

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Вплив кінетичних параметрів спікання на фізико-
механічні властивості міді**

Роботу виконав:

студент групи ФН – 71мп
Стукачов Д. Ю.

Науковий керівник:

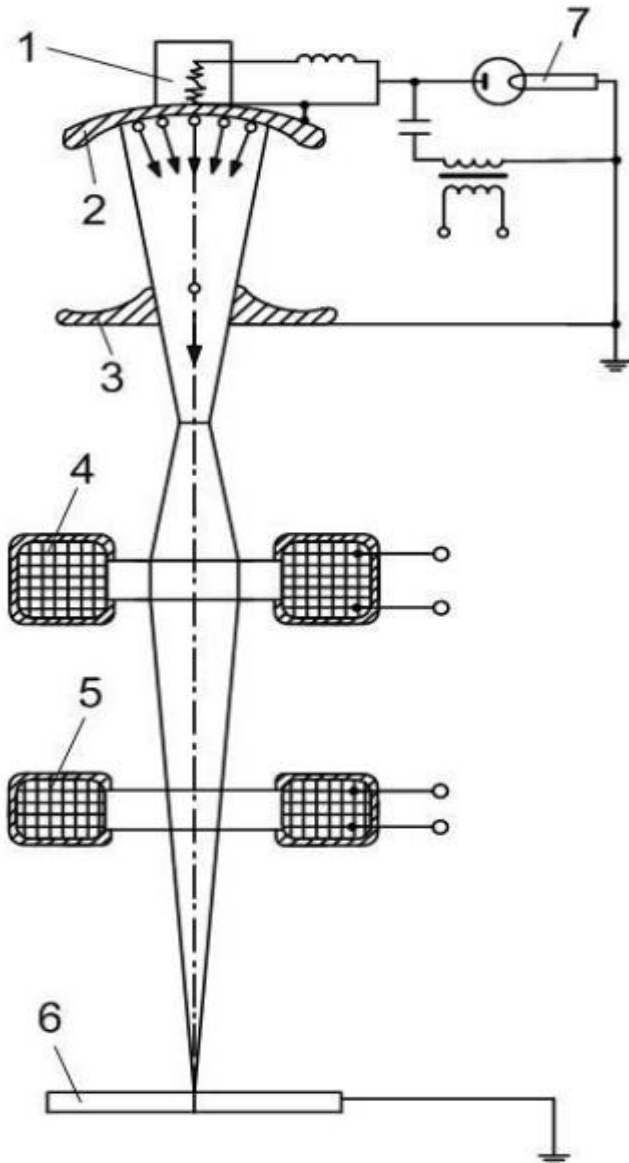
Ст. викл., к.т.н. Троснікова І.Ю.

Актуальність роботи: Широка область застосування міді зумовила появу безлічі методів виготовлення виробів з неї, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Найбільш вирізняється поміж з-них лиття, хоча готова продукція може значно окислитися при недотриманні чіткої технології. Зважаючи на це, електронно-променеє спікання є перспективним методом отримання високочистих мідних виробів.

Застосування даного методу дасть змогу значно прискорити виробничий цикл, мінімізуючи втрати матеріалу та викиди в атмосферу. Таким чином дослідження впливу кінетичних параметрів процесу електронно-променевого спікання на структуру та властивості міді може висвітлити можливі шляхи досягнення кращих характеристик.



Схема електронно-променевого спікання



- 1 – катод;
- 2 – прикатодний електрод;
- 3 – прискорюючий електрод;
- 4 – магнітна лінза;
- 5 – відхиляюча система;
- 6 – виріб;
- 7 – високовольтне джерело

Мета: дослідити вплив кінетичних параметрів процесу електронно-променевого спікання на структуру та фізико-механічні властивості міді в залежності від струму та часу витримки.

Для досягнення поставленої мети було необхідно вирішити наступні завдання:

- одержати 15 зразків міді за п'ятьох режимів спікання з різною силою струму та часом витримки для кожного випадку;
- визначити вплив параметрів спікання на структуру та властивості матеріалу.

Режими попереднього підігріву зразків

I, мА	0,5			1			1,5			2		
t, с	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
№ зразка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

