

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Барана Дениса Ярославовича

«Вплив експлуатаційних температур на міцність і циклічну тріщино-
стійкість теплостійкої сталі металургійного обладнання», яка
представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 01.02.04 – Механіка деформівного твердого тіла

1. Актуальність теми дисертації

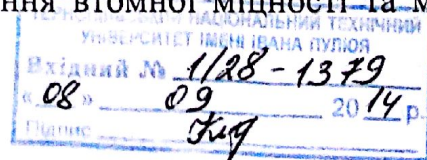
Відмови деталей конструкцій, які працюють в умовах циклічного тепломеханічного навантажування, у більшості випадків є наслідком розвитку фізичних процесів деградації, що обумовлені взаємодією механічної та температурної складових втомної пошкоджуваності. Дослідження взаємодії таких факторів пошкоджуваності відноситься до одного з найбільш складних та важливих наукових напрямків з визначення критичних станів та ресурсу відповідальних конструкцій, що обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Д.Я. Барана в загальнонауковому аспекті.

Актуальність теми дисертаційної роботи Д.Я. Барана в прикладному плані полягає у вирішенні важливої практичної задачі щодо прогнозування залишкової довговічності роликів машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) на основі виявлених у роботі основних закономірностей впливу високих температур на циклічну тріщиностійкість теплостійкої сталі 25X1M1Ф. Це дасть змогу більш раціонально використовувати у металургійному виробництві такі відповідальні та недешеві вироби як ролики МБЛЗ.

Актуальність теми дисертаційної роботи Д.Я. Барана визначається також її зв'язком з держбюджетними НДР «Розробка методів прогнозування довговічності металургійного обладнання в умовах високотемпературної втоми» (№ 0107U006982), які виконувались у Тернопільському державному технічному університеті імені Івана Пулюя за тематичними планами НДР Міністерства освіти і науки України. Тематика наукових досліджень відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Результати та висновки, що отримані у дисертаційній роботі, не заперечують сучасним уявленням методологій визначення втомної міцності та механіки руйнування матеріалів.



Усі наукові положення роботи, а також висновки і рекомендації, що випливають з них, достатньою обґрунтовані з використанням сучасного методичного забезпечення при проведенні експериментальних досліджень (використання автоматизованого управління системою навантажування випробувальної машини, технічно обґрунтованої системи нагрівання зразків, використання допрацьованої методики дослідження ударної в'язкості).

У роботі продуктивно використовувалася методичні засади електронної мікроскопії для отримання результатів дослідження мікроструктурних особливостей деформування та руйнування сталей, а також для проведення фрактографічних досліджень.

3. Повнота викладу результатів в опублікованих працях, апробація роботи

Матеріали дисертації досить широко та у повному обсязі опубліковані автором у наукових виданнях, апробовані на науково-технічних конференціях та симпозиумах. Публікації складаються з 20 найменувань, 7 з яких опубліковано у наукових журналах з переліку Департаменту атестації наукових кадрів Міністерства освіти і науки України по технічних науках, 2 статті у закордонних виданнях, внесених до науково метричної бази Scopus. Результати роботи апробовані автором на НТК і опубліковані у кількості 8 тез та праць у збірниках наукових конференцій. Автор роботи є співавтором 2 патентів України.

4. Важливість отриманих результатів для науки і практичного використання

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

1. Отримані нові результати дослідження температурних полів на основі оригінальної фізичної моделі ролика МБЛЗ, що дозволяє вивчати вплив режимів лиття на параметри температурних полів у роликах МБЛЗ на різних відстанях від поверхні. Спосіб фізичного моделювання експлуатаційних температурних умов роликів МБЛЗ захищений патентом України.

2. Експериментально встановлений вплив високих температур на характеристики кінетики росту втомних тріщин та характеристики тріщиностійкості сталі 25X1M1Ф в робочому діапазоні температур для роликів МБЛЗ. Виявлено ряд особливостей руйнування, що представляють наукову та практичну цінність. Це нерегулярний характер залежності характеристик тріщиностійкості від температури, оригінальні закономірності поширення втомної тріщини в залежності від температури та частоти навантажування для різних діапазонів значень КІН.

3. Вдосконалено метод прогнозування довговічності ролика МБЛЗ, що ґрунтується на урахуванні зміни фронту тріщини і напружено-деформованого стану

конструкції і дозволяє оцінювати довговічність ролика з урахуванням частоти експлуатаційного навантажування.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання в інженерній практиці вдосконаленої методики, що базується на отриманих в дисертації закономірностях втомного руйнування сталі 25Х1М1Ф, для прогнозування ресурсних показників роликів МБЛЗ з півеліптичними тріщиноподібними дефектами.

Результати дисертаційної роботи в частині методів оцінювання впливу високих температур та тріщиностійкість теплостійких сталей використовуються у ВАТ "Булат".

5. Оцінка змісту дисертації

Перший розділ. Присвячений аналізу стану проблеми дослідження.

При аналізі стану проблеми автор детально зупинився на питаннях впливу високих температур на довговічність матеріалів. При цьому розкриті деякі сучасні підходи до оцінювання деградації пластично деформованого матеріалу, наприклад за розкидом значень мікротвердості. Розглянуто критерії руйнування матеріалів при нормальних та високих температурах. Особливу увагу приділено енергетичним критеріям механіки руйнування, а саме граничним значенням J-інтегралу.

В огляді значна увага приділена питанням фізичної природи руйнування матеріалів. Розглянуті аспекти крихкого та в'язкого руйнування, визначення характеристик руйнування, взаємозв'язок механічних властивостей матеріалів з параметрами тріщиностійкості.

Нажаль зроблений критичний аналіз стану проблеми не знайшов відображення у постановці задач дослідження (див. зауваження до роботи).

Другий розділ. Присвячений розробці методичної бази проведення експериментальних досліджень з механічних випробувань маловуглецевої теплостійкої сталі 25Х1М1Ф.

У розділі представлені технічні рішення автора дисертації щодо забезпечення автоматизації експерименту на випробувальній сервогідравлічній машині типу СТМ-100. Ці рішення дозволили забезпечити автоматичну реєстрацію вимірювальних величин з їх подальшою обробкою.

Грунтовно розкриті питання методичного забезпечення підготовки зразків на випробування на розтяг та ударну в'язкість.

За участю автора було спроектовано і виготовлено оригінальний стенд (Патент України) для дослідження температурних полів в моделі ролика МБЛЗ на

поверхні і в тілі ролика. Розміри моделі ролика менші в 5 разів від реальної конструкції МБЛЗ. За допомогою цього стенду досліджено кінетику зміни температурних полів по глибині ролика за різної глибини тріщиноподібного дефекту, що дозволило обґрунтувати вибір температури випробувань циклічної тріщиностійкості і моделювання росту втомних тріщин.

У розділі також ґрунтовно описані методичні засади дослідження мікроструктурної пошкоджуваності та фрактографії за допомогою растрового електронного мікроскопу.

Третій розділ. У розділі досліджувався вплив температури випробувань на мікро-, мезо- та макромеханізми деформування і руйнування зразків теплостійкої сталі 25Х1М1Ф.

Автором проведений ґрунтовний аналіз експлуатаційної пошкоджуваності поверхні роликів МБЛЗ. Отримані цікаві в науковому плані дані щодо особливостей дислокаційної структури при різних стадіях пластичного деформування сталі 25Х1М1Ф.

Враховуючи експлуатаційні режими роботи роликів МБЛЗ, автором проведено дослідження впливу високих температур на ударну в'язкість сталі 25Х1М1Ф. Виявлено, що енергія зародження тріщини при 375°C зростає в 1,6 рази порівняно з кімнатною температурою. При 600°C енергія зародження тріщини знижується в 1,2 рази порівняно з результатами випробувань при 20°C.

Дослідження автором зламів зразків Шарпі виявили зміну форми губ зсуву утворених на їх бічних поверхнях. Із збільшенням температури збільшується кут повороту губ зсуву відносно повздовжньої осі зразка. Результати щодо механізмів деформування та руйнування зламів зразків підтвердженні даними фактографічних досліджень.

У четвертому розділі приведені результати досліджень впливу високих температур та структурної неоднорідності матеріалу на опір циклічному руйнуванню теплостійкої сталі.

На основі фізичного моделювання теплових режимів ролику МБЛЗ встановлено розподіл температури вздовж радіального контуру по глибині ролику. Показано, що після запуску розігрітого до квазістаціонарного стану ролика відбувається незначне зниження температури циклу з її подальшою стабілізацією протягом 4-5 обертів. Побудовані графіки залежності осесиметричної складової температурного поля ролика від часу обертання. Визначено, що на поверхні ролика реалізується термоцикл трикутної форми.

У розділі описані результати досліджень впливу температури на швидкість втомної тріщини в сталі 25X1M1Ф при частоті навантаження 1 Гц. Виявлено, що в діапазоні значень КІН $18,0 \leq K_{max} \leq 20,0 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}$ швидкість РВТ при 375°C в 3 рази вища, а при 600 °С в 8 раз вища чим при 20 °С. Із збільшенням максимального КІН відмінність в швидкостях РВТ при кімнатній і підвищених температурах зменшується. При $K_{max} \geq 80 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}$ швидкість РВТ для всіх досліджуваних температур однакова і складає $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ мм / цикл}$. Така поведінка тріщини пояснюється автором з позицій фрактографічних досліджень.

У розділі приведені результати досліджень впливу частоти навантажування на кінетику росту втомної тріщини у теплостійкій сталі 25X1M1Ф. За результатами мікроаналізу поверхні зламів зразків виявлено «переривчатий» характер розвитку втомної тріщини, який відображається у локальних змінах напрямку її поширення, супроводжується гілкуванням тріщин та утворенням вторинних мікротріщин.

П'ятий розділ присвячений моделюванню росту поверхневої півеліптичної втомної тріщини у ролику МБЛЗ.

Ролик розглядали як товстостінний порожнистий циліндр, у якому поверхнева півеліптична тріщина розташована у центральному перерізі ролика, перпендикулярно до його повздовжньої осі. Особливістю підходу є те, що при моделюванні враховувалася зміна фронту тріщини при обчисленні КІН. Ріст тріщини описується з позицій напівдетермінованої моделі, а саме – параметр C рівняння Періса розглядається як випадкова величина, що розподіляється за логарифмічно нормальним розподілом.

Результати моделювання порівнювалися з відомими даними, які були отримані для сталої форми фронту тріщини. Зроблений висновок, що при підростанні тріщини від початкового розміру до граничного обидві методика дають однакові результати. Проте при подальшому підростанні втомної тріщини не врахування зміни фронту тріщини, спричиняє зменшення обчисленої довговічності (до 25%).

6. Зауваження по дисертації

До матеріалів досліджень, викладених в дисертації, слід зробити такі зауваження:

1. Було б доцільним сформулювати мету та задачі дослідження у першому розділі дисертації на основі огляду стану проблеми, а не у вступі до роботи. Вийшло так, що висновки до першого розділу є неузгодженими з оголошеними у вступі метою та задачами дослідження.

2. У другому розділі дуже обмежено розкриті методичні питання та апаратурна реалізація проведення досліджень твердості і мікротвердості при реалізації заявленого автором L-M методу.

3. Висновки до другого розділу не достатньо повно розкривають сутність проведеної автором роботи, що викладена у тексті другого розділу дисертації .

4. У четвертому розділі описані дослідження з розподілу температурних полів у ролику МБЛЗ. Але з тексту дисертації не зрозуміло яке подальше використання мають результати цих досліджень, зокрема форма і параметри термоциклу.

5. Висновки щодо впливу частоти циклічного навантажування на швидкість росту тріщини зроблені з посиланням на кінетичні діаграми (рис. 4.8a – в тексті дисертації і рис. 9 – в авторефераті). Судячи з розкиду точок на графіках, який є доволі компактний, доцільно було б підтвердити виявлені відмінності оцінкою довірчих ймовірностей.

6. З п'ятого загального висновку до роботи не зрозуміло чи була вдосконалена вже існуюча методика прогнозування залишкової довговічності з напівеліптичним тріщиноподібним дефектом (що відповідає одному з завдань дослідження), чи запропонована нова методика. У тому ж пункті загального висновку відмічається, що запропонована методика побудована з урахуванням впливу частоти експлуатаційного навантажування. Але при викладі матеріалів досліджень, що стосуються цієї методики, в дисертації (розділ 5) та в авторефераті нічого про частоту навантаження не сказано.

7. В роботі мають місце термінологічні неточності та відхилення від стандартів, наприклад, «циклічна тріщиностійкість», «мікро- та макрошвидкість тріщини», «залишкова довговічність» та інш. Мають місце помилки в посиланнях на рисунки (рис. 1.4 замість рис 1.3 на стор. 19; рис. 4.5 замість рис 4.4 на стор. 83); формула (1.25) помилкова, а формула (2.1) відірвана від тексту; пояснення до формули (2.4) та до рис.4.6 помилкові. В авторефераті на стор. 13 (другий абзац зверху) є помилкове посилання для функцій розподілу на рис. 12.

7. Висновок по дисертації в цілому

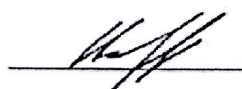
У цілому, незважаючи на зазначені вище недоліки, дисертація за актуальністю, науковою новизною, особистим внеском автора, практичною значимістю, вірогідністю результатів, обсягом і рівнем публікацій відповідає основним вимогам до дисертацій і авторефератів.

Автореферат достатньо повно віддзеркалює основний зміст дисертації.

Усе викладене вище дозволяє вважати, що дисертація Д.Я. Барана є закінченим науковим дослідженням, у якому отримані нові науково обґрунтовані результати.

Робота цілком відповідає п. 9 та 11 "Порядку присудження наукових ступенів і приєвнення вченого звання старшого наукового співробітника", а її автор – Баран Денис Ярославович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – Механіка деформівного твердого тіла.

завідувач кафедри конструкції
літальних апаратів НАУ,
професор, доктор технічних наук



С.Р. Ігнатович

Підпис гр. Ігнатовича С.Р.

з а с в і д ч у ю

Вчений секретар

Національного авіаційного університету



С.Р. Ігнатович