

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА ВЛАСТИВОСТІ ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНОГО ДРОТУ З НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

Доцент, канд. техн. наук Г.І.Перчун

**Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна**

Спроби використання енергії ультразвукового (УЗ) поля для інтенсифікації процесів механічної обробки відомі з кінця 30-х років ХХ століття. Було встановлено, що ультразвукові коливання призводять до суттєвих структурних змін, хоча напруження в хвилях іноді не перевищували меж плинності матеріалів [1]. Позитивні технологічні ефекти впливу ультразвуку (зміцнення, прискорення процесів дифузії та інших термічно активованих процесів) були знайдені емпіричним шляхом, оскільки кількісні теорії цього впливу залишаються до теперішнього часу незавершеними, а фізико-хімічні механізми розглядаються, як правило, лише з феноменологічних позицій. Тому останнім часом спостерігається збільшення структурних досліджень матеріалів, які піддаються низькочастотному циклічному і ультразвуковому навантаженню. До нинішнього часу створена база результатів експериментальних досліджень ультразвукового впливу на властивості металів і сплавів. Значна частина цих результатів представлена в монографії [2]. В літературі описані ефекти впливу ультразвуку на властивості металів [3], але системні дослідження щодо схеми активна холодна деформація – вплив ультразвуку – ефект відсутні, тому в даному дослідженні вивчали вплив ультразвукових коливань на механічні властивості холоднодеформованої низьковуглецевої сталі.

Дослідження проводили на зразках холоднодеформованого дроту діаметром 1,21мм зі сталі SAE1018 (аналог сталі Ст3пс), хімічний склад якої наведено в таблиці 1. Ступінь попередньої активної холодної деформації волочінням складала близько 70%.

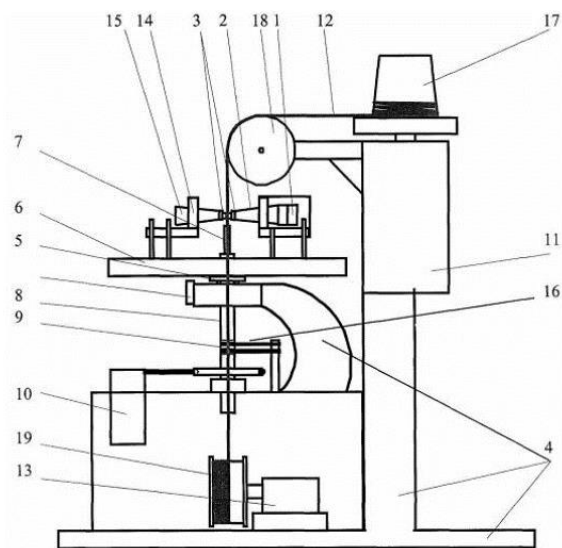
Таблиця 1 – Хімічний склад сталі експериментальних зразків

Марка сталі	Вміст хімічних елементів, мас.%				
	C	Mn	Si	S	P
Ст3пс	0,18	0,64	0,08	0,016	0,010

Ультразвукову обробку холоднодеформованих зразків виконували на лабораторному пристрої (рис.1). Пристрій містить послідовно з'єднані ультразвуковий генератор, п'єзокерамічний перетворювач 1, трансформатор коливальної швидкості (ТКШ) 2 та ударні інструменти 3, а на станині 4 встановлено на підшипнику 5 диск 6, з яким жорстко з'єднано направляючу 7 і трубчатий вал 8 з контактними кільцями 9 в його середній частині, механізм регульованого обертання 10 трубчастого валу 8, механізм протяжки 11

оброблюваного виробу 12 та гальмівний елемент 13, а на диску 6 розміщено позиційний елемент 14, на якому в вузлових перерізах закріплені ТКШ 2 і акустичний відбивач (АВ) 15, на торцях яких жорстко закріплені ударні інструменти 3, робочі поверхні яких виконані у формі увігнутого зрізаного циліндра шириною h в напрямку переміщення оброблюваного виробу 12 і радіусу $d/2$.

Після обробки холоднодеформованого дроту ультразвуком та додатковою циклічною деформацією згином на роликовій установці за різними режимами проводили механічні випробування зразків на розтягування. Результати механічних випробувань експериментальних зразків наведені в таблиці 2.