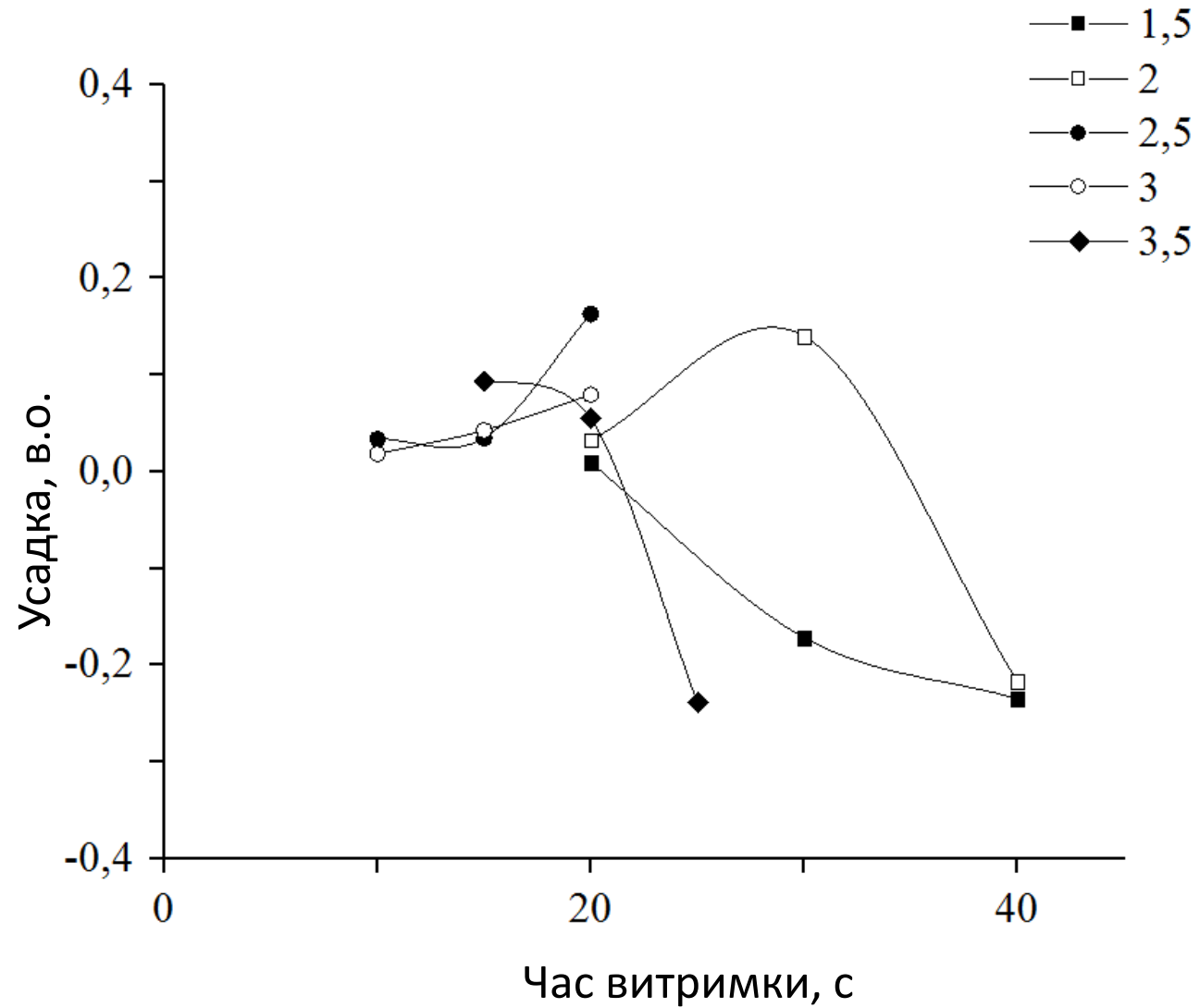
Режими спікання зразків

I, мА	1,5			2			2,5			3			3,5		
t, с	20	30	40	20	30	40	10	15	20	10	15	20	15	20	25
№ зразка	2	3	4	13	14	1	5	6	7	8	9	10	11	12	15

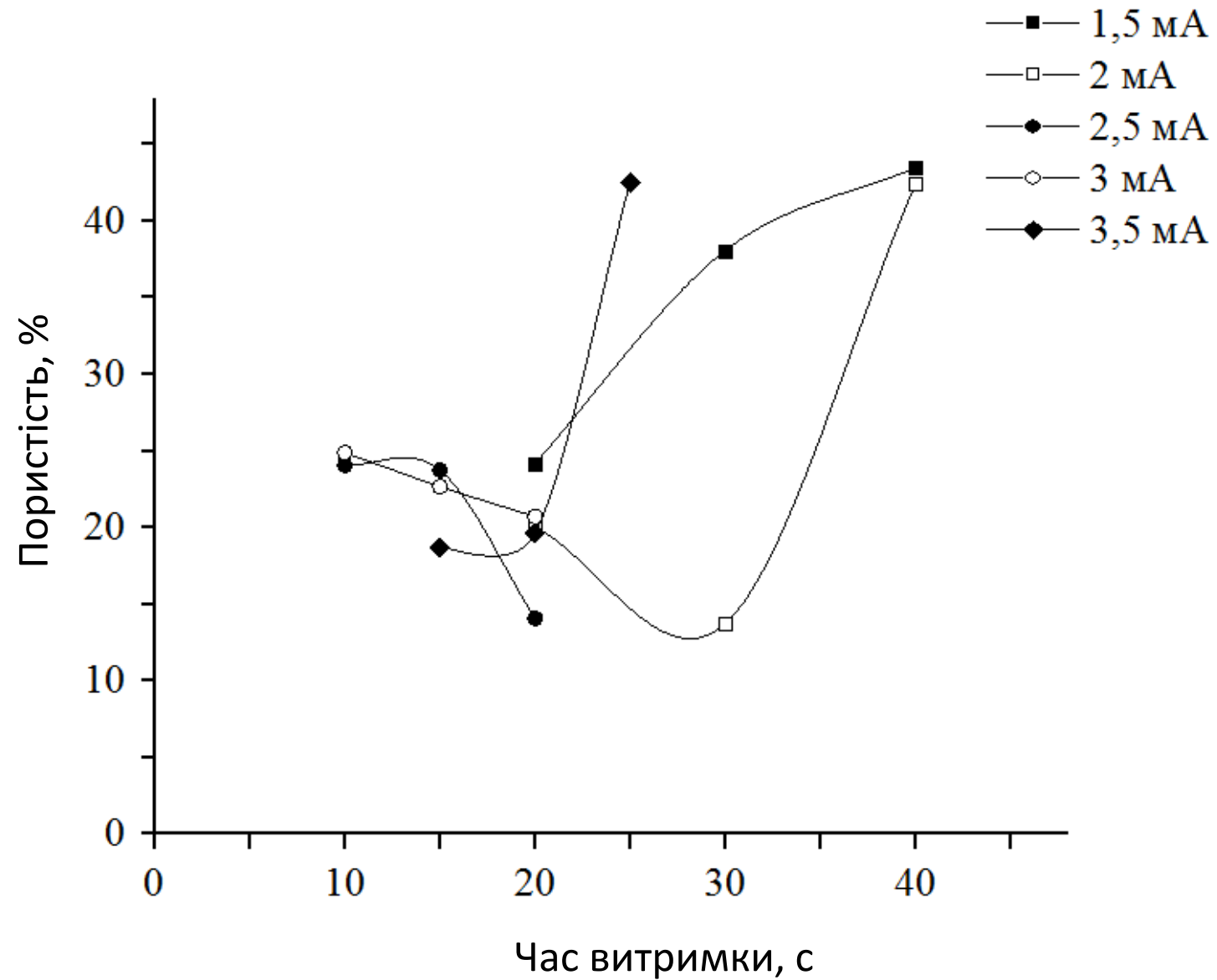
Значення усадки та теоретичної пористості зразків міді після спікання

