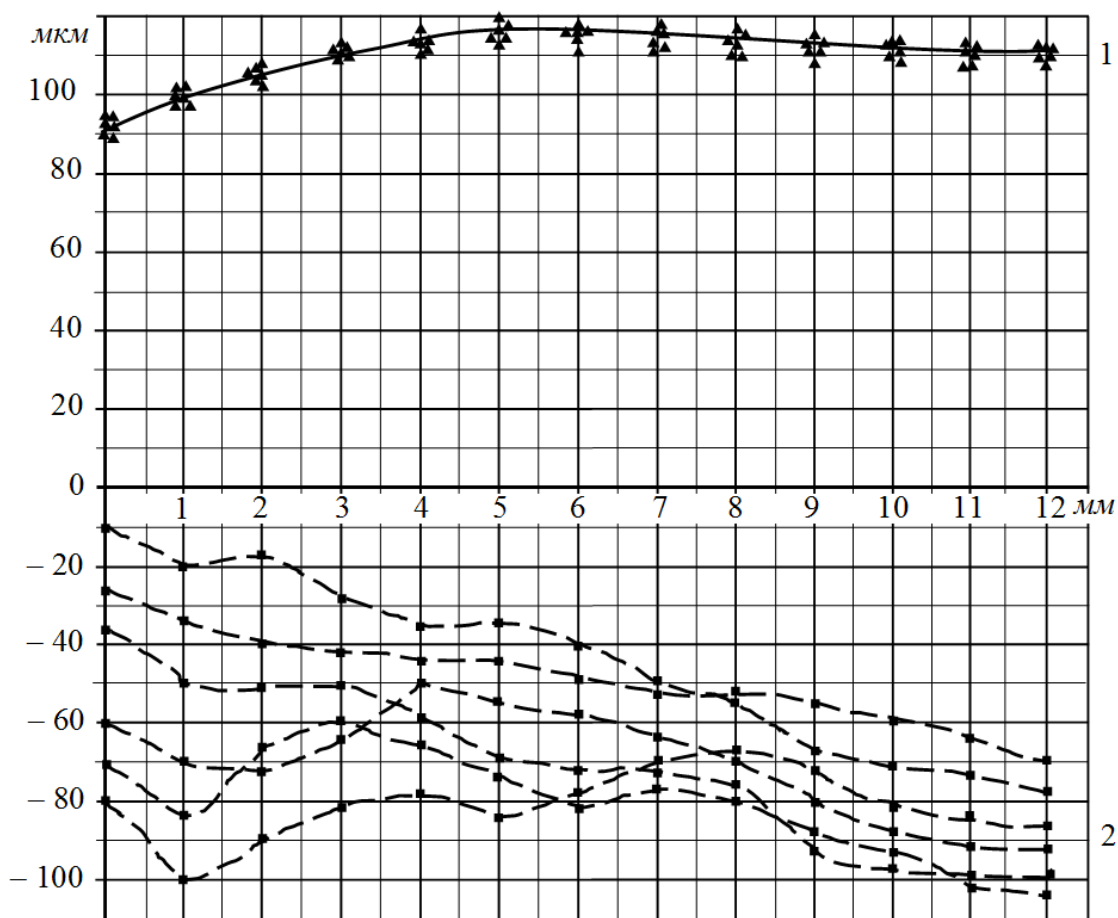


Рис. 1 – Характер відхилення профілів твірної хвостовиків твердосплавних зубків (1) та стінки отворів у вінці шарошки (2)

Fig. 1 - The characters of the profiles deflection of the generatrix shanks for tungsten carbide inset cutters (1) and wall of holes in the rolling-cutter row of the cone (2)

Для оцінки параметрів міцності сталі в ділянках отвору вимірювали твердість з наступним встановленням градієнта розподілу твердості в ділянці отвору (рис. 2).

