

УДК 539.3

## ВПЛИВ СТРУКТУРИ ШАРУВАТИХ ПКМ ТА СИЛИ ЗАТЯГУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ БОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ

Бабієнко С.А., Рудаков К.М.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського", м. Київ, Україна

### Анотація.

В роботі досліджено вплив величини затягування у болтовому з'єднанні та структури ПКМ на характеристики напружено-деформованого стану в зоні отворів. Розрахунки провели за допомогою методу скінченних елементів, реалізованого в програмному комплексі Femap / NX Nastran. Моделювали статичне навантаження зразка однозрізного дворядного болтового з'єднання, який застосовують для випробувань на втому.

**Ключові слова:** болтові з'єднання; напружено-деформований стан; скінчені елементи

В цій роботі досліджено вплив величини затягування у болтовому з'єднанні та структури ПКМ на характеристики напружено-деформованого стану в зоні отворів. Розрахунки провели за допомогою методу скінченних елементів, реалізованого в програмному комплексі Femap / NX Nastran. Моделювали статичне навантаження зразка однозрізного дворядного болтового з'єднання (рис.1, чверть зразка), який застосовують для випробувань на втому [1].

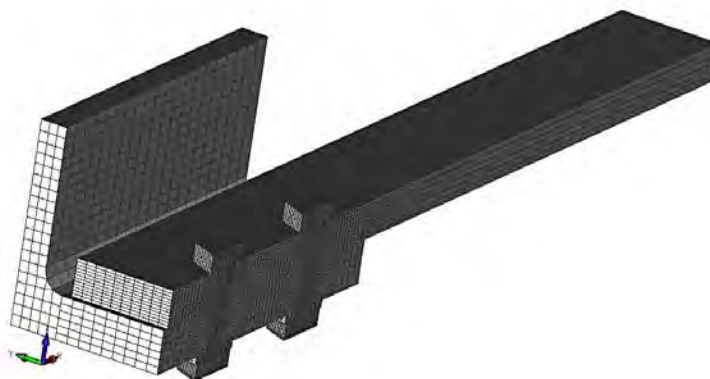


Рис. 1. Геометрична модель зразка однозрізного болтового з'єднання з ПКМ

За результатами розрахунків були побудовані графіки та таблиці впливу величини затягування болтів та структури ПКМ на характеристики напружено-деформованого стану та зроблені висновки по даній роботі.

Пластина з ПКМ складалася з 24 шарів 3D ортотропних матеріалів — однонапрямленої стрічки УОЛ-300-1А та вуглецевої тканини УТ-900-3А. Загалом було створено 3 різні структури ПКМ з різним укладанням вуглецевих волокон (таблиця 1).

Таблиця 1.

### Структура укладання ПКМ

Варіант	Формули
ПКМ-0	[-45/0/45/90/-45/0/45/90/-45/0/45/90/90/45/0/-45/90/45/0/-45/90/45/0/-45]
ПКМ-1	[45/90/0/-45/45/90/0/-45/45/90/0/-45/-45/0/90/45/-45/0/90/45/-45/0/90/45/]
ПКМ-2	[0/-45/90/45/0/-45/90/45/0/-45/90/45/45/90/-45/0/45/90/-45/0/45/90/-45/0]

Сила затягування болтового з'єднання фактично регулювали зміною величини  $\Delta$  – відстані між голівкою болта та шайбою. Всього було створено 3 скінчено-елементні моделі з різною силою затягування: величини  $\Delta$  дорівнювали 80 мкм, 100 мкм, 140 мкм (рис.2).

Навантаження було прикладене вздовж двох поверхонь пластини із ПКМ на довжині 70 мм як силу  $N_x=5$  кН, тобто повна повздовжня сила навантаження на пластину дорівнювала 20 кН.

Було створено і розв'язано 9 скінчено-елементних моделей для параметрів сили затягування та структури укладання вуглецевих волокон. Для аналізу впливу цих параметрів порівнювали напруження за Мізесом та були побудовані графіки (рис.4 – рис.7) напружень по лінії отвору (рис.3).