№	V, см ³		$\Delta V/V$, в.о.	$\gamma_{\text{до}}$, г/см ³	$\gamma_{\text{після}}$, г/см ³	Пористість, %
	до спікання	після спікання				
1	0,46	0,59	-0,22	6,50	5,14	42,40
2	0,46	0,45	0,01	6,55	6,76	24,19
3	0,45	0,54	-0,17	6,60	5,52	38,07
4	0,45	0,59	-0,23	6,64	5,04	43,46
5	0,47	0,45	0,03	6,55	6,77	24,06
6	0,46	0,45	0,03	6,47	6,80	23,74
7	0,46	0,39	0,16	6,59	7,66	14,07
8	0,46	0,46	0,02	6,58	6,70	24,88
9	0,46	0,45	0,04	6,47	6,90	22,66
10	0,46	0,43	0,08	6,49	7,07	20,71
11	0,45	0,42	0,09	6,61	7,25	18,70
12	0,44	0,42	0,05	6,75	7,17	19,64
13	0,44	0,42	0,03	6,89	7,13	20,04
14	0,44	0,39	0,14	6,75	7,70	13,73
15	0,45	0,59	-0,24	6,65	5,13	42,51

Залежність усадки зразків міді від часу витримки для різних сил струму



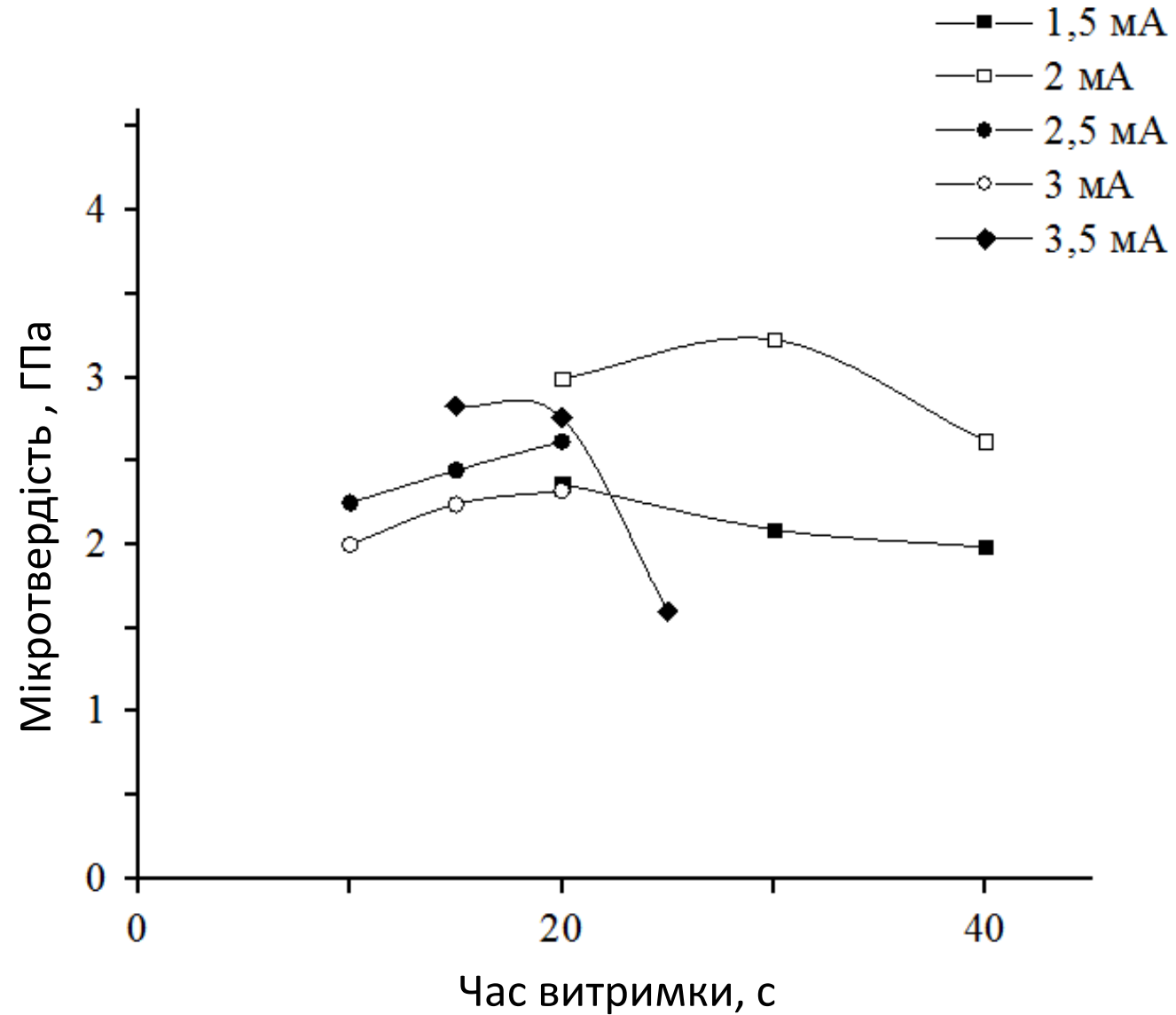
Залежність пористості зразків міді від часу витримки для різних сил струму