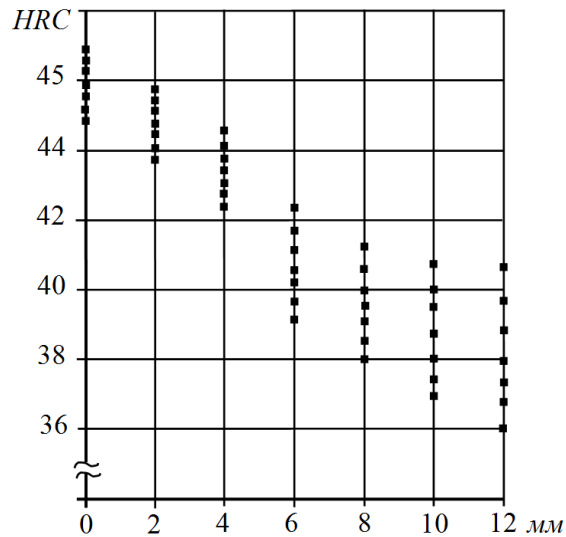


Рис. 2 – Розподіл твердості по глибині отвору

Fig. 2 - Hardness distribution by the depth of the hole

При перевантаженні чи при недостатній міцності сталі шарошки виникають пластичні деформації, фретингове руйнування, мікротріщини [9]. Недостатнє якісне спряження в з'єднанні сприяє тому, що твердосплавний зубок зміщується, а далі розхитується і у окремих випадках випадає чи «вивертається» з отвору (рис. 3).

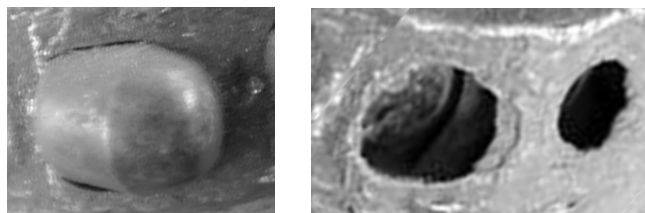


Рис. 3 – Пластична деформація отвору та зона випадання твердосплавного зубка

Fig. 3 - Plastic deformation of the hole and fallout area of the tungsten carbide inset cutters

Зміна орієнтації робочих навантажень, що здійснюється за кожен цикл обертання шарошки і відтак перекочування по вибою (зубок проникає в породу, руйнує її, вивертає її з лунки, виходить з лунки, зазнає ковзання) відбувається циклічний перерозподіл напружень у ділянці спряження не тільки окремо спряження «твердосплавний зубок – тіло шарошки», а й в суміжних системах зубків, які розташовані близько один до одного. Практика показує, що в зазначених ділянках концентрація напружень може різко збільшуватися майже в 1,5, а то й у 2 рази. Це наслідок зміни кута результуючих навантажень в межах від 20° до 60°. У низці випадків, коли фіксували суттєві відхилення у формі отворів (виявленні значні деформації та руйнування стінок отворів при розрізуванні відпрацьованих шарошок в ділянці отворів).

Відомо, що при експлуатації твердосплавний зубок зазнає навантажень згину. Відтак, у спряжених ділянках виходу зубка з тіла вінця шарошки та в ділянці дна виникають значні напруження (рис. 4).