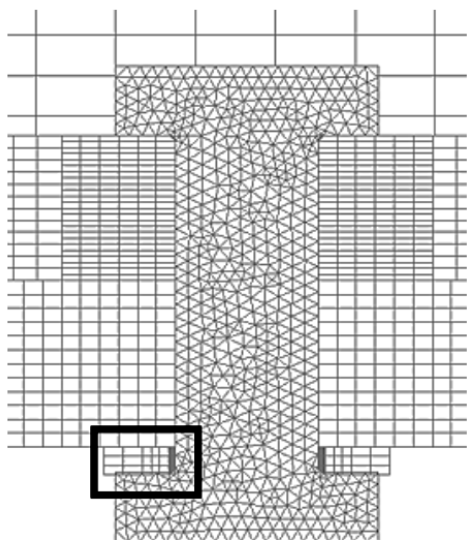


Рис. 2 Регулювання сили затягування болтового з'єднання

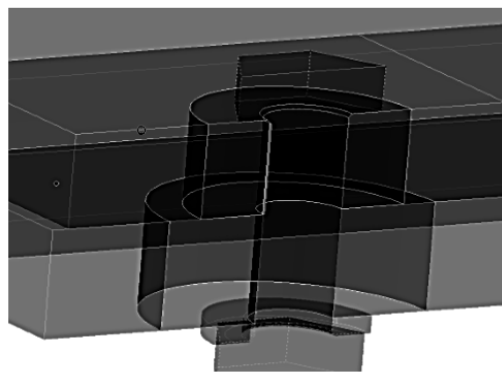


Рис. 3 Лінія отвору з максимальними напруженнями в пластині

Для більш комфортного огляду даних значення максимальних напружень за Мізесом було зібрано в таблицю 2.

Таблиця 2

Затягування болта, $\Delta$ мкм	$\sigma_{Mises}$ , МПа		
	ПКМ-0	ПКМ-1	ПКМ-2
080	710.4	681.5	1032
100	691.7	779.4	1297
140	581.1	658.1	1123

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

- величина затягування болтового з'єднання та зміна структури ПКМ впливають на характеристики напружено деформованого стану;
- закономірностей впливу величини затягування болтового з'єднання не виявлено, так як збільшення затягування для ПКМ-0 зменшило напруження в ПКМ-0, але в ПКМ-1 та ПКМ-2 були виявлені протилежні тенденції.

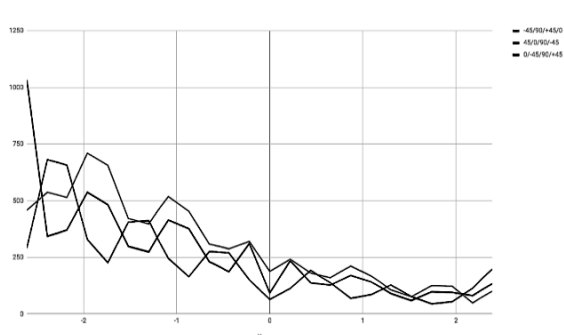


Рис. 4 Графіки напружень:  $\sigma_{Mises}$  для ПКМ-0, ПКМ-1 та ПКМ-2 з затягуванням в 80 мкм

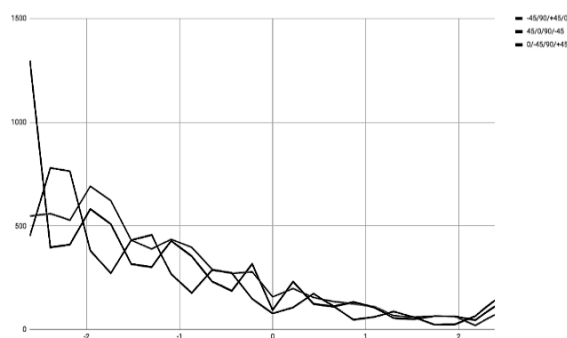


Рис. 5 Графіки напружень:  $\sigma_{Mises}$  для ПКМ-0, ПКМ-1 та ПКМ-2 з затягуванням в 100 мкм

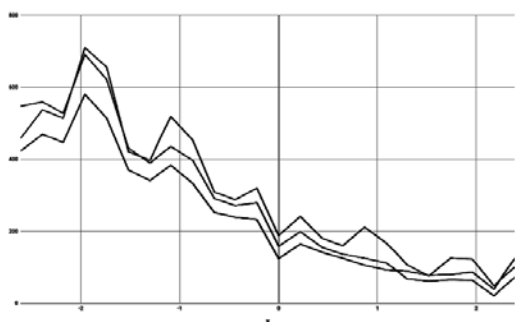


Рис. 6 Графіки напружень:  $\sigma_{Mises}$  для ПКМ-0 з затягуванням 80, 100 та 140 мкм

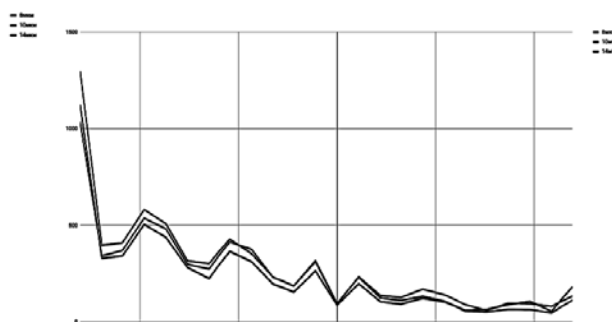


Рис. 7 Графіки напружень:  $\sigma_{Mises}$  для ПКМ-2 з затягуванням 80, 100 та 140 мкм

#### Список використаних джерел

1. Дифучин Ю.М. Чисельне моделювання болтових з'єднань з ПКМ. Повідомлення 1. Створення змішаних 3D-моделей / Ю.М. Дифучин, К.М. Рудаков // Вісник НТУУ "КПІ". Сер. Машинобудування, 2016. – №2(77). – С. 100-107.