Мікротвердість зразків міді після спікання

№	Середній діаметр відбитку, $d_{\text{сер}}$, мкм	Мікротвердість, Нμ, ГПа
1	33,28	2,62
2	29,53	2,36
3	31,41	2,09
4	32,23	1,98
5	30,27	2,25
6	29,04	2,44
7	28,05	2,62
8	32,23	1,99
9	30,45	2,24
10	29,78	2,32
11	26,95	2,83
12	27,28	2,76
13	26,26	2,99
14	25,29	3,23
15	33,61	1,82

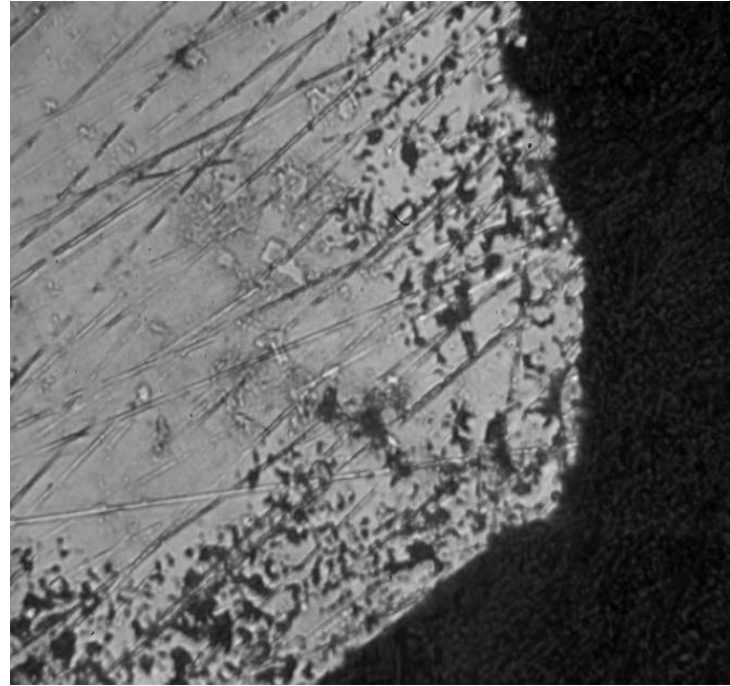
Залежність твердості зразків від часу витримки для різних сил струму



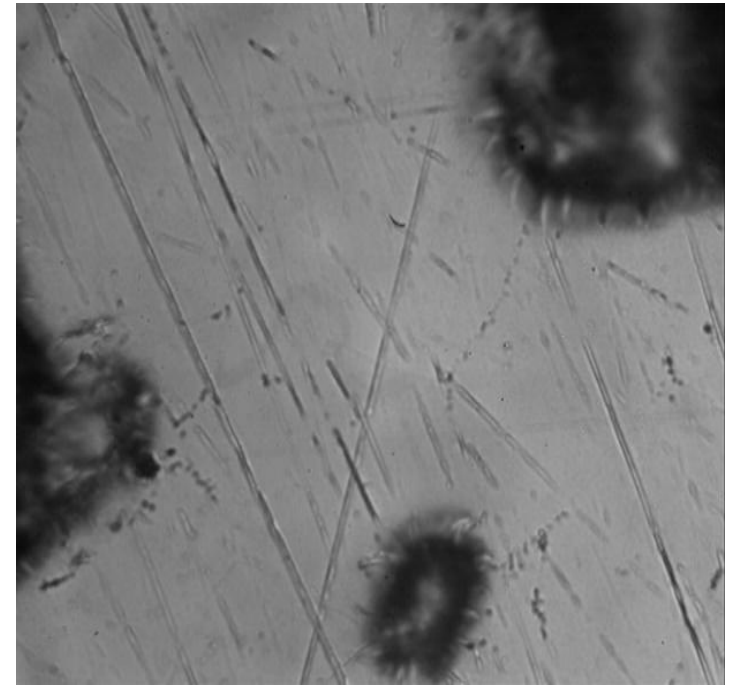
Мікроструктура 2, 3 та 4-го зразків міді, виготовлених за сили струму в 1,5 мА з різним часом витримки



