

УДК 669.14:669.77.78

Г.А. Бялік, к.т.н., доцент, byalik@zntu.edu.ua

С.І. Адамчук, к.т.н., науковий співробітник

В.В. Наумик, д.т.н., професор

Р.Е. Мохнач, науковий співробітник, richem@zntu.edu.ua

Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКРАПЛЕНЬ НА РУЙНАЦІЮ СТАЛІ

У статті наведені результати розробок використання фізичного моделювання процесів руйнації сталі під впливом неметалевих вкраплень різної форми і складу. Дослідження виконували поляризаційно-оптичним методом на спеціально розробленій і виготовленій установці з використанням прозорих оптично-анізотропних моделей. Встановили особливості зародження і розповсюдження тріщин від неметалевих вкраплень різної геометричної форми.

Ключові слова: фізична модель, неметалеві вкраплення, поляризаційно-оптичний метод, матеріали для фізичного моделювання.

The results of development usage of physical modelling of processes of destruction of steel under influence of non-metallic impregnation of different forms and compositions. The research was done by polarization-optical method on specially developed tool with using opaque optic-anisotropic models. There was established opportunities of origins and distributions of cracks from non-metallic impregnations of different geometric forms.

Keywords: physical model, non-metallic impregnations, polarization-optical method, materials for physical modelling.

Постановка проблеми

Неметалеві вкраплення як структурна складова будь-якої марки сталі як правило негативно впливають на основні фізико-механічні властивості металу, зокрема особливо на пластичність і ударну в'язкість. Вкраплення розглядаються як концентратори напружень і джерела зародження тріщин. Дослідження мікромеханізмів зародження і розповсюдження тріщин біля неметалевих вкраплень за допомогою фізичного моделювання дозволить удосконалити технологічні процеси виплавки сталі і мінімізувати шкідливий вплив неметалевої фази на експлуатаційні властивості сталі, як конструкційного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Багатосторонній аналіз різноманітних аспектів впливу неметалевих вкраплень на механічні, технологічні і експлуатаційні властивості сталей наведений в роботі [1]. Показано вплив високоенергетичних чинників на утворення мікроруїнацій в сталях. У різні роки було розглянуто вплив неметалевих вкраплень на властивості сталі, наведені дані про вплив різних елементів технологічного процесу на вміст і вид вкраплень у вуглецевих, легованих і спеціальних сталях [2, 3, 4].

Формулювання мети дослідження

Побудова фізичних моделей неметалевих вкраплень в сталі для визначення складних процесів початкової стадії зародження і наступних етапів розповсюдження тріщини в металевій матриці.

Виклад основного матеріалу

Фізичні моделі виготовляли з полімерних матеріалів і металевих сплавів з урахуванням критеріїв подібності. Дослідження проводили на спеціальній установці поляризаційно-оптичним методом.

Мікромеханізм зародження і розповсюдження тріщин досліджений не повністю внаслідок малих розмірів вкраплень, які не перевищують десятків мікрометрів. Це заважає безпосередньому спостереганню зразків сталі із вкрапленнями під мікроскопом в процесі їх руйнації.

В даній роботі для дослідження початкових стадій зародження і розповсюдження тріщини використовували поляризаційно-оптичний метод визначення напруженого стану на прозорих моделях [5, 6, 7]. Традиційно при цьому методі використовують зменшені моделі деталей машин і будівельних конструкцій. При виконанні даної роботи використали збільшені моделі неметалевих вкраплень в масштабі 200:1. Матеріали для сталеві матриці вибрали органічне скло і поліетилен, для вкраплень – дюралюміній і латунь. В якості критеріїв подібності використали коефіцієнт Пуассона і твердість за Вікерсом. Для вимірювання навантаження обрали прилади з дротяними тензодатчиками опору [8, 9, 10].

Для практичної реалізації моделювання розробили і виготовили спеціальну установку, функціональна схема якої наведена на рис. 1.