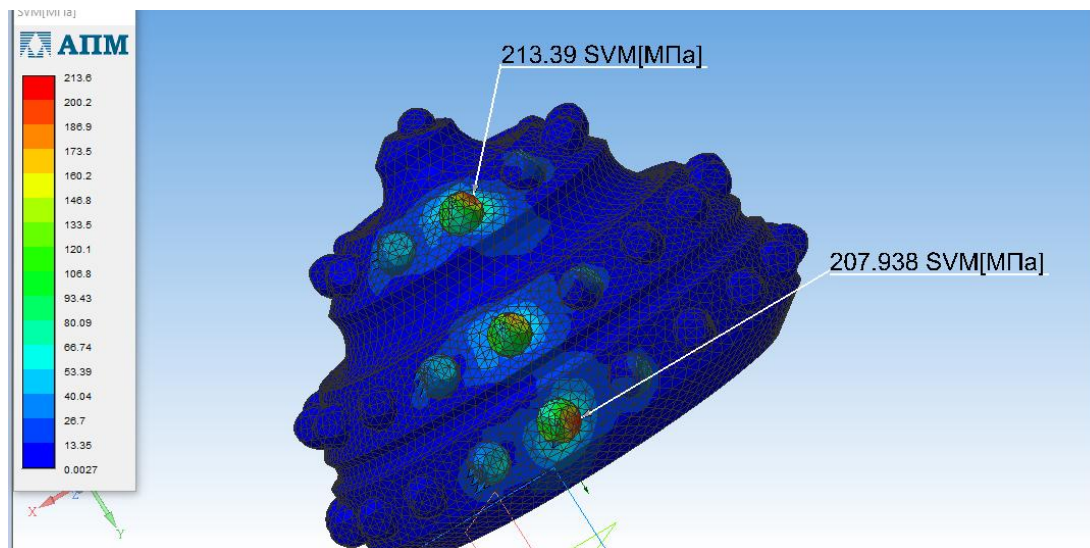


Рис. 4 – Моделювання напруженого стану в спряженні «зубок – шарошка» при навантаженні зусиллям 37кН на зубок, який контактує з породою

Fig. 4 - Simulation of the stress state in the connection "inset cutter - cone" at a load of 37kN on the inset cutter in contact with the rock

### Результати досліджень та їх обговорення

Аналізом встановлено, що по нейтральних лініях розтягу – стиску в ділянці робочої клинкової поверхні зубка утворюються площини ковзання. При несприятливих умовах розподіл напружень у спряженні «зубок – отвір» відбувається раптове зародження поширення магістральних тріщин що веде до раптового руйнування зубка з твердого сплаву [10,11]. Тому точність виконання з'єднання має вирішальне значення.

Вимірюванням геометричних параметрів отворів в шарошках виявило, що здебільше, а це 68%, а у окремих партіях і до 85% утворюється зворотний конус (діаметр отвору у верхньому перерізі менший діаметра в нижньому перерізі). Різниця у розмірах може суттєво коливатися. Наприклад для отворів 18 мм в межах 24 – 31 мкм, а подекуди і більше. На отворах менших діаметрів такі показники дещо менші: 18 – 23 мкм. У окремих випадках, а це може бути до 45% у партії фіксується розбивання верхньої частини отвору. Значення різниці в діаметрах проти середньої частини отвору може коливатися у межах від 18 до 32 мкм. Утворення відхилення форми отворів можна пояснити появою пружних деформацій при обробленні тіла вінця. Утворення відхилення форми отворів, можна пояснити появою пружних деформацій при обробленні тіла вінця, що має ділянки різної твердості (рис. 2). Характер розмірного інструмента зі зменшеною західною частиною та проблеми з позиціюванням інструменту спричиняють зазначені відхилення. Тому, додаткове розмірне оброблення отримав під зубки не виключає виникнення похибок у формі отворів. Додаткове напівчистове розвірчування у незначній мірі здатне підвищити точність формоутворення отвору.

Якщо згідно технологічного процесу розподіл розмірів отворів виміряних після першого оброблення був рівним 25 – 141 мкм, то після кінцевого оброблення 49 – 106 мкм. Розвірчування виконується інструментом із значно зменшеною, порівняно із звичайною західною частиною, що характерно для оброблення глухих отворів невеликої глибини.

Биття інструмента відносно осі отвору, особливо коли є значні неспівпадіння через те, що оброблення ведеться з різних установ, збільшує величину розкиду значень діаметрів у верхньому перерізі. Крім цього, встановлено [12], що деформація та викривлення шарошок суттєво підвищує поле розсіювання значень відхилень від регламентованих документацією. Кардинально це можна змінити обробленням отворів з одного установу монолітними твердосплавними розвертками, що

уможливлюють за одним заходом здійснювати оброблення стінки отвору та підбирання його дна. Для забезпечення підвищення зносостійкості такого інструмента від 26 хв до гарантованих 45 хв можна виконувати перше оброблення одним інструментом, а кінцеве – іншим. Така технологія може бути ефективно реалізована на оброблювальних верстатах MCV фірми „Kovosvit”, які добре себе зарекомендували в долотобудуванні.