Фиг. 4

Рис.1 - Схема лабораторного пристрою для ультразвукової обробки дроту [4]

Таблиця 2 - Результати механічних випробувань холоднодеформованого дроту після обробки циклічною деформацією та ультразвуком за різними режимами

№	Стан заготовки	Межа міцності σ_b , МПа			Межа плинності $\sigma_{0,2}$, МПа			Відносне подовж. δ , %		
		Тривалість ультразвукової обробки (УЗО), хв.								
		1	2	4	1	2	4	1	2	4
1	ХД (без УЗО)	718,0			634,0			3,0		
2	ХД+УЗО	737,5	730,0	727,0	657,0	630,0	628,0	3,5	3,9	3,9
3	ХД+ЦД1+УЗО	701,0	720,0	698,0	550,0	580,0	550,0	4,9	5,5	5,3
4	ХД+ЦД5+УЗО	688,0	682,0	675,0	540,0	531,0	538,0	5,0	4,8	4,9

Умовні позначення:

ХД – холоднодеформований стан (ступінь холодної деформації (ХД) волочінням 70%);

УЗО – обробка ХД дроту ультразвуком (тривалість обробки – 1, 2 та 4 хв.);

ЦД 1 – додаткова циклічна деформація знакозмінним згином (протяжка заготовки через роликову установку для циклічної обробки 1 раз (5 перегибів);

ЦД 5 – додаткова циклічна деформація знакозмінним згином (протяжка заготовки через роликову установку для циклічної обробки 5 раз (25 перегибів).

Діаграми випробувань на розтягування експериментальних зразків після додаткових обробок наведені на рисунках 2 – 7.

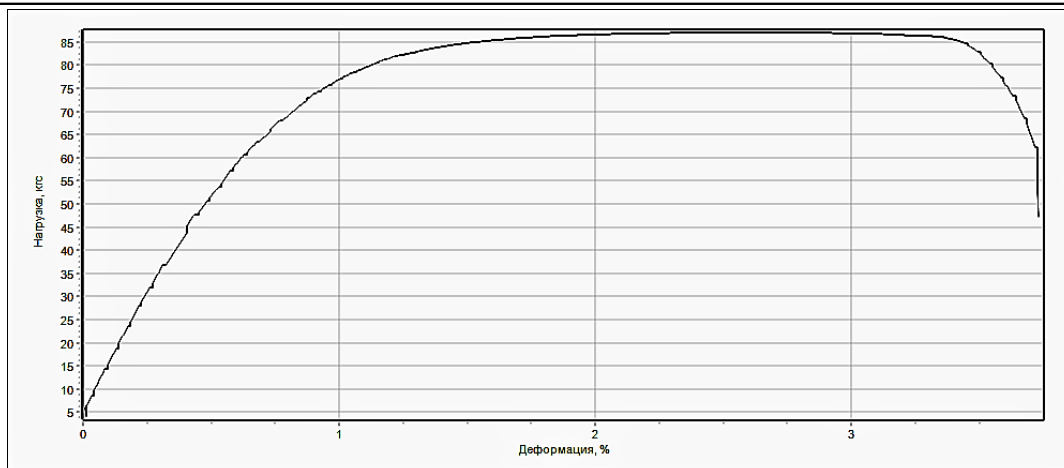


Рис. 2 - Діаграма розтягування експериментальних зразків холоднодеформованого дроту без додаткових впливів (ХД)

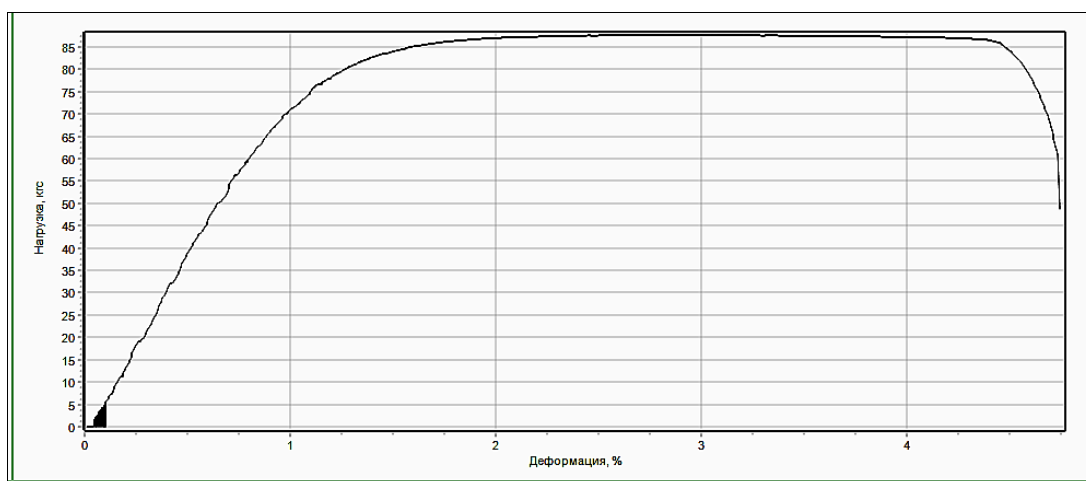


Рис. 3 - Діаграма розтягування експериментальних зразків холоднодеформованого дроту після ультразвукової обробки протягом 4 хвилин (ХД+УЗО)

