

ІІІ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

УДК 621.791.927.5

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ВІДНОВЛЕННЯ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Бакалець Д.В

Савуляк В.І

Вінницький національний технічний університет

Рамные конструкции транспортных и технологических машин воспринимают статические и динамические нагрузки, в результате которых в процессе эксплуатации на определенных участках возникают трещины и другие повреждения. Проблемой установки элементов усиления в опасных зонах, а также восстановление прочностных характеристик таких зон с зарождающимися трещинами, есть опасность повреждения основного металла рамы за счет негативных процессов, которые могут иметь место во время сварки. В работе с использованием программ конечно-элементного анализа исследованы возможности уменьшения температурных перепадов, которые вызывают локальные напряжения, превышающие предел прочности материала и вызывают угрозу появления микротрещин.

The frame constructions of transport and technological machines perceive the static load and dynamic load as a result of that in the process of exploitation cracks and other damages on certain areas are appeared. By the problem of establishment of elements of strengthening in dangerous areas, and also proceeding in descriptions of durability of such areas with the engendered cracks, there is a danger of damage of parent metal frames due to negative processes, which can take place during welding. In-process with the use of the programs of certainly-element analysis the possibilities of reduction of temperature overfalls are investigated, that cause local tensions that exceed border of durability of material and cause the danger of appearance of microcracks.

Рамні конструкції транспортних та сільськогосподарських машин сприймають статичні та динамічні навантаження, внаслідок яких в процесі експлуатації на певних ділянках виникають тріщини та інші пошкодження.

Проблемою посилення небезпечних зон шляхом встановлення елементів підсилення, а також відновлення таких зон з зародженими тріщинами, є небезпека пошкодження основного металу рами за рахунок негативних процесів, які можуть мати місце під час зварювання. До таких негативних процесів відносять потужні теплові поля від зварювальної дуги, напруження та деформації, що виникають при цьому тощо. Потужні теплові поля можуть викликати у зоні термічного впливу перерозподіл хімічних елементів та рекристалізацію матеріалу рамної конструкції [1].

Метою роботи є дослідження зміни напружень та деформацій деталі під впливом температурного поля, що формується в деталі під час зварювання, а також вплив форми та розмірів накладок для підсилення на міцність конструкції.

Як приклад розглянуто раму автотранспорту, оснащеного маніпулятором з гідравлічним приводом. Крім основного службового призначення автомобіль може виконувати навантаження та розвантаження вантажів. Процес переміщення вантажу в кузов

або з нього спричиняє виникнення додаткових навантажень в певній області рами, що потребує врахування в її конструкції та підсилення. Не врахування цих додаткових навантажень викликає пошкодження тріщинами у зоні концентрації навантажень.

Оцінку напружено-деформованого стану рами виконували із застосуванням методу кінцевих елементів [2] з моделюванням стану конструкції в різних ситуаціях: в процесі підйому та повороту стріли гідроманіпулятора; при статичних випробуваннях автомобіля з масою вантажу (6,5 т) з додатковим навантаженням на повному вильоті стріли гідроманіпулятора; з урахуванням ослаблення конструкції лонжерона рами через наявність тріщини в зоні опори гідроманіпулятора; після заварювання тріщини; після встановлення накладки.

Розрахунки показали, що рама досліджуваного автомобіля після встановлення гідроманіпулятора використовувалась без достатнього запасу міцності. В результаті цього в окремих елементах з'єднань при статичних випробуваннях виникали напруження, що близькі до межі міцності сталі 09Г2С, з якої переважно виготовляються рами автомобілів такого типорозміру. Це призвело до часткового її розтріскування.

З використанням ЕОМ визначались площі поверхонь з різним ступенем напруженості. Встановлено, що площа поверхонь з напруженнями, що здатні викликати появу тріщин становлять лише 12% (рис. 1).