Таблиця 1

**Результати дослідження впливу швидкості різання  $V$  на величину розбивки отворів у вінцях шарошки долота 311,1 МСЗ-ГВУ, що виконувалася монолітними твердосплавними розвертками Ø18,5 мм ( $t_{0,05} = 0,445$ )**

Table 1

**The results of the research cutting velocity  $V$  influence on the size of the breakdown of the holes in the rolling-cutter row of the cone for the bit 311.1 MSZ-GVU, that was performed by monolithic carbide reamers Ø18,5 mm ( $t_{0,05} = 0,445$ )**

№ п/п	Швид- кість різання $V$ , м/хв.	Отримані значення $x_i$ мкм						$\bar{x}_i$	$s_i^2$	$c^2$	$t$
		1	2	3	4	5	6				
1	42	24	28	26	22	25	22	24,5	5,5	5,4	0,982
2	46	26	30	23	24	26	24	25,5	6,3	7,4	1,175
3	48	30	28	23	27	26	25	26,5	5,9	4,7	0,797
4	50	31	27	29	26	28	24	27,5	5,9	4,9	0,831
5	52	28	33	30	28	25	27	28,5	7,5	5,1	0,680
6	56	30	31	26	34	29	33	30,5	8,3	13,1	1,578
7	58	34	29	36	28	32	30	31,5	9,5	15,8	2,821
8	60	28	32	37	34	35	29	32,5	12,3	8,7	0,707

Відомо [9,10], що коливання значень радіальної складової сили різання  $P_v$  спричинює зростання величини розбивання отворів при їхньому формоутворенні. Неоднорідність твердості сталі по глибині вінців шарошки, значні відхилення від циліндричності отворів спричинюють як загальний знос різальної частини інструменту, так і викришування різальних кромок (рис. 5).

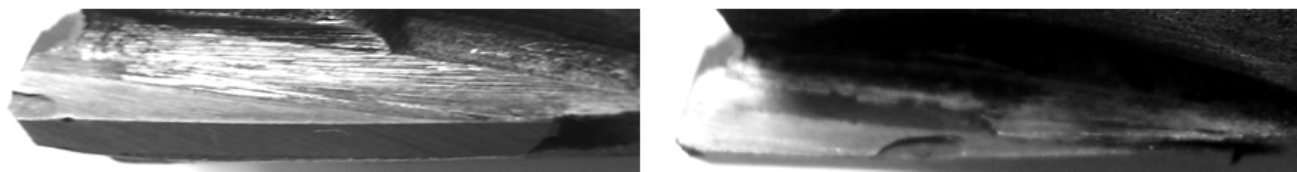


Рис. 5 – Характерні сколювання твердосплавних пластин в ділянках робочих кромок  
Fig.5 - Characteristic shear fracture of hard-alloyed plates in the zones of working edges

Застосовуючи добре апробовану методику, а саме спосіб послідовних різниць [9], визначили оцінку для  $s_o^2$  за даними вибірки:

$$c^2 = \frac{\bar{a} a_i^2}{2(n-1)}, \quad (1)$$

та критерій оцінки

$$t = \frac{c^2}{s^2} \quad (2)$$

Результати обчислень  $s^2$ ,  $s_i^2$ ,  $t$  зведені в таблиці 2.

Зважаючи на те, що допустимі нижні границі  $t$  для рівня значимості 5% [11] то гіпотеза випадковості вибірки є вірною та статистично підпорядкованою для нормального закону розподілу. Згідно критерію

$$T_n = \frac{s_{max}^2}{s_{min}^2} \quad (3)$$

розходження вибірових дисперсій  $s_i^2$  складає  $T_n = 2,236$ . Оскільки при  $\kappa_1 = m - 1 = 6 - 1 = 5$ ,  $\kappa_2 = n = 8$  для довірчої імовірності  $P = 0,05$  [9] табличне значення критерію  $T = 3,69$  то  $T_n < T$ . Це є достатнім доказом правильності вибраної гіпотези випадкового розходження вибірових дисперсій.