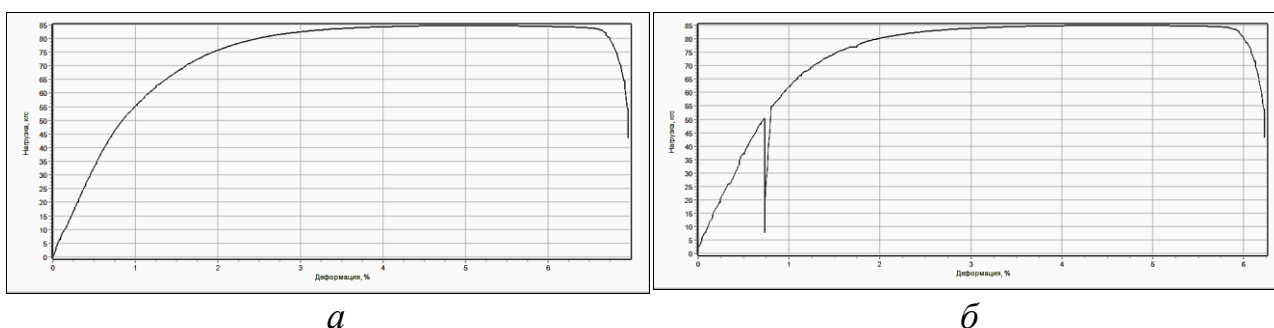


Рис. 4 - Діаграми розтягування експериментальних зразків холоднодеформованого дроту після циклічної (ЦД1) (а) та ультразвукової обробки (1хв.) (б)

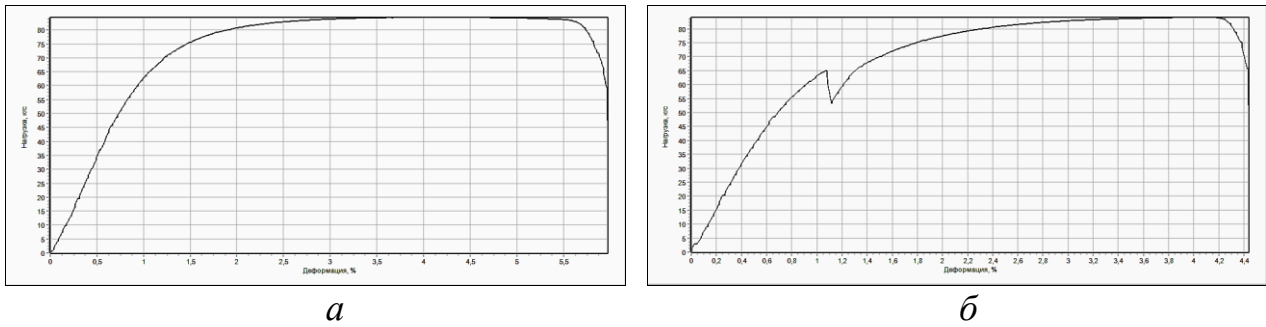


Рис. 5 - Діаграми розтягування експериментальних зразків холоднодеформованого дроту після циклічної (ЦД 1) (а) та ультразвукової обробки (4хв.) (б)

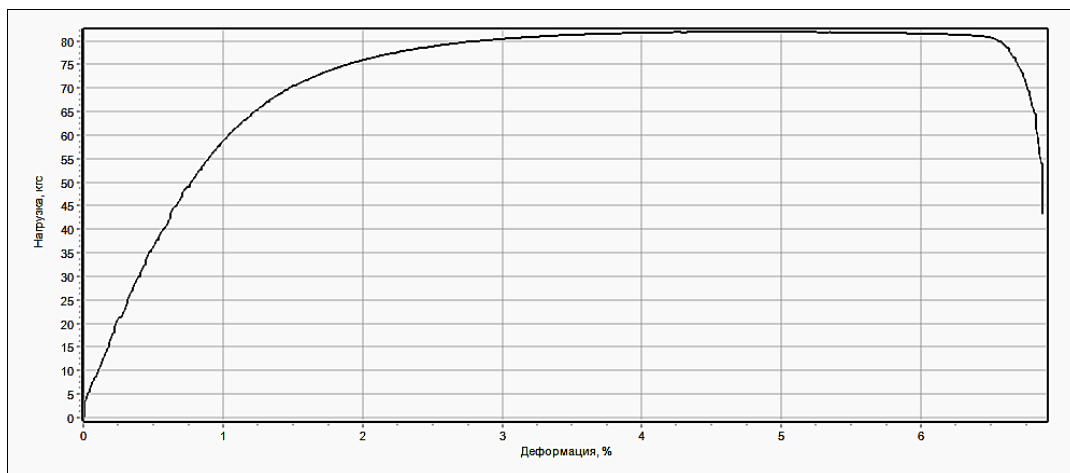


Рис. 6 - Діаграма розтягування експериментальних зразків холоднодеформованого дроту після циклічної (ЦД 5) та ультразвукової обробки (1хв.)