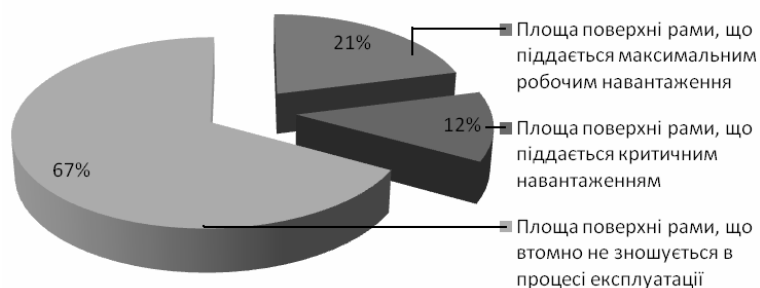


Рис. 1. Навантаженість робочих поверхонь рами автомобіля, що досліджується

З метою запобігання появи цих тріщин або їх ремонту доцільно використовувати методи заварювання тріщин, що утворились, з наступним встановленням спеціальних накладок для підсилення з обох сторін.

Монтаж накладок виконується шляхом накладання паралельних швів (рис.2). Проблемою, що виникає після їх приварювання, є залишкові напруження у зоні температурного впливу зварювальної дуги. Після проведення ремонтних робіт вони можуть призвести до повторного руйнування відновленої ділянки. Відомі різні способи зменшення залишкових напружень після зварювання: (термічна обробка, проклепування), проте як вони змінюються в залежності від технології приварювання і форми та розмірів накладок досліджено не повністю.

Важливе значення має взаємний вплив процесів накладання паралельних швів на залишкові напруження та деформації, а також вплив на них відстані між зварними швами b , яку обирали в межах від 5 до 30 мм.

Важливим результатом досліджень стало визначення температурних полів та характеру їх розповсюдження по об'єму деталі, швидкості охолодження деталі та взаємного

тепловпливу при виконанні паралельних швів, який формує зміну напружено-деформованого стану місця зварювання.

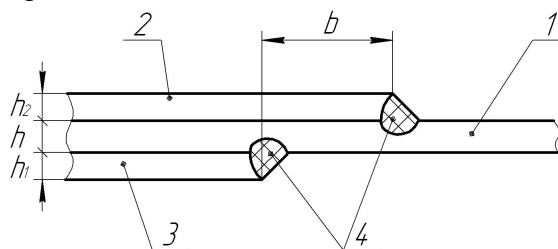


Рис. 2. Розташування зварних швів в місці підсилення:
1 - метал рами ; 2,3 - метал елементів підсилення ; 4 - зварний шов.

В процесі зварювання відбувається розповсюдження теплоти по всьому об'єму матеріалу деталі [3,4]. Це пояснюється значною тривалістю дії та потужністю джерела теплоти, якими є зварювальна дуга та ванна розплаву. Форма і розміри ізотерм є асиметричними і суттєво змінюються в залежності від сумарної товщини перерізу, відстані між зварними швами та часу, що проходить між проходженням зварної дуги через точки перетину довільно побудованої нормалі та осі зварних швів. За рахунок відносно невеликої відстані між зварними швами вони піддаються попередньому і супутньому підігріву, які у практиці вважаються одними з найбільш дієвих технологічних засобів, по зменшенню залишкових напружень і знижують вірогідність появи холодних тріщин [5]. Їх поява пов'язана з наявністю в конструкційних сталях цього класу таких легуючих елементів як марганець, хром, молібден та ін, що знижують температурний інтервал γ - α перетворення. Тому при зварюванні в металі зони термічного впливу зростає ймовірність утворення гартівних структур і знижується опірність утворенню холодних тріщин.

Визначено температури взаємопідігріву зварних швів при встановленні накладок для підсилення.