Далі перевіряли вибірові середні значення на предмет їхньої однорідності. Для цього оцінювали характер та величину розходження суміжних вибірових середніх значень. Щоб виконати такий аналіз було застосовано критерій Стюдента [8,9]:

$$t_i = \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}_{i+1})}{\sqrt{n(s_i^2 + s_{i+1}^2)}} \sqrt{\frac{n^2(2n - 2)}{2n}}. \quad (4)$$

Згідно імовірності  $P(|t| \geq t_1)$ , за розподілом Стюдента при  $\kappa_1 = n_1 + n_2 - 2 = 10$  [11] кожному обчисленому значенню  $t_i$  відповідає імовірність  $P_i$ .

Результати обчислень та статистичних даних представлено в таблиці 2. Отримані імовірності не є малими, вони більші довірчого рівня  $P = 0,05$ . Це дає підстави твердити, що отримані значення дослідів випадково відрізняються від табличних і гіпотеза про випадкове розходження вибірових середніх (чи їх однорідність) прийнята правильно. Отже вибірки, що порівнюються, належать одній і тій самій генеральній сукупності.

Таблиця 2

Результати обчислень для  $t_i$  і  $P_i$

Table 2

Calculated results for  $t_i$  and  $P_i$

$t_i$	0,651	0,640	0,611	1,125	0,530	0,479
$P_i$	0,535	0,540	0,562	0,297	0,590	0,655

Отримані дані дають змогу констатувати, що швидкість різання в досліджуваних межах суттєво не впливає на величину розбивки отворів при розвірчуванні отворів у тілі вінців шарошки під посадку твердосплавних зубків. Відтак, середнє значення розбивки отворів при використанні досліджуваної розвертки рівне  $x_o = 28,375$  мкм.

Розсіювання значень розбивки отворів характеризується стандартом

$$s_o = \frac{\bar{s}}{H_n} \quad (5)$$

де  $H_n$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму вибірки  $n = 8$ , і згідно [11]  $H_n = 0,92$ .

Отже,  $\bar{s} = 2,766$ , тоді  $s_o = 3,007$ .

Відтак, істинне значення розбивки отворів  $D$  для досліджуваної розвертки буде знаходитись у межах  $\pm 3s_o = \pm 9,021$ , тобто

$$x_o - 3s_o < D < x_o + 3s_o,$$

$$19,354 < D_1 < 37,396.$$

Такі результати показують на значні резерви у підвищенні точності формоутворення монолітними твердосплавними розвертками.

Також вивчено характер впливу технологічних параметрів на статистичний зв'язок між величиною розбивки отвору та показниками шорсткості оброблених поверхонь. Результати досліджень на статистично підпорядкованій кількості отворів (150) у партії шарошок представлені в табл. 3.

Таблиця 3

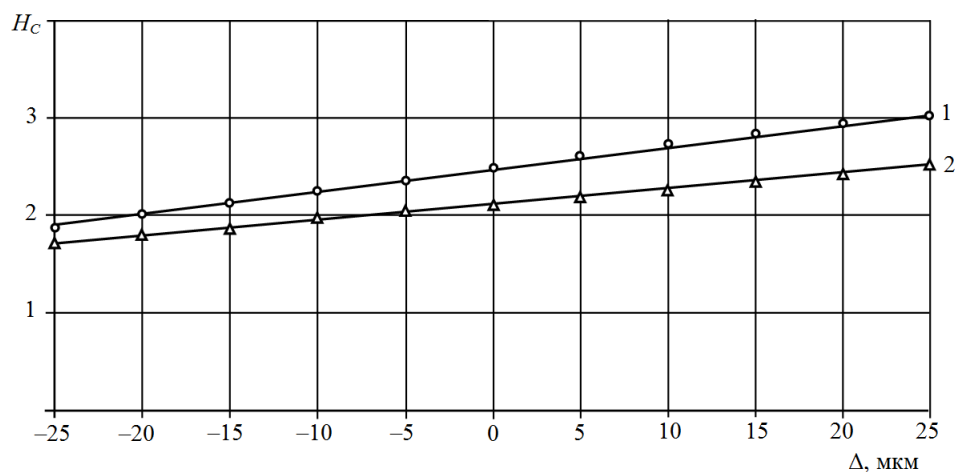
**Поле розподілу величин розбивки отворів на показників чистоти їх оброблення**