a



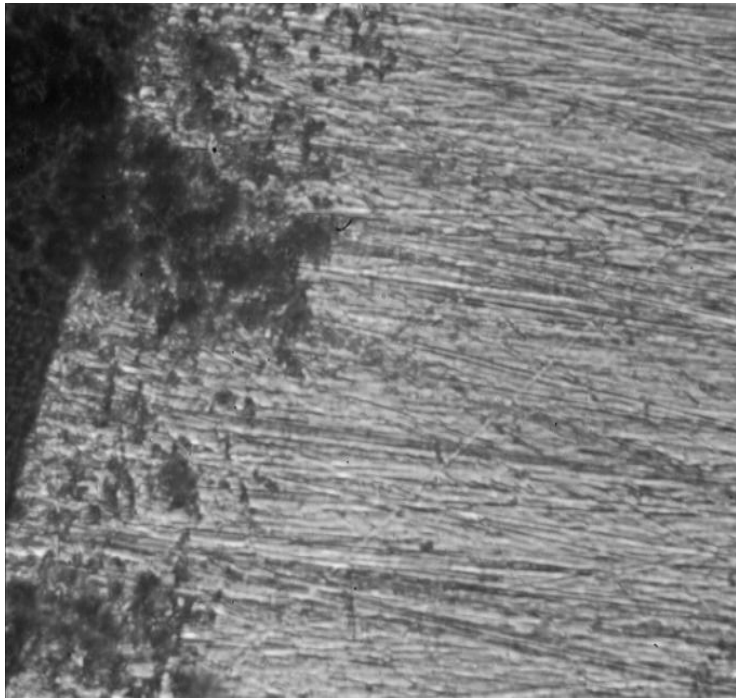
б



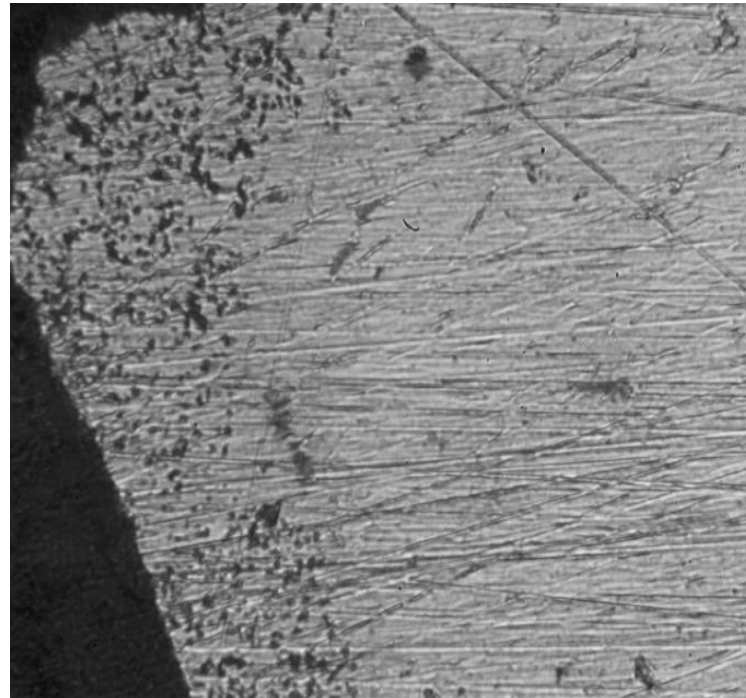
в

a – 20 с; *б* – 30 с; *в* – 40 с

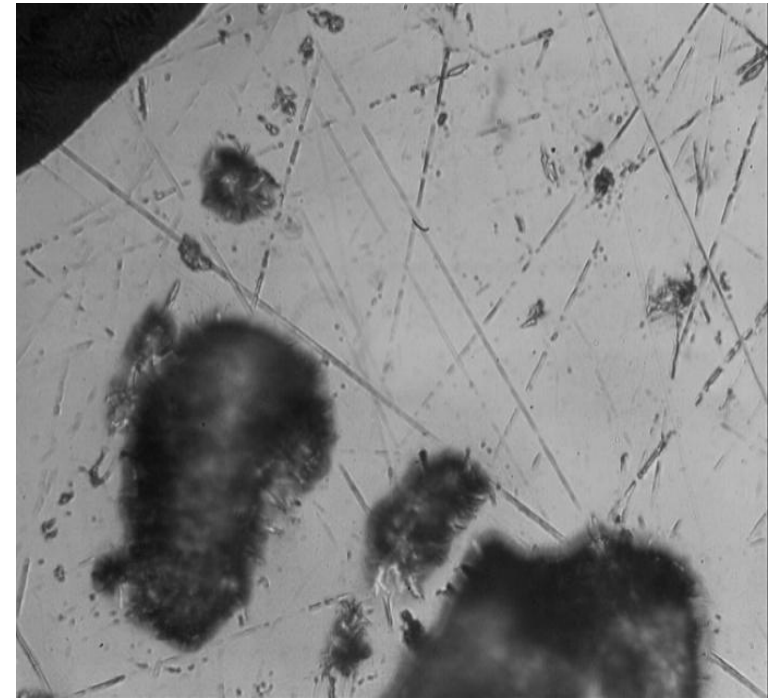
Мікроструктура 13, 14 та 1-го зразків міді, виготовлених за сили струму в 2 мА з різним часом витримки