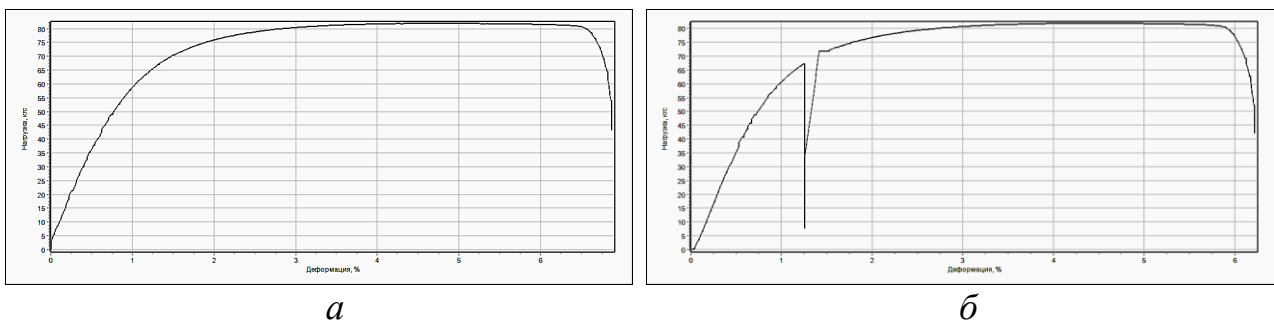


Рис. 7 - Діаграми розтягування експериментальних зразків холоднодеформованого дроту після циклічної (ЦД 5) (а) та ультразвукової обробки (4хв.) (б)

Аналіз отриманих даних свідчить про неоднозначний вплив додаткових обробок (ЦД та УЗО) на механічні властивості та характер технічних діаграм розтягування холоднодеформованих зразків дроту. Накладення

ультразвукових коливань на холоднодеформований стан дроту призводить до збільшення межі міцності (на 20МПа) та незначно впливає на межу плинності, яка залишається практично незмінною для 2 та 4 хвилин УЗО, окрім обробки протягом 1 хвилини, коли межа плинності збільшується на 20МПа. Що стосується подовження зразків, то для всіх режимів воно збільшується з 3% до 3,9%.

Накладання додаткової циклічної деформації (ЦД) за різними режимами вносить зміни в характер діаграм розтягу зразків та суттєво впливає на механічні властивості: спостерігається зменшення характеристик міцності та збільшення рівня пластичних властивостей. Слід відзначити, що більш чутливою характеристикою є межа плинності. Наприклад, для режиму обробки ХД+ЦД5+УЗО (2хв.) межа плинності зменшується на 100МПа відносно холоднодеформованого стану заготовки без додаткових впливів. Відносне подовження зразків для обробки ХД+ЦД1+УЗО (2хв.) зростає в 1,8 раз порівняно з холоднодеформованим станом без додаткових впливів.

Висновки

1. На основі отриманих даних можемо зробити висновок відносно комплексної дії комбінованої додаткової циклічної обробки на властивості досліджуваних холоднодеформованих зразків з низьковуглецевої сталі, що підтверджує припущення автора щодо існування синергетичного ефекту впливу циклічної деформації різного типу (макроциклічної (ЦД) та мікроциклічної (УЗО)) та параметрів цієї деформації на властивості холоднодеформованої сталі.

2. Використання додаткових впливів на холоднодеформований дріт з низьковуглецевої сталі змінює характер деформаційного зміцнення та механізм пластичної деформації, структурний стан холоднодеформованої сталі, що позначається на характері технічних діаграм розтягування досліджуваних зразків та рівні механічних властивостей.

Посилання

1. Клубович В.В. Ультразвукова обробка матеріалів / В.В. Клубович, А.В. Степаненко. – Мінськ: Наука та техніка, 1981. – 295 с.
2. А.В. Кулемин. Ультразвук і диффузія в металах. М: «Металургія», 1978.
3. Г.І.Прокопенко, Б.М.Мордюк, М.О.Васильєв, С.М.Волошко. Фізичні основи ультразвукового зміцнення металевих поверхонь. К.: Наукова думка, 2017. – 465с.
4. Пат. 86299UA. Пристрій для ультразвукової обробки поверхні довгомірних виробів / Мордюк Б.М., Прокопенко Г.І., Скиба І.О., Хріпта Н.І., Рудой П.Е., Дринь О.О. (Україна). - МПКВ24В 39/00. Опубл. 10.04.2009. - Бюл. №47.