Table 3

**The area of values distribution of the breakdown of the holes for the indicators of the their processing purity**

		Розбивка отвору $\Delta$ , мкм										
		-16	-12	-8	-4	0	4	8	12	16	20	24
Величина зміни чистоти обробки $H_c$ мк <sup>2</sup>	0,2	1	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—
	0,6	—	4	10	10	2	—	—	—	—	—	—
	1,0	—	—	18	19	4	—	—	—	—	—	—
	1,4	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—
	1,8	—	—	—	6	2	3	1	—	—	—	—
	2,2	—	—	—	2	1	20	2	—	—	—	—
	2,6	—	—	—	—	4	4	6	3	—	—	—
	3,0	—	—	—	—	—	—	—	2	5	2	—
	3,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4
	3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2
		Розподіл частоти прояву величини розбивки (кількість розбитих отворів з відповідною частотою)										

Для наочності переваг цільних твердосплавних розверток проти розверток з паяними твердосплавними пластинами на рис. 6 представлено порівняльні дані для двох типів розверток.



1 – розвертка з пластинами ВК6М, 2 – монолітна твердосплавна розвертка ВК6ОМ



Рис. 6 – Порівняння характеру впливу величини розбивки отворів на їхню чистоту оброблення  
1 – reamer with plates, 2 - monolithic carbide reamer

Fig. 6 - Comparison of the character for the measurement impact of the holes deployment on their processing purity

### Висновки

Овальність отворів необхідно зменшити до 0,02 мм, бо зі збільшенням допуску навколо отвору виникає несприятливий розподіл напружень що веде до руйнування спряжених елементів зубка та отвору вінця шарошки.

Параметри пресування мають вибиратися відповідно до показників міцності та пластичності сталі шарошок. При цьому необхідно враховувати характер розподілу напружень у близько розташованих не тільки двох зубках, а групах зубків у вінцях шарошки.

Для посадки зубків на основних вінцях (як найбільш навантажені), пресувати за умов підвищених натягів. Для підвищення якості пресування, перед пресуванням, твердосплавні зубки змочувати в окислений парафін.

Зубки необхідно калібрувати для усунення неоднорідної шорсткості по твірній хвостовика. Надалі вдосконалювати технологію селективного складання.

### Список літератури

- [1] Петрина Ю. Д. Мікробудова зламів зразків, використаних для оцінки К1с високоміцних долотних сталей Ю. Д. Петрина, Т. В. Лукань, О. В. Корнута. // Науковий вісник Національного Технічного Університету Нафти і Газу. – № 3 (12). – 2005. – С. 50 – 55.  
<http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/1132>
- [2] Яким Р. С. Підвищення якісних показників вставного породоруйнівного оснащення шарошок тришарошкових бурових доліт / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. № 3 (48). – 2013. – С. 127 – 138.  
<https://rrngr.nung.edu.ua/index.php/rrngr/article/view/425>
- [3] Яким Р. С. Забезпечення якісних конструкторських показників цементованих шарошок тришарошкових бурових доліт вдосконаленням технології їх виготовлення / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – № 1 (50). – 2014. – С. 33 – 43.  
[http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr\\_2015\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr_2015_3_5)
- [4] Яким, Р. С. Оцінка надійності та критерії підвищення якості вставного породоруйнівного оснащення тришарошкових бурових доліт для буріння особливо міцних порід / Р. С. Яким, А. М. Сліпчук // Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – № 5 (1330). – С. 77-85. – 2019.  
doi: 10.20998/2413-4295.2019.05.10
- [5] Ratnam, M.: Factors Affecting Surface Roughness in Finish Turning. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering 1(1), 1-25 pp. (2016). DOI:10.1016/B978-0-12-803581-8.09147-5
- [6] Яким Р. С. Теорія і практика забезпечення якості та експлуатаційних показників цементованих деталей шарошkových бурових доліт: монографія / Р. С. Яким, Ю.Д.Петрина. – Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, – 189 с. 2011.
- [7] Pandey, P., Mukhopadhyay, K., Chattopadhyaya S.: Reliability Analysis and Failure Rate Evaluation for Critical Subsystems of the Dragline. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering 40 (2), 1-11 (2018). doi:10.1007/s40430-018-1016-9.
- [8] Meeker, W., Escobar, L.: Statistical Methods for Reliability Data. John Wiley & Sons, New York. (2014).
- [9] Pyalchenkov, V., Kulyabin G., Dolgushin V.: Analytical and Experimental Study of the Deformation of Roller Cone Bit Parts. International Journal of Mechanical Engineering and Technology 10 (3), 204-213 (2019).  
<http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET&VType=10&IType=3>.
- [10] Яким Р. С. Науково-практичні основи технології виготовлення тришарошkových бурових доліт та підвищення їх якості і ефективності: монографія / Р.С.Яким, Ю.Д.Петрина, І.С.Яким. – Івано-Франківськ: Видання ІФНТУНГ, – 384 с. 2011.
- [11] Gupta, A., Chattopadhyaya, S., Hloch, S.: Critical Investigation of Wear Behaviour of WC Drill Bit Buttons. Rock Mechanics and Rock Engineering 46 (1), 169–177 (2013) doi:10.1007/s00603-012-0255-9.