a



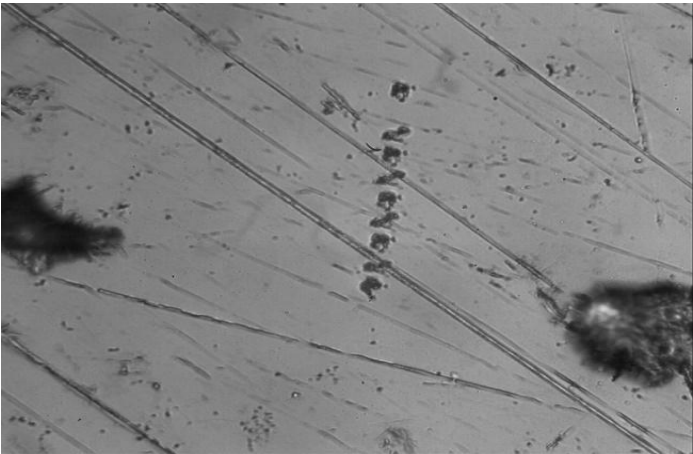
б



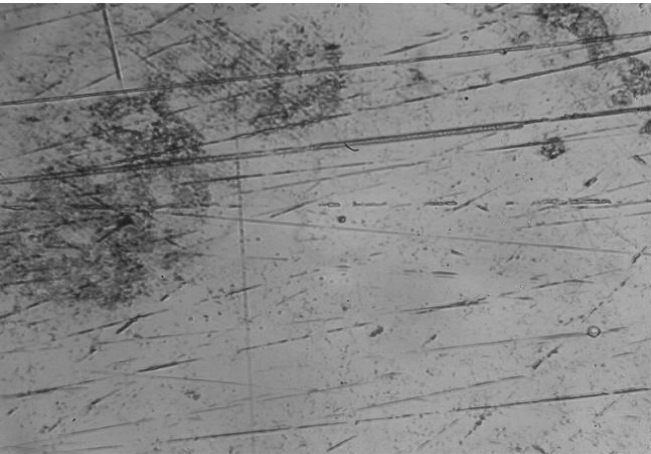
в

a – 20 с; *б* – 30 с; *в* - 40 с

Мікроструктура 5, 6 та 7-го зразків міді, виготовлених за сили струму в 2,5 мА з різним часом витримки



