

УДК 621.791

Таран Д. М. студент спеціальності 133 Галузеве машинобудування
Науковий керівник: Заболотний К.С., д.т.н., професор кафедри ІДМБ; Шкут А.П., Ph.D., доцент кафедри ІДМБ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ЗВАРНОГО ТА БОЛТОВОГО З'ЄДНАННЯ У SOLIDWORKS SIMULATION

Надійність різьбових та зварних з'єднань є критичною для безпеки та довговічності конструкцій у машинобудуванні, будівництві та інших інженерних галузях. Від їхньої міцності залежить стабільність функціонування механізмів, що працюють в умовах високих навантажень, вібрацій та температурних коливань. Метою даного дослідження є всебічний аналіз методів оцінки міцності різьбових та зварних з'єднань, їх порівняльна характеристика та визначення оптимальних умов застосування.

Різьбові з'єднання є одним із найпоширеніших типів розбірних з'єднань, що забезпечують можливість обслуговування та регулювання деталей. Вони мають низку переваг, зокрема легкість монтажу та демонтажу, можливість регулювання сили затягування та використання стандартизованих елементів відповідно до ДСТУ та ISO. Водночас, вони характеризуються обмеженою міцністю при екстремальних навантаженнях та схильністю до самовідгвинчування, особливо під впливом вібрацій. Аналіз міцності різьбових з'єднань здійснюється за допомогою аналітичних розрахунків, що дозволяють оцінити напруження у витках різьби та розподіл осьових і крутильних сил, чисельного моделювання методом кінцевих елементів із застосуванням програмного забезпечення, такого як ANSYS чи SolidWorks Simulation, а також експериментальних випробувань у лабораторних умовах.

Зварні з'єднання забезпечують високу міцність конструкцій, які не передбачають демонтажу. Вони відзначаються підвищеною жорсткістю, відсутністю додаткових кріпильних елементів і стійкістю до динамічних та вібраційних навантажень. Проте їхнім суттєвим недоліком є неможливість розбирання без руйнування, а також необхідність ретельного контролю якості виконання зварного шва [1]. Аналіз зварних з'єднань передбачає аналітичні розрахунки міцності шва відповідно до стандартів ДСТУ та ISO, чисельне моделювання термічних процесів і механічних напружень за допомогою програмних комплексів, а також неруйнівні методи контролю, серед яких ультразвуковий та рентгенівський аналіз.

Вибір між різьбовими та зварними з'єднаннями залежить від експлуатаційних умов та вимог до конструкції. Проведено дослідження порівняльного аналізу зварного та різьбового з'єднання двох пластин.

Дане дослідження виконується на базі SolidWorks Simulation з метою порівняння міцності двох способів з'єднання пластин: у першому випадку пластини скріплюються внахлест за допомогою зварювання, у другому – використовується різьбове з'єднання. Основною метою дослідження є визначення рівня напружень, деформацій і можливих зон руйнування у кожному з випадків під впливом рівномірного навантаження.

Моделювання виконується у середовищі SolidWorks Simulation із застосуванням методу скінченних елементів. Для кожного типу з'єднання створюється 3D-модель, на якій накладаються відповідні граничні умови: фіксація одного краю пластини та прикладення рівномірного навантаження на протилежному краю. Проводиться аналіз розподілу напружень за критерієм Мізеса, визначається рівень деформацій і зони концентрації напружень [2].

Змодельовано два варіанти конструкції. Для зварного з'єднання визначалися напруження у шві та пластині, а для різьбового – у місці контакту болта з матеріалом

пластини. Розглядалися також вплив сили затягування різьбового з'єднання та наявність можливих зазорів між деталями. Аналіз отриманих даних дозволив встановити основні особливості поведінки кожного типу з'єднання.

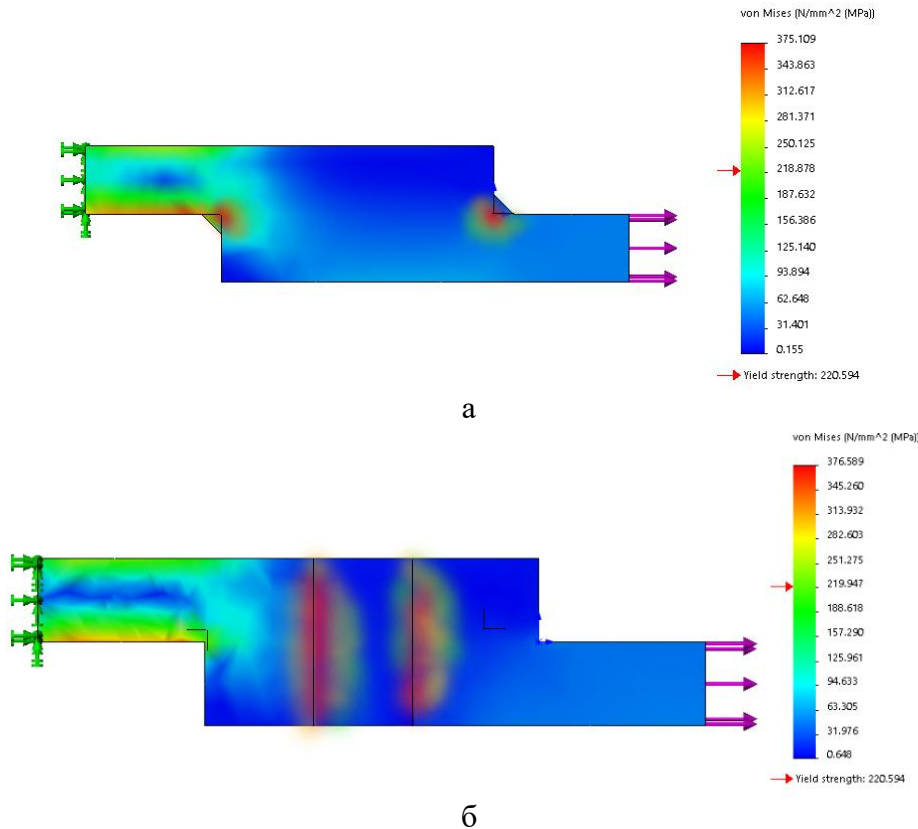


Рисунок 1 – Результати моделювання напружено-деформованого стану пластин при використанні зварного (а) та різьбового (б) з'єднань

Результати показали, що у зварному з'єднанні напруження рівномірніше розподіляється по всій площі контакту, проте у зоні зварного шва спостерігається локальна концентрація напружень, яка може призводити до утворення тріщин при циклічному навантаженні. У різьбовому з'єднанні максимальні напруження концентруються в місці контакту різьби з отвором, що може спричинити пластичну деформацію або злам при перевищенні допустимого навантаження.

Проведений аналіз свідчить про те, що зварне з'єднання забезпечує вищу жорсткість і рівномірність розподілу навантаження, проте є більш чутливим до локального руйнування шва. Різьбове з'єднання, у свою чергу, має більшу гнучкість у використанні, але є схильним до локальних концентрацій напружень. Вибір оптимального варіанту залежить від вимог до конструкції: якщо необхідне розбірне з'єднання – слід використовувати болтовий спосіб, якщо ж важлива максимальна міцність – доцільно застосовувати зварювання.

Список використаних джерел:

1. A.Shkut. Methodology for Service Life Evaluation of Screens Welded Structures, Journal of Engineering Sciences (Ukraine), 2024, № 11(1), 10–18 [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).d2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).d2)
2. O.Panchenko, K Zabolotnyi. Endurance calculation of welded joints in tubbing erector mechanism using digital methods, Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2024, 3, 63-71 <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/063>