- [12] Slipchuk, A., Jakym, R., Lebedev, V., Kurkchi, E. The Influence of Technological Factors on the Reliability Connection for Tungsten Carbide Inset Cutter with Cone in the Roller Cone Bits. Lecture Notes in Mechanical Engineering this link is disabled, pp. 443–452. 2021, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68014-5\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68014-5_44)

A. Slipchuk<sup>1</sup>, R. Jakym<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University

<sup>2</sup>Drohobych State Pedagogical University by name I. Franko

## THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE RELIABILITY CONNECTION FOR TUNGSTEN CARBIDE INSET CUTTER OF ROLLER CONE BITS

**Aim.** Analysis of used bits revealed the effect when the tungsten carbide insert cutter was scrolling around its axis. Therefore, the task was to study the causes of this phenomenon. Hardness was measured followed by setting the hardness distribution gradient in the section of the hole, in order to evaluate the strength parameters of steel in the zone of the hole. **Method.** Applying a well-tested method, namely the method of successive approximations, we determined the estimate of the standard deviation and the evaluation criterion. Sample averages were checked for homogeneity. For this, we evaluated the character and magnitude of the difference between adjacent sample means. In conducting such an analysis, Student's t test was applied. **Results.** The obtained data allow us to establish a fact, that the cutting speed within the studied limits does not significantly affect the breakdown's size of the holes when unfolding the holes in the body of the cones for fitting tungsten carbide inset cutters. The impact of technological parameters on the statistical association between the magnitude of the hole deployment and roughness for the processing surfaces was also studied. **Scientific novelty.** The analysis showed that the planes of sliding are formed along the neutral lines of tension - compression in the section of the working wedge surface of the tungsten carbide inset cutter. Under adverse conditions, the distribution of stresses in the conjugation "inset cutter - hole" is the sudden emergence of the spread of trunk cracks. This leads to the sudden destruction hard alloy of the inset cutter. Therefore, the accuracy of the connection is crucial. **Practical significance.** The ovality of the holes must be reduced to 0.02 mm, If you increase the tolerance around the hole, then there is an unfavorable voltage distribution. This leads to the destruction of the conjugate elements of the inset cutter and the hole of the rolling-cutter row. It is necessary to take into account the character of the stress distribution in the closely spaced not only two inset cutters, but groups of inset cutters in the rolling-cutter row.

