

По закордонним журналам

Реферати статей з журналу
«Welding in the World», №3, 2020 р.*

Норми при ремонті конструкцій із сталевих виробів. *Michail Karpenko, Holger Heinzl, Thore Broderson & Alan McClintock*, pp. 419–427

Інспекція є невід'ємною частиною системи контролю якості зварних виробів. Для сталевих конструкцій у Новій Зеландії зазначен тип та рівень перевірки, які ґрунтуються на підході з урахуванням ризику застосування стандартних стандартів виготовлення та зведення конструкційних металоконструкцій (AS / NZS 5131). Цей підхід перетворюється на відповідну цільову оцінку, яка забезпечує те, що виготовлення та зведення сталевих конструкцій ґрунтуються на раціональній оцінці ризику, з урахуванням важливості конструкції, заходів технічного обслуговування та інспекції, складності виготовлення та зведення. Вимоги до інспекції були розроблені з урахуванням найкращої міжнародної практики і забезпечують ефективний засіб для досягнення придатних металевих конструкцій. Хоча інспекція є важливим кроком у системі контролю якості зварних виробів, вона також додає значний фактор витрат. Визнаючи необхідність зменшення ризику в сейсмічному середовищі металургійної промисловості, Нова Зеландія створила схему сертифікації виготовлення сталі (SFC), яка вимагає, щоб виробники відповідали AS / NZS 5131, включаючи AS / NZS ISO 3834.2. Однак нинішні вимоги до інспекції не враховують зусилля виробника з управління якістю та досвід роботи. Мета цього дослідження полягала в тому, щоб вивчити швидкість ремонту зварного шва (також його називають коефіцієнтом невідповідності або коефіцієнт дефектів) в конструкціях зі сталі та встановити ключові параметри, що впливають на рівень якості зварних швів. Дослідження ґрунтується на даних 37 завершених конструкцій металургійного виробництва, наданих вісьмома новозеландськими виробниками металургійного виробництва. Він був доступний у формі звітів сторонніх інспекцій для всіх швів, які були перевірені в окремих проектах. Більш детальна інформація була надана про деталі проекту. Проекти, що охоплюються у цьому звіті, включають різні рівні розміру та складності. У цьому документі узагальнено результати дослідження та подано рекомендації подальшої дослідницької роботи щодо оптимізації вимог до інспекції на основі аналізу даних про дефекти з метою оптимізації інспекційних зусиль.

Виробництво з легкого алюмінієвого сплаву EN AW-7075. *Anika Langebeck, Annika Bohlen, Hannes Freisse & Frank Vollertsen*, pp. 429–436

Поряд з широко застосованими технологіями виготовлення деталей, процес виготовлен-

ня з застосуванням лазера (LMD), також відомий як осадження прямої енергії (DED), часто використовується для виготовлення великогабаритних деталей. Переваги процесу LMD – це висока швидкість накопичення, а також його майже необмежений об'єм нарощування. Для виготовлення великогабаритних деталей у легкій конструкції з високоміцного алюмінієвого сплаву EN AW-7075 процес LMD має недолік, який слід враховувати. Під час процесу алюмінієвий сплав плавиться і тому має високу розчинність у водні. Як тільки басейн розплаву знову кристалізується, водень не може вийти з розплаву і утворюються водневі пори, що послаблює механічні властивості виготовленої деталі. Щоб протистояти цьому недоліку, водень потрібно успішно тримати подалі від технологічної зони. Тому покриття технологічної зони екрануючим газом може бути покращено за допомогою додаткового екрануючого газового покриття. Крім того, параметри технологічного введення енергії на одиницю довжини, а також горизонтальне перекриття між двома окремими доріжками можна змінювати, щоб мінімізувати об'єм пор. Найкращих результатів можна досягти в одиночних доріжках із підвищеним введенням енергії на одиницю довжини від 3000 до 6000 Дж/см. Для виготовлення шарів мінімальне горизонтальне перекриття призведе до найменшого об'єму пор, хоча це призводить до дуже хвилястої поверхні, оскільки компроміс із малим об'ємом пор та майже рівною поверхнею забезпечується при горизонтальному перекритті від 30 до 37 % з об'ємом пор $0,95 \% \pm 0,50 \%$.

Дослідження виникнення різних режимів змочування при лазерній пайці оцинкованих сталевих листів. *Thorsten Mattulat, Helge Kügler & Frank Vollertsen*, pp. 449–456.