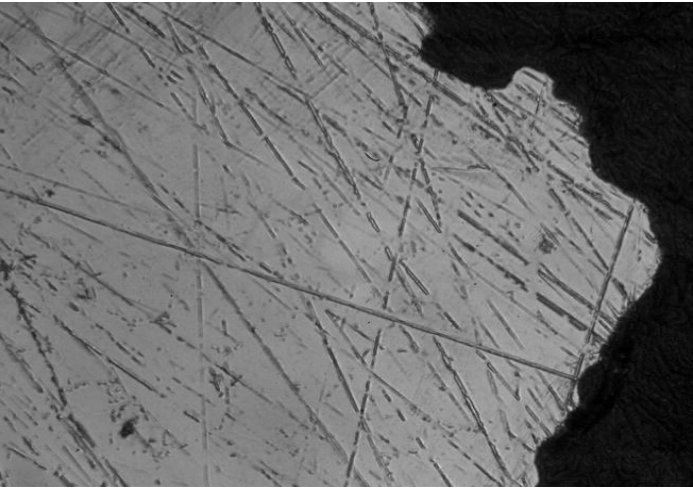
a



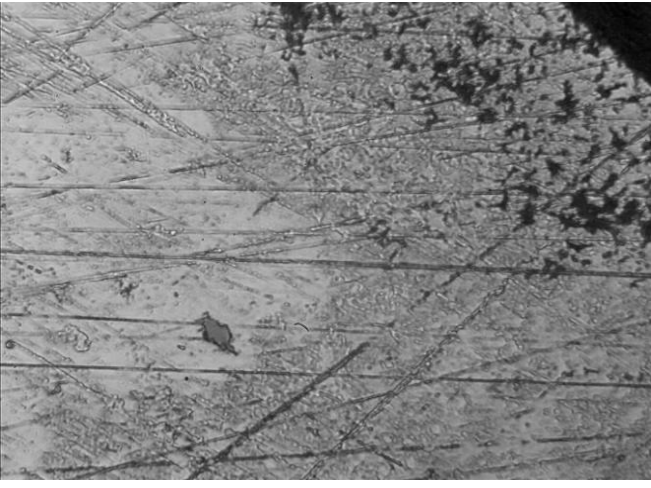
б



в



г



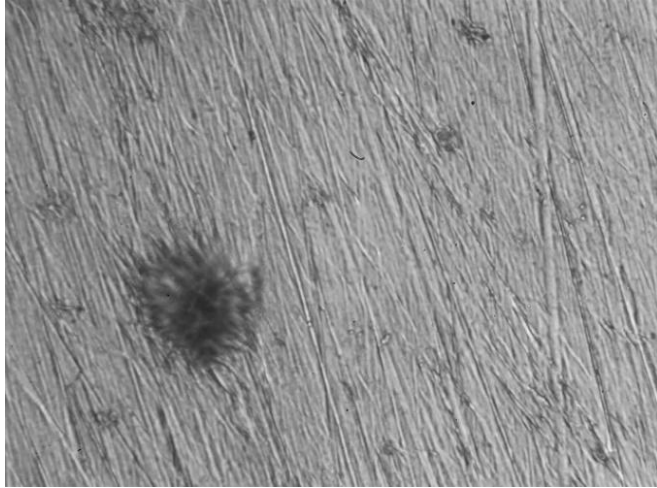
д



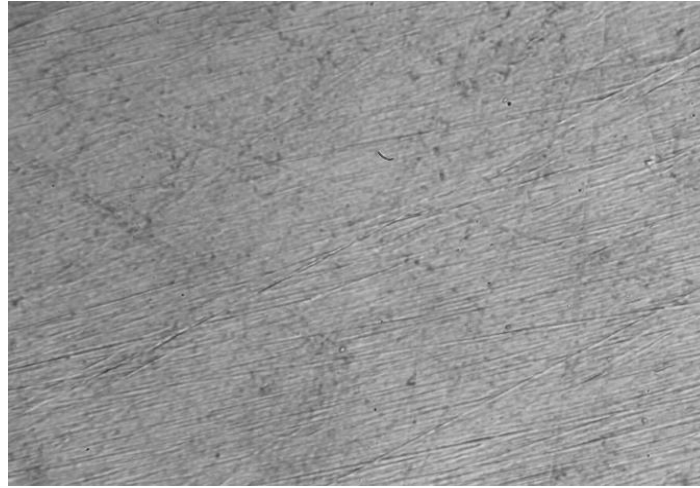
e

a, г – 10 с; *б, д* – 15 с; *в, e* – 20 с

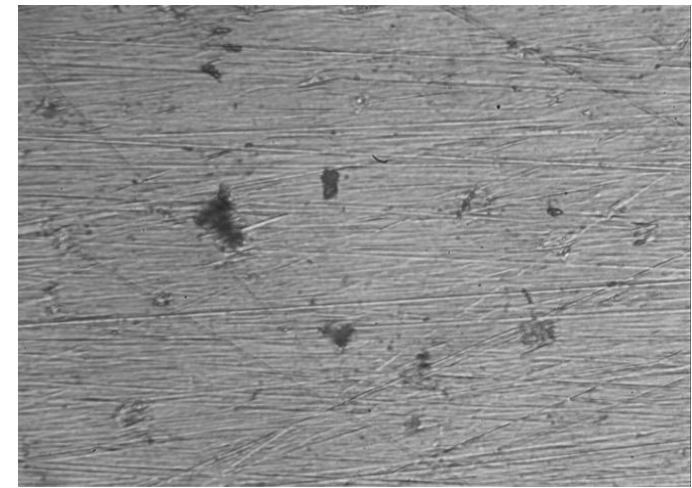
Мікроструктура 8, 9 та 10-го зразків міді, виготовлених за сили струму в 3 мА з різним часом витримки