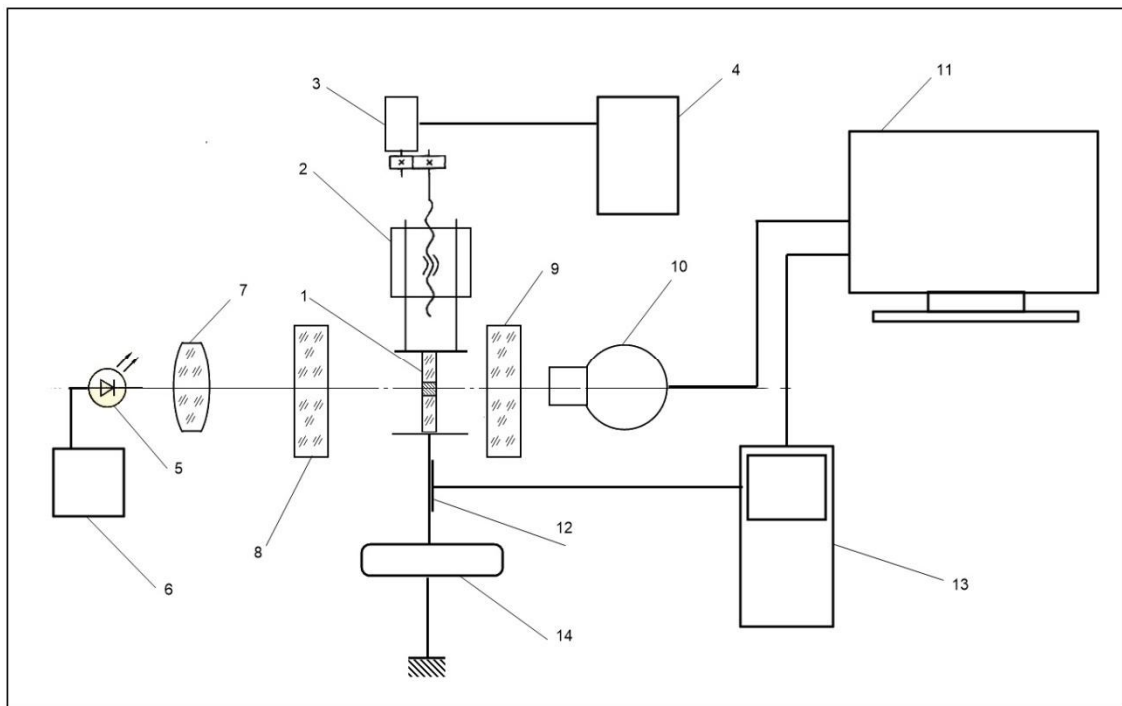


Рис. 1. Функціональна схема установки для фізичного моделювання впливу неметалевих вкраплень на руйнацію сталі

Установка складається з фізичної моделі неметалевого вкраплення 1, навантажувального пристрою 2, яке приводиться в дію електродвигуном 3, що з'єднаний з регульованим блоком живлення 4. Світлодіодний освітлювач 5 з блоком живлення 6 створює світловий потік, спрямований крізь конденсор 7 і поляризатор 8 на модель вкраплення 1 і далі крізь аналізатор 9 в об'єктив відеокамери 10, з'єднаної з комп'ютером 11, на дисплеї якого візуалізується зображення напруженого стану навколо неметалевого вкраплення и вигляді ізоклінів або ізохромів [4], а також будується діаграма розтягнення моделі. Система вимірювання навантаження об'єднує пружний елемент з тензодатчиками 12, цифровий прилад 13 з підсилювачем для вимірювання деформації моделі і механічний динамометр, для калібрування тензодатчиків.

Візуалізація напружень безпосередньо біля неметалевих вкраплень показала, що головним чинником для зародження мікротріщин є геометрична форма. Найбільш небезпечними є вкраплення з гострими кутами, біля котрих виникають високі локальні напруження. Оптимальна форма вкраплень глобулярна, біля яких локальні напруження значно менше. Руйнації модельних зразків передувала локальна пластична деформація, яка зафіксована на діаграмах розтягнення модельних зразків. На рис. 2 представлена діаграма розтягнення модельного зразка з моделлю гострокутового вкраплення, на рис. 3 — з моделлю глобулярного.