В автомобільній промисловості якість крайових лазерних паяних швів є вирішальним фактором для необхідності високих оптичних стандартів якості видимих для споживачів з'єднань деталей кузова автомобіля з оцинкованим покриттям. Тип оцинкованого покриття є визначальним для отриманої геометрії країв швів, які прагнуть бути прямими. Пайка гарячої оцинкованої сталі при звичайній установці пайки не призводить до того, що краї швів відповідають необхідній оптичній якості. У цьому дослідженні проаналізовано змочування мідного заповнювального дроту на електрогальванізованих та гаряче оцинкованих сталевих листах для підвищення розуміння впливу змочувальних фронтів на якість краю шва. Для цього визначаються змочувальні фронти на високошвидкісних зображеннях

камер, а отримані краї шва фіксуються мікроскопічними знімками. Результати показують, що обидва типи цинкових покриттів мають два основні режими змочування, але з різною ймовірністю виникнення: один із крутим фронтом змочування та випаровуванням цинку перед змочуванням (та «зволоження крутим кутом») та другий, де рідкий цинк з'єднується з мокнучим фронтом і створює плоский кут змочування («плоский кут змочування»). Встановлено, що якість краю шва в основному залежить від існуючого режиму змочування. Однак для «змочування плоским кутом», в режимі з недостатньою якістю крайових швів, виявляється самостабілізуючий ефект, що відповідає за відсутність вікна технологічного паяння для пайки гарячої оцинкованої сталі з достатньою якістю краю шва.

Локальна зміна ударної в'язкості в зварюваному з'єднанні. *Kangmyung Seo, Hoisoo Ryoo, Hee Jin Kim, Chul-gyu Park & Changhee Lee*, pp. 457–465.

Для виявлення мікроструктурних факторів, що спричиняють локальну крихкість зварного з'єднання з електрогазовим (EG), досліджено зварні з'єднання EG, вироблені тандемним способом EGW, використовуючи дві різні сталеві пластини типу: сталь з TiN (високий вміст азоту) та звичайна сталь EN 36. Експериментальні результати показали, що на відміну від звичайної сталі сталь з TiN демонструє велике розсіювання значень удару у ЗТВ, що обумовлено локалізованим огрубінням зерен в зоні, обмеженій дуже вузькою ділянкою за лінією плавлення. Крім того, в центрі металу зварного шва утворюється пучок паралельних стовпчастих зерен, що вирівнюються у вертикальному напрямку зварювання, внаслідок чого утворюються граничні феритні жилки зерна, вишикувані в тому ж напрямку. Крихка природа феритного зерна змушує тріщини легко поширюватися по цих жилах, викликаючи раптове падіння ударної в'язкості в центрі металевого шва EG.

Вплив тривалого впливу при 650 °С на мікроструктурні та повзучі характеристики з'єднань T92 / Super304H з різними швами. *Nandha Kumar E, G. D. Janaki Ram, K. Devakumaran & Ravi Sankar Kottada*, pp. 467–481.

Це дослідження повідомляє про вплив витримки при 650 °С на мікроструктурну еволюцію та повзучість термічно оброблених після зварювання різних зварних швів між сплавами T92 та Super304H. Різні зварні шви піддавались обробці тривалістю 24, 100, 250, 500 та 1000 год для дослідження термічної стійкості мікроструктури. Випробування на повзучість проводили при температурі 650 °С та 120 МПа без термічної обробки після зварювання та після 1000 год. Ізотермічне опромінення погіршило мікроструктуру T92-HAZ, що призвело до прискорення швидкості руйнування при повзучості. Крім того, спостерігалось прискорене відновлення мартенситних планок та великі опади фази Лавеса на карбідах M23C6, що

розташовувались на межі зерен під час деформації повзучості. Ізотермічна експозиція на Super304H-HAZ не показала суттєвих мікроструктурних змін, крім опадів товстих карбідів M23C6 на межах зерен. Ці помітні мікроструктурні зміни в HAZ T92 призводять до прискореного утворення пустот у ФГТАЗ і є причиною передчасного руйнування.

Вплив параметрів зварювання на мікроструктуру та механічні властивості фрикційно-зварених різних з'єднань сплаву AA6063 та поверхневого конічного сплаву AISI304L. *Senthil Murugan S, Noorul Haq A & Sathiya P*, pp. 483–499.

Механічне з'єднання між різними металами оскаржується через відмінності в їх властивостях. У даній роботі досліджено вплив фрикційного зварювання (FW) між AA6063 та AISI304L та вплив параметрів зварювання для отримання якісних з'єднань. Для цього дослідження були проведені різні експерименти з основними впливаючими параметрами, такими як тиск напруги (UP), час тертя (FT) та тиск тертя (FP). Випробування на розтяг, випробування на удар та розподіл мікротвердості вздовж зони зварного шва, зони впливу тепла (HAZ), основної зони зварного з'єднання були оцінені та результати порівняні. Дослідження мікроструктури, проведене за допомогою скануючої електронної мікроскопії (SEM), виявило зв'язок між двома різними металами. Аналіз фрактографії показав ямочний розрив. Міцність на розрив і пікове навантаження зростали зі збільшенням тиску тертя. Утворення інтерметалічних сполук на межі шва було підтверджено спектром EDX. Скорочення на плавці поверхні зразка SS304L скорочує час тертя, необхідне для міцних зварних з'єднань і підвищує властивості з'єднання. Оскільки не було проведено помітних досліджень щодо з'єднання між AA6063 та AISI304L з мінімальним робочим тиском через FW, цій роботі було приділено особливу увагу. Мінімальні параметри, необхідні для приєднання, також були зрозумілі в рамках цього дослідження.