**Key words:** drilling, rolling-cutter row, reamering, accuracy, boring, shaping, hardness, inset cutter.

## References

- [1] YU. D. Petryna, T. V. Lukan', O. V. Kornuta. "Mikrobudova zlamiv zrazkiv, vykorystanykh dlya otsinky K1s vysokomitsnykh dolotnykh staley" ["The microstructure of fractures of the samples used to estimate K1c of high-strength bit steels"] // Scientific Bulletin of the National Technical University of Oil and Gas. – № 3 (12). – 2005. – pp. 50 – 55. [in Ukrainian] <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/1132>
- [2] R. S. Yakym, YU. D. Petryna, I. S. Yakym. "Pidvyshchennya yakisnykh pokaznykiv vstavnoho porodoruynivnoho osnashchennya sharoshok trysharoshkovykh burovykh dolit" ["Improving the quality of plug-in rock-destroying equipment cones of three-cone drill bits"]. Exploration and development of oil and gas fields. – № 3 (48). 2013, pp. 127 – 138. [in Ukrainian] <https://rrngr.nung.edu.ua/index.php/rrngr/article/view/425>
- [3] R. S. Yakym, YU. D. Petryna, I. S. Yakym. "Zabezpechennya yakisnykh konstruktors'kykh pokaznykiv tsementova-nykh sharoshok trysharoshkovykh burovykh dolit vdoskonalenniam tekhnolohiyi yikh vyhotovlennya" ["Ensuring high-quality design indicators of cemented cones of three-cone drill bits by improving the technology of their manufacture"] Exploration and development of oil and gas fields.– № 1 (50). – 2014, pp. 33 – 43. [in Ukrainian] [http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr\\_2015\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr_2015_3_5)
- [4] Jakym, R., Slipchuk, A. Assessment of reliability and criteria for improving the quality of rock cutting equipment of tricone drilling bits for well-boring especially hard rock. Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies. – KharkivNTU "KhPI", 2019, 5 (1330), 77-85, doi:10.20998/2413-4295.2019.05.10
- [5] Ratnam, M.: Factors Affecting Surface Roughness in Finish Turning. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering 1(1), 1-25 (2016). DOI:10.1016/B978-0-12-803581-8.09147-5

- [6] R. S. Yakym, YU. D. Petryna. “Teoriya i praktyka zabezpechennya yakosti ta ekspluatatsiynykh pokaznykiv tsementovanykh detaley sharoshkovykh burovnykh dolit” [“Theory and practice of quality assurance and performance of cemented parts of cone drill bits”]: monograph. - Ivano-Frankivsk: IFNTUNG Publishing House, 2011. – p. 189. [in Ukrainian]
- [7] Pandey, P., Mukhopadhyay, K., Chattopadhyaya S.: Reliability Analysis and Failure Rate Evaluation for Critical Subsystems of the Dragline. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering 40 (2), 1-11 pp. (2018). doi:10.1007/s40430-018-1016-9.
- [8] Meeker, W., Escobar, L.: Statistical Methods for Reliability Data. John Wiley & Sons, New York. (2014).
- [9] Pyalchenkov, V., Kulyabin G., Dolgushin V.: Analytical and Experimental Study of the Deformation of Roller Cone Bit Parts. International Journal of Mechanical Engineering and Technology 10 (3), 204-213 pp. (2019). <http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET&VType=10&IType=3>.
- [10] R. S. Yakym, YU. D. Petryna, I. S. Yakym. “Naukovo-praktychni osnovy tekhnolohiyi vyhotovlennya trysharoshkovykh burovnykh dolit ta pidvyshchennya yikh yakosti i efektyvnosti” [“Scientific and practical bases of technology of manufacturing three-cone drill bits and increase of their quality and efficiency”] monographiy. Ivano-Frankivsk. IFNTUNG Edition, 2011. p. 384 c. [in Ukrainian]
- [11] Gupta, A., Chattopadhyaya, S., Hloch, S.: Critical Investigation of Wear Behaviour of WC Drill Bit Buttons. Rock Mechanics and Rock Engineering 46 (1), 169–177 pp. (2013) doi:10.1007/s00603-012-0255-9.
- [12] Slipchuk, A., Yakym, R., Lebedev, V., Kurkchi, E. The Influence of Technological Factors on the Reliability Connection for Tungsten Carbide Insert Cutter with Cone in the Roller Cone Bits. Lecture Notes in Mechanical Engineering this link is disabled, 2021, pp. 443–452 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68014-5\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68014-5_44)