

УДК 539.382.4

## ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУЙНУВАННЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ МІКРОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Бекетов О. В., к. т. н., доц.; Лаухін Д. В., д. т. н., проф.; Дадіверіна Л. М., к. т. н., доц.;  
Бабенко Є. О., аспірант; Слупська Ю. С., аспірант

*Державний вищий навчальний заклад*

*«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

**Постановка проблеми.** Розвиток сучасного будівництва ставить все зростаючі вимоги до властивостей матеріалів: підвищення їх механічних і корозійних характеристик. Водночас з розробкою нових сплавів йде вдосконалення та поліпшення якості вже існуючих. Подальше просування в цьому напрямку неможливе без розширення та поглиблення знань та уявлень про процеси, які відбуваються в металі під час його термічного та механічного оброблення, його взаємодії з зовнішнім середовищем під час експлуатації. Особливе місце в широкому колі питань, пов'язаних з цією проблемою, посідає вивчення здатності матеріалів чинити опір руйнуванню при статичних і динамічних навантаженнях, тобто показники ударної в'язкості. З теоретичної точки зору, більшість існуючих моделей руйнування (як крихкого, так і вязкого) базуються на загальних концепціях механіки деформованого твердого тіла. З іншого боку, для оцінки в'язкості руйнування конструкційних матеріалів існує достатньо велика кількість стандартизованих лабораторних випробувань, які, часом, надають неоднозначну інформацію стосовно процесів зародження та розповсюдження руйнування. Саме тому, порівняльний аналіз поверхонь руйнування отриманих за різними методами випробувань є актуальним як з наукової так і з практичної точок зору.

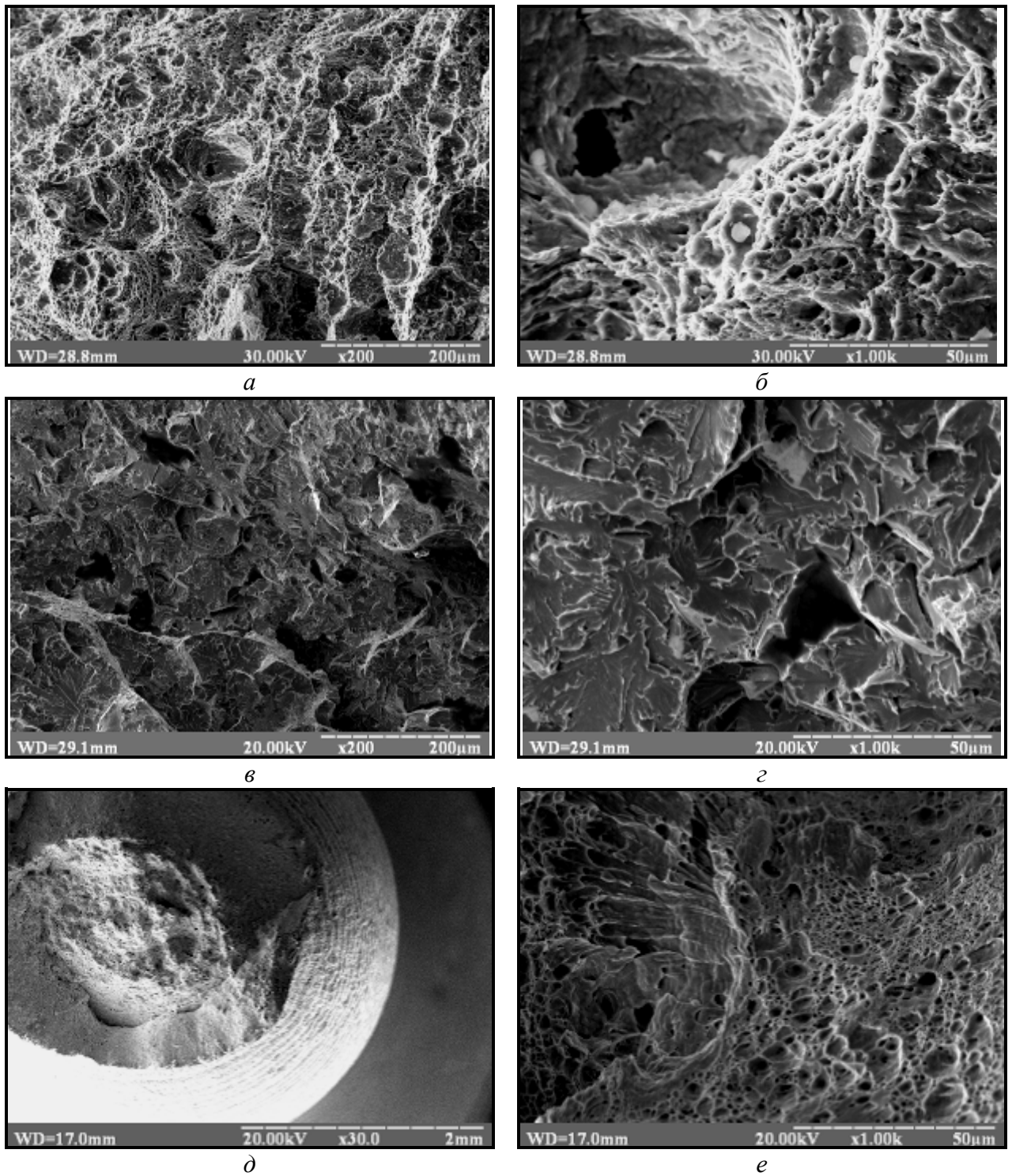
**Мета дослідження.** Дослідження поверхонь руйнування низьковуглецевої мікролегованої сталі 09Г2С після різних режимів випробувань.