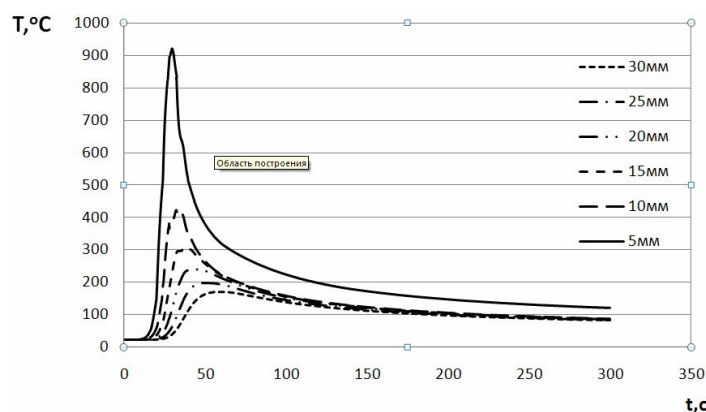
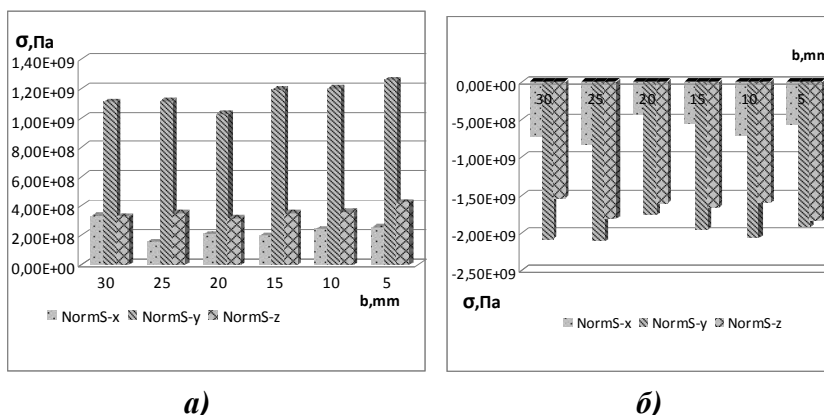


Рис. 3. Термограми зони підігріву

На графіку рис. 3 показано зміну величини підігріву зони накладання наступного шва в залежності від відстані b між ними (рис. 2). Температура підігріву обирається з врахуванням товщини стінки деталі h , температури навколишнього середовища $t_{\text{сер}}$ ступеню легування сталі $S_{\text{екв}}$ та типу покриття електрода, і у нашоу випадку повинна становити 150-200 °C [6]. Розраховано, що при тепловкладенні 20 Вт/мм² та швидкості зварювання 9 м/год дана умова забезпечується при виконанні зварних швів на відстані не більше 25 мм

Під впливом нерівномірного розповсюдження тепла по об'єму деталі виникають різні за величиною та знаком напруження σ , максимальні піки яких зображені на рисунку 4.



а) б)
**Рис. 4. Піки поточних напружень по осях x, y, z :
а) розтягу; б) стиску**

У випадку досягнення значень внутрішніх напружень в матеріалі вище границі текучості заготовка починає пластично деформуватися [7]. Зміна деформацій в залежності від відстані між зварними швами в результаті приварювання елементів підсилення зображені на рисунку 5.

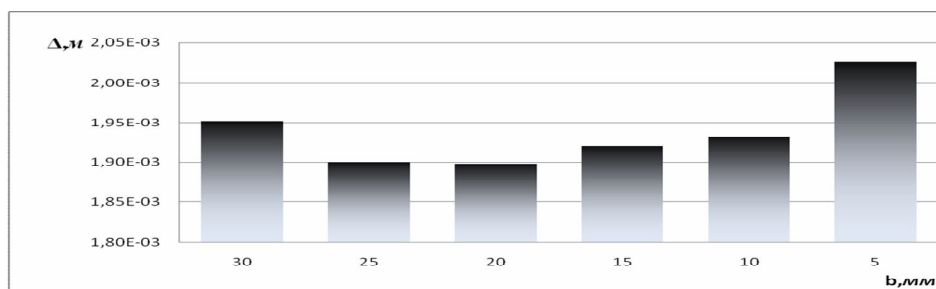


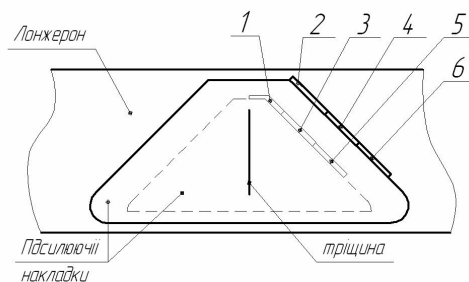
Рис. 5. Піки поточних деформацій

З рисунку 6 слідує, що оптимальна відстань між зварними швами з точки зору деформацій, яким піддається конструкція в процесі зварювання, становить 20 -25 мм.