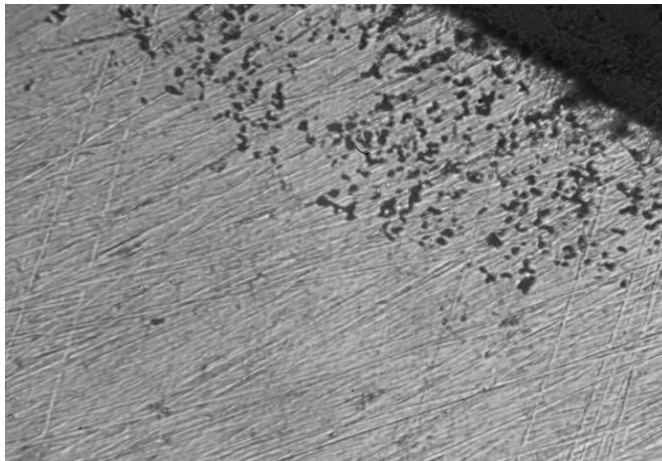
a



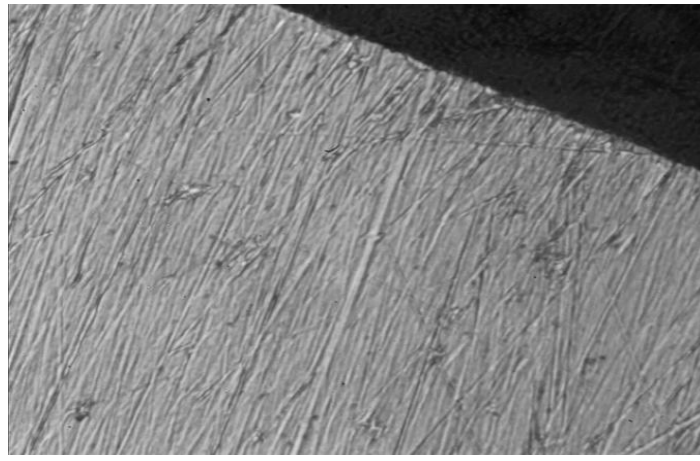
б



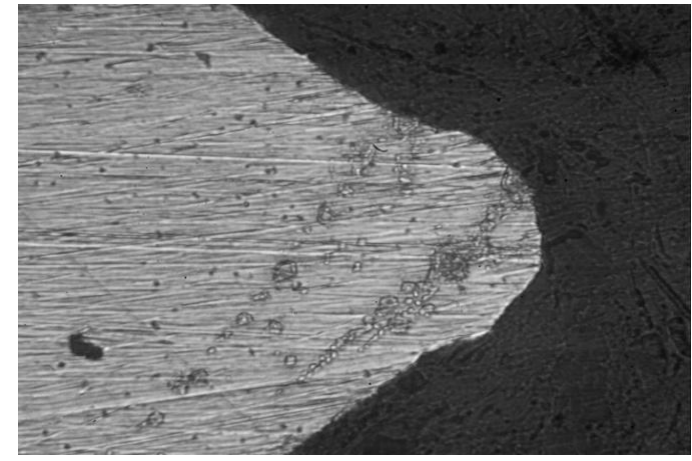
в



г



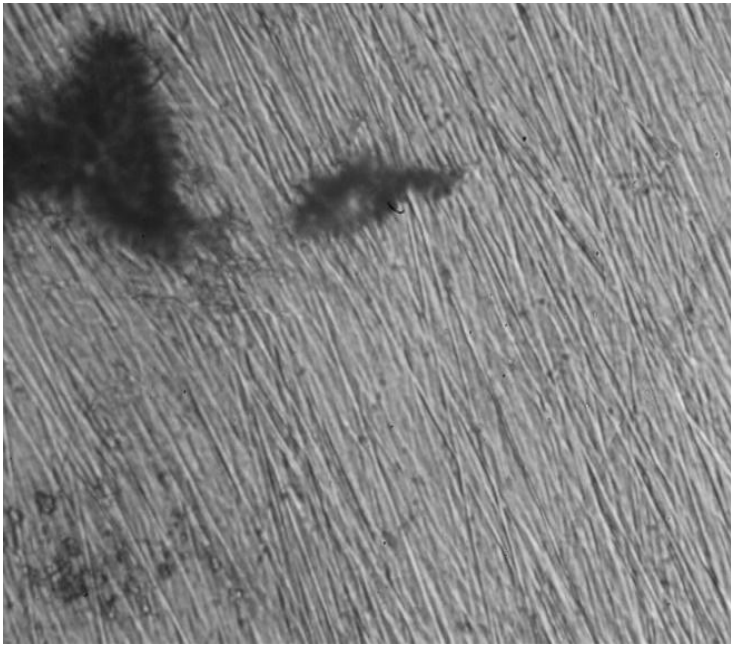
д



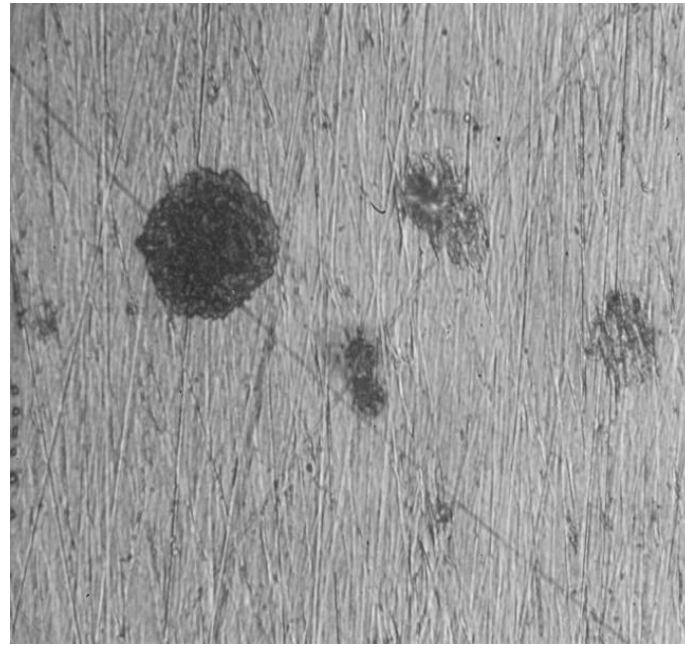
е

a, г – 10 с; *б, д* – 15 с; *в, е* – 20 с

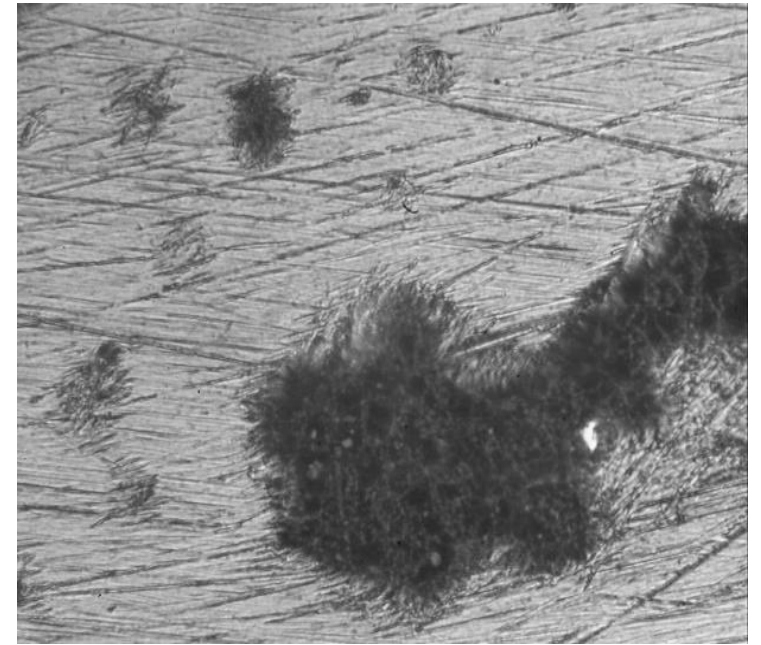
Мікроструктура 11, 12 та 15-го зразків міді, виготовлених за сили струму 3,5 мА з різним часом витримки



a



б



в

a – 15 с; *б* – 20 с; *в* – 25 с

Висновки

1. Встановлено, що за сили струму в 2,5 мА та 3 мА та збільшенні часу витримки з 10 с до 20 с спостерігається зменшення розмірів тіла, що свідчить про зменшення об'ємної частки пор внаслідок активізації процесу твердофазного спікання міді. За струму в 1,5 мА, 2 мА та 3,5 мА пористість поступово збільшується, внаслідок за максимальної витримки тіло збільшується в розмірах.
2. Визначено, що мікротвердість зразків, спечених за сили струму 2,5 мА та 3 мА, зростає із збільшенням експозиції. В інших випадках мікротвердість зменшується як результат збільшення кількості пор.
3. Встановлено, що найменшу мікротвердість має зразок, спечений за струму в 3,5 та витримки в 25 с. Причиною цьому є надлишкова поверхнева енергія, отримана тілом, через що матеріал збільшується в розмірах і деформується.
4. На підставі металографічного аналізу можна стверджувати, що за мінімальної витримки пористість в основному спостерігається біля поверхні матерілу. За максимального часу витримки вона набуває вигляд закритої пористості всередині самого матеріалу. У випадку спікання за сили струму 2,5 мА та 3 мА вона мінімальна.