**Виклад основного матеріалу.** З метою визначення загальних характеристик руйнування низьковуглецевих мікролегованих сталей було здійснено динамічні випробування зразків сталі 09Г2С при температурах +20 та -40 °С та випробування на розтяг. Результати проведеного комплексу фрактографічних досліджень узагальнено та наведено на рисунку 1.

Аналіз наведених даних показує, що при температурах випробування +20 °С руйнування відбувається за рахунок одночасної дії двох механізмів: відриву та зсуву по площинам сколу. Зі зніженням температури випробувань руйнування відбувається майже повністю за механізмом відриву. Цей факт підтверджується наявністю значної пластичної деформації структурних складових (гребні відриву, сходинки).

Таким чином, в залежності від температури випробувань поверхня руйнування буде складатися з площин кристалічних зерен, орієнтованих по напрямкам площин ковзання в кристалічній ґратці, згідно яких відбувається відповідна пластична деформація (площини зсуву) або з площин, які співпадають з площинами відриву (грані кубу для о.ц.к. ґратки). Або з їх комбінації.

Згідно даних літературних джерел (див. наприклад [1–3]) аналогічним чином на загальний вигляд поверхні руйнування впливає швидкість прикладання навантаження. Виходячи з припущення, що поверхня руйнування в обох випадках (при зміні температури випробувань та швидкості навантаження) складається з площин відриву кристалічної решітки, то можливо припустити наявність відповідних морфологічних особливостей зламу і при отриманні матеріалом деякої пластичної деформації. Тобто, руйнування за механізмом відриву, яке асоціюється з «крихким» не обмежується тільки випадками руйнування за спеціальними умовами (низька температура випробувань) але частково може бути присутнім і при руйнування в нормальних умовах.



*Рис. 1. Результати фактографічних досліджень зразків сталі 09Г2С:  
а, б – динамічні випробування при +20 °С; в, з – динамічні випробування при -40 °С;  
д, е – випробування на розтяг*

Проаналізувавши дані, представлені на рисунку 1, можливо відокремити три типи руйнування [3]:

1. Площина руйнування співпадає з площиною ковзання (зсуву).
2. Дві площини зсуву симетрично розташовані відносно напрямку найбільшого головного розтягуючого напруження (формується «клин руйнування»).
3. Руйнування відривом.

На більшості поверхонь руйнування присутні як мінімум два зі зазначених типів руйнування. Крім цього на поверхні зламів присутні сліди значної пластичної деформації

структурних складових. Таким чином сумісний вплив зазначених факторів приховує до руйнування за двома окремими механізмами: перший – структурні складові розщеплюються після незначної пластичної деформації; другий – структурні складові витягуються в напрямку дії пластичної деформації і формують поверхню руйнування волокнистого типу.

### **Висновки**

1. Різні типи динамічних випробувань матеріалів можуть давати різну кількісну оцінку параметрів зародження та розповсюдження руйнування.

2. Встановлено, що в залежності від температури випробувань поверхня руйнування буде складатися з площин кристалічних зерен, орієнтованих по напрямкам площин ковзання в кристалічній ґратці, згідно яких відбувається відповідна пластична деформація (площини зсуву) або з площин, які співпадають з площинами відриву (грані кубу для о.ц.к. ґратки), або з їх комбінації. Показано, що поверхня руйнування при зміні температури випробувань та/або швидкості навантаження складається з площин відриву кристалічної решітки. Аналогічна картина спостерігається і при отриманні матеріалом деякої пластичної деформації. Тобто, руйнування за механізмом відриву, яке асоціюється з «крихким» не обмежується тільки випадками руйнування за спеціальними умовами (низька температура випробувань) але частково може бути присутнім і при руйнування в нормальних умовах.

3. Встановлено, що під дією розтягуючого навантаження руйнування відбувається за двома окремими механізмами: перший – структурні складові розщеплюються після незначної пластичної деформації; другий – структурні складові витягуються в напрямку дії пластичної деформації і формують поверхню руйнування волокнистого типу.

4. Аналізуючи проведений комплекс досліджень відносно поверхонь зламів отриманих при різних умовах випробувань та відповідних теоретичного аналізу можливо встановити наступні механізми, які працюють під час руйнування низьковуглецевих мікролегованих сталей: крихкий, квазікрихкий; в'язкий. За допомогою побудови та аналізу відповідних фізико-математичних моделей можливо показати, що основною умовою зміни механізму руйнування є закономірності розповсюдження пластичної деформації по перетину матеріалу.

### **Список використаних джерел**

1. Іванцов С. В. Вплив параметрів структури на кінетику руйнування мікролегованих будівельних сталей : дис...канд. техн. наук : 05.02.01. Дніпропетровськ, 2015. 141 с.
2. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. Пер. с англ. Б. Я. Любова. Москва: Мир, 1972. 408 с.
3. Разрушение. Том 6. Разрушение металлов. Под. ред. Г. Либовица; пер. с англ. В. А. Займовского, Д. В. Лаптева. Москва : Металлургия, 1976. 496 с.