На наступному етапі вирішувалась задача зменшення температурних перепадів, які спричиняють локальні теплові напруження, що перевищують границі міцності матеріалу і спричиняють загрозу появи мікротріщин. Цього можна досягти не тільки зменшенням рівня тепловкладення в деталь на етапах визначення режимів зварювання, а і вирівнюванням його по об'єму шляхом проектування відповідної послідовності накладання швів та за рахунок зміни форми і розмірів підсилюючих елементів. Дослідження показали найбільшу концентрацію напружень в місцях накладки з гострими кутами, тому їх пропонується округлювати. Для окремого випадку розроблено технологічний процес, що передбачає монтаж підсилюючих накладок швами які виконували по черзі у шаховому порядку на відстані 20мм (рис 6).

Початок та кінець зварювання проводили на поздовжніх ділянках профілю з меншою вірогідністю появи тріщин. За нашими розрахунками, з врахуванням вище викладених рекомендацій для забезпечення температури зони термічного впливу не менше 150 °С, шви виконувались з періодом 65 секунд. З цього періоду 35 секунд необхідно для зміни місця

зварювання, а 30 секунд залишалося на виконання певної ділянки шва. При цьому для швидкості зварювання 9м/год довжина ділянки шва буде становити 75мм.



**Рис. 6. Схема встановлення підсилюючих накладок:
1-6 – послідовність виконання зварних швів**

Висновки

На основі проведеного комплексного аналізу окремої конструкції доведено можливість та доцільність ремонту рамних конструкцій транспортних та сільськогосподарських машин пошкоджених наскрізними поперечними тріщинами.

З використанням розробленої моделі у середовищі програм кінцево-елементного аналізу встановлено, що відстань між зварними швами повинна визначатись в залежності від режимів зварювання та параметрів рамних конструкцій транспортних засобів. Для дослідженої конструкції рами це 20 мм.

Дослідження теплових процесів встановлення накладок на ушкоджених ділянках рами показало концентрацію напружень біля гострих кутів підсилюючих елементів. Встановлено, що найбільш ефективними з точки зору формування напружень та досягнення максимальної надійності є накладки із округленням гострих кутів. Для досліджуваної конструкції необхідний радіус округлення становить 20-25 мм.

Використання методики мінімізації напружень та деформацій на етапах розробки технологічного процесу ремонтного зварювання, що передбачає приварювання накладок короткими швами у шаховому порядку, забезпечило зниження на 15% поточних напружень і на 12% деформацій.

Використання викладеної технології з розрахованими режимами зварювання та розмірами накладок для підсилення дозволили успішно експлуатувати відновлені рамні конструкції машин в усіх режимах допустимих навантажень.

Література

1. Сагалевиц В. М. Стабильность сварных соединений и конструкций / В. М. Сагалевиц, В. Ф. Савельев. — М. : Машиностроение, 1986. — 264 с.
2. Иванов К. М. Метод конечных элементов в технологических задачах: уч. пособие / К. М. Иванов, В. С. Шевченко, Э. Е. Юргенсон. — СПб. : Изд-во ПИИМаш, 2000. — 224 с.
3. Рыкалин Н. Н. Расчеты тепловых процессов при сварке / Н. Н. Рыкалин. — М. : Машиностроение, 1951. — 296 с.
4. Кархин В. А. Тепловые основы сварки / В. А. Кархин. — Л. : Изд-во Ленинград. гос. ин-та, 1990. — 100 с.
5. Недосека А. Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций / А. Я. Недосека. — К. : Изд-во "ИНДПРОМ", 2001. — 815 с.
6. Василик А. В. Теплові розрахунки при зварюванні / А. В. Василик, Я. А. Дрогомирецький, Я. А. Криль. — Івано-Франківськ : Факел, 2004. — 209 с.
7. Пригоровский Н.И. Методы и средства определения полей деформаций и напряжений: Справочник / Н. И. Пригоровский. — М. : Машиностроение, 1983. — 248 с.