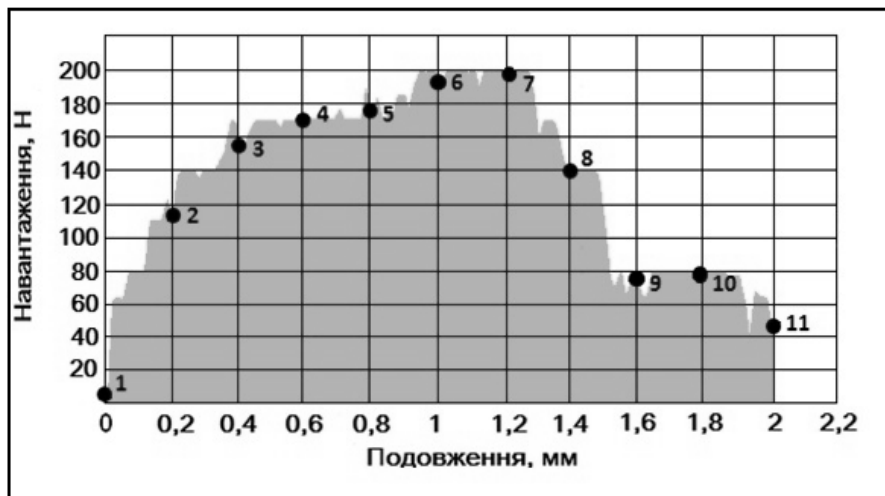


Рис. 2. Діаграма розтягнення фізичної моделі з гострокутовим вкрапленням

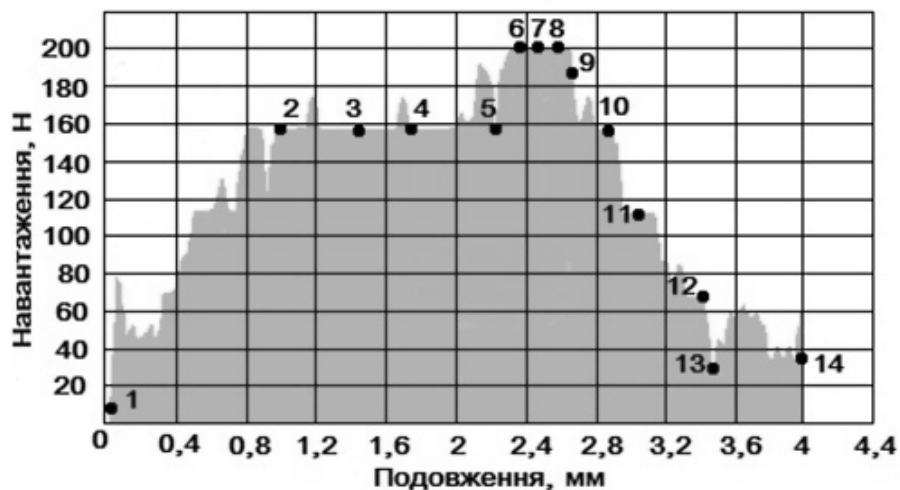


Рис. 3. Діаграма розтягнення фізичної моделі з глобулярним вкрапленням

Довжина зразків була однаковою і складала 20 мм. Відносне подовження фізичної моделі з глобулярним вкрапленням дорівнювало 20% і в два рази перебільшувало аналогічний показник моделі з гострокутовим вкрапленням, що при порівнянні діаграм розтягнення пояснюється підвищенням зони релаксації напружень.

Висновки

Розроблено метод фізичного моделювання впливу неметалевих вкраплень на руйнацію сталі, виготовлена дослідна установка для практичної реалізації цього методу. Проведені дослідження дозволили уточнити процеси зародження і розповсюдження тріщини біля неметалевих вкраплень на початковому етапі.

Список використаної літератури

1. Губенко С.И., Парусов В.В., Дервянченко И.В. Неметаллические включения в стали. Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2005. – 536 с.
2. Виноград М.И. Включения в стали и ее свойства – М.: Металлургиздат, 1963. – 252 с.

3. Бельченко Г.И., Губенко С.И. Неметаллические включения и качество стали. – К.: Техніка, 1980. – 168 с.
4. Терентьев В.Ф. Усталость металлических материалов – М.:Наука, 2003. – 254 с.
5. Александров А. Я., Ахметзянов М. Х., Поляризациино-оптические методы механики деформируемого тела – М. Наука, 1973. – 576 с.
6. Абен Х. К., Интегральная фотоупругость, Тал., 1975.
7. Савченко В. И. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений // Материалы VIII Всесоюзной конференции по методу фотоупругости, т. 1-4, Таллин, 1979; 36, К., 1981.
8. Макаров Р.А., Ренский Л.Б. Тензометрия в машиностроении. М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.
9. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии – Минск: Высшая школа.1975. – 352 с.
10. Экспериментальная механика: монография в 2 кн: Кн 1/пер с англ.; под ред. А. Кобаяси, – М.: Мир, 1990. – 552 с.