Експериментальне та чисельне дослідження впливу гібридних параметрів лазера при зварюванні з частковим проникненням на тріщину твердіння в корені шва. *Nasim Bakir, Ömer Üstündağ, Andrey Gumenyuk & Michael Rethmeier*, pp. 501–511.

Метою даного дослідження є дослідження впливу параметрів лазерного гібридного зварювання на тріщини затвердіння в корені шва для зварювання з частковим проникненням. Зварювальні випробування проводились на високоміцних сталях з високою міцністю марки S690QL з однаковою критичною інтенсивністю, з різницею швидкості зварювання, швидкості подачі дроту та фокусного положення лазерного променя. Було встановлено, що швидкість зварювання має великий вплив на явище крекінгу твердіння. Зниження швидкості зварювання призводить до зменшення

кількості тріщин в корені зварного шва. Потужність дуги також має незначний вплив на тріщину затвердіння, тоді як зміна фокусного положення лазерного променя також демонструє неабиякий ефект. Крім того, було проведено чисельне моделювання для розуміння термомеханічної поведінки зварних швів за різними параметрами зварювання для сприяння інтерпретації результатів експериментів.

З'єднання перекриття алюмінію та міді з використанням лазерного мікрозварювання з просторовою модуляцією потужності. *S. Hollatz, P. Heinen, E. Limpert, A. Olowinsky & A. Gillner*, pp. 513–522.

Зростаючий попит на акумуляторні мобільні системи великої потужності вимагає підключення великої кількості комірок. Завдяки функціональності клітинної хімії необхідне поєднання міді та алюмінію. Різні властивості матеріалу, такі як теплопровідність, а також утворення інтерметалічних фаз є складними для зварювальних процесів. У цьому дослідженні містяться результати з'єднання міді та алюмінію, що перекриваються, за допомогою процесу лазерного зварювання з просторовою модуляцією потужності. За допомогою зміни параметрів форму поперечного перерізу зварних швів і, отже, відношення глибини до ширини можна регулювати. За допомогою додаткових поздовжніх перерізів та енергетично-дисперсійного рентгенівського спектроскопічного аналізу досліджується різна поведінка змішування різного матеріалу залежно від верхнього шару.

Вдосконалена мікроструктурна характеристика литого сплаву ATI 718Plus® – ефект термообробки для гомогенізації вторинних фаз та при відновленій зварювальній роботі. *Fabian Hanning, Abdul Khaliq Khan, Joel Andersson & Olanrewaju Ojo*, pp. 523–533.

Вплив основного металу на розтріскування зварних швів відлитого сплаву ATI 718Plus® досліджується шляхом порівняння термічних процесів гомогенізації протягом 4 та 24 год при температурі 1120, 1160 та 1190 °C. Скануюча електронна мікроскопія (SEM), рентгенівська дифракція (XRD) на електролітично екстрагованому порошку та трансмісійна електронна мікроскопія (TEM) використовувались для ідентифікації вторинних фаз, багатих Nb, у міжфазових областях, як фаза C14 Лавеса та тип Nb (Ti) MC карбіди. Всі термообробки гомогенізації розчиняють фазу Лавеса. Ремонтне зварювання було змодельовано лінійним канавним багатопрхідним ручним газоелектричним вольфрамовим зварюванням (GTAW). Фаза Лавеса в мікроструктурі призвела до зменшення загальної довжини тріщин. Ліквідація карбідів типу Nb (Ti) MC спостерігається як механізм ліквідації в мікроструктурі, що не містить фази Лавеса, тоді як утворення густої рідкої плівки за рахунок евтектичного плавлення Ла-

веса може зменшити утворення зварювальних тріщин у мікроструктурах, що містять фазу Лавеса.

Середня корекція напруги в конструкції втоми з урахуванням залишкової напруги при зварюванні. *Jonas Hensel*, pp. 535–544.

На втомну міцність зварених сталей впливають прикладене середнє навантаження і залишкове напруження поблизу зварного шва. Середня корекція напруги в конструктивних концепціях втоми, що застосовуються для зварних конструкцій, зазвичай розрізняє три суб'єктивні узагальнені залишкові напруги, «низьку, середню та високу» залишкові напруги при розтягуванні. Ця якісна обробка залишкової напруги призводить до неточної оцінки залишкових напружених ефектів, зокрема, при наявності залишкової напруги при стисненні або застосуванні високоміцних сталей. Завдання основного дослідження – підкреслити взаємодію середнього напруження навантаження з залишковим напруженням та запропонувати підхід для комбінованого «лікування» цих компонентів напруги в концепції номінальної напруги. Представлені та обговорені принципи середнього стресу та залишкового стресового впливу на втому. Крім того, підкреслюється роль релаксації залишкового стресу, а циклічно стабілізований локальний залишковий стрес поєднується із середньою напругою та ефективною середньою напругою. Для кількісної оцінки залишкових та середніх стресових ефектів введена концепція проектування втоми локальних меж витривалості та середнього ефективного напруження. Нарешті, ефективний підхід середнього напруження застосовується до поздовжніх жорсткостей, конