

## В І Д З И В

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Бойка Андрія Романовича** «Зсувне пластичне відшаровування жорстких включень за умов неповного контакту з середовищем», подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Детальний аналіз дисертації Бойка А.Р. "Зсувне пластичне відшаровування жорстких включень за умов неповного контакту з середовищем" дозволяє зробити такі висновки щодо актуальності теми, наукової новизни і практичного значення роботи, ступеня обґрунтованості наукових положень і висновків, достовірності результатів та загальної оцінки роботи.

**Актуальність теми дисертації.** Деформування більшості конструкційних матеріалів в околі тріщин, гострокінцевих вирізів, включень, які завжди присутні в матеріалах, відбуваються за межею пружності. У зв'язку з цим, для розрахунку міцності елементів конструкцій з цих матеріалів, на основі механіки руйнування актуальними є дослідження напружено-деформованого стану (НДС) в тілах з включеннями та вирізами, що враховують пружно-пластичні деформації.

На даний час найповніше вивчено деформування тіл, ослаблених тріщиноподібними дефектами та включеннями, товщиною яких можна знехтувати. Урахування ширини вирізів і товщини включень дає змогу адекватнішого представлення неоднорідностей технологічного чи конструктивного походження і повнішого врахування впливу геометричних параметрів задачі.

Важливими і мало дослідженими залишаються дослідження деформування тіл з включенням за наявності міжфазних тріщин у пружно-пластичній постановці і, зокрема, задачі відшаровування включень.

Врахування пластичних ефектів біля концентраторів напружень є складною математичною задачею. Як правило, для її вирішення застосовують чисельні методи або спрощені підходи з апріорними припущеннями про форму пластичної зони. Практично важливі задачі відшаровування включень великої жорсткості за схемою розвитку пластичних деформацій на їх межі, до останнього часу залишалися мало вивченими і тому завдання, покладені в основу цього дисертаційного дослідження, є актуальними і важливим.

У роботі вперше поставлено і розв'язано комплекс задач про зсувне пластичне відшаровування волокон великої жорсткості, складного поперечного перерізу за наявності міжфазних тріщин. Виконано дослідження квазістатичного розвитку міжфазного пластичного відшаровування на основі нелінійної математичної моделі, яка забезпечує виконання умови пластичності виключно в точках пластичних шарів. Нідє поза ними умова пластичності не перевищується і не досягається. Проведено повний аналіз пластичного відшаровування включення скінченної ширини з прямокутним торцем і міжфазними тріщинами поблизу нього. Досліджено зсувне пластичне відшаровування волокна великої жорсткості квадратного перерізу за наявності міжфазних тріщин, що виходять з його вершин, і отримано цікавий результат про неможливість пластичного відшаровування за схемою локалізації пластичних деформацій лише вздовж границі волокна для великих довжин міжфазних тріщин у порівнянні з відстанню між вершинами включення. Розв'язано задачу про пластичне відшаровування волокна, переріз якого окреслений дугами двох кіл і на його основі досліджено вплив кривизни поверхні включення на розвиток міжфазних пластичних шарів.

Визначення НДС зведено до крайових задач теорії функцій комплексної змінної і отримано їх аналітичні розв'язки методом конформних відображень та задачі Келдиша-Сєдова. Отримано залежності довжин міжфазних пластичних шарів від навантаження. На розвиток зон пластичних деформацій суттєво впливає границя тіла і взаємодія концентраторів, яка тим більше проявляється, що більше навантаження і відповідно більші пластичні зони. Поки пластичні зони залишаються малими у порівнянні з геометричними параметрами задачі в околі кожного з концентраторів розвиток зон відбувається автотельно. У даній роботі детально досліджено початкові стадії розвитку пластичних шарів в околі розглянутих концентраторів напружень і обґрунтовано можливість їх аналізу на основі відповідних пружних розв'язків.

**Практичне значення і можливе використання результатів роботи.** У роботі визначено НДС під час зсувного деформування тіл з жорсткими волокнами складного перерізу за умови ідеального контакту волокон з середовищем та за наявності міжфазних тріщин на поверхні включень. В процесі деформування тіл допускається пластичне відшаровування волокон з розвитком локалізованих пластичних деформацій вздовж межі включень, що супроводжується тангенціальним розривом переміщення основного середовища відносно включення. Визначено залежності довжин міжфазних пластичних шарів

від величини навантаження і досліджено особливості їх розвитку, знайдено критичні навантаження, за яких настає злиття зустрічних пластичних шарів. Розв'язки відповідних крайових задач отримано у аналітичній формі, зручній для подальшого аналізу, зокрема для застосувань деформаційних та енергетичних критеріїв руйнування. Отримані результати можуть бути використаними в розрахунках запасів міцності і умов руйнування елементів конструкцій, виготовлених із армованих та композитних матеріалів, здатних витримувати значні пластичні деформації. Отримані формули для опису НДС і характеристик пластичних деформацій враховують реальну геометрію включень і можуть бути застосованими для перевірки поширених модельних припущень, в яких ширину вузької щілини або товщину тонкого включення приймають рівними нулю.

Важливими для практичного використання і перспективними для подальшого дослідження є спрощені залежності довжин міжфазних пластичних шарів від навантаження, отримані для початкової стадії їх розвитку на основі відповідних пружних розв'язків.

Практичне значення роботи підтверджує використання її результатів на виробництві, що засвідчено відповідним актом про впровадження, а також тим, що дана робота пов'язана із держбюджетними темами, виконаними у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя на замовлення МОН України.

Сформульовані у дисертаційній роботі наукові положення, висновки і рекомендації є достатньо обґрунтованими. Їх достовірність забезпечується строгістю постановок задач та коректним застосуванням математичних методів, а також збігом результатів, у часткових випадках, із раніше відомими.

Результати роботи достатньо повно викладені у 6 наукових статтях, опублікованих у фахових журналах, та тезах і працях 5 наукових конференцій. Автореферат правильно і достатньо повно відображає зміст дисертаційної роботи.

Отримані в роботі теоретичні і прикладні результати можуть знайти застосування у ряді науково-дослідних установ і вузів України, зокрема, в Інституті механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача, Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України, в університетах Києва, Львова, Дніпропетровська, Донецька і Тернополя.

В той же час по дисертаційній роботі слід зробити такі зауваження:

1. Доцільно було б сформулювати умови розриву (критерії руйнування) в зонах пластичної деформації. Наприклад, по аналогії з  $\delta_c$  – моделлю для тріщин, прийнявши за умову розриву досягнення стрибком переміщень в пластичній смузі граничного для даного матеріалу значення.
2. Правомірність вживання терміну „пластичне відшаровування” є спірним, оскільки після зняття навантаження пластичні смуги зникають і тіло у всьому об’ємі стає пружним і суцільним.
3. В роботі не досліджені випадки, коли б пластичні деформації не були локалізовані лише на межі включення-середовище, а поширювались вглиб тіла.

Зазначені зауваження не впливають на високу позитивну оцінку даної дисертаційної роботи і не зменшують ступеня обґрунтованості та вірогідності основних результатів та висновків.

Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають її меті. Робота оформлена згідно з відповідними вимогами.

Дисертаційна робота А.Р. Бойка є завершеною науковою працею, у якій вирішено важливу науково-практичну задачу дослідження пластичного відшаровування жорстких включень складної форми за наявності міжфазних тріщин і яка відповідає усім існуючим вимогам ДАК України до кандидатських дисертацій, а її автор **Бойко Андрій Романович** заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент провідний науковий співробітник відділу теоретичних основ механіки руйнування Фізико-механічного інституту імені Г.В. Карпенка НАН України, д-р техн. наук, проф.



В.П. Силованюк

Підпис *В.П. Силованюк*  
**ЗАСВІДЧУЮ**  
 Вчений секретар ФМІ НАН України  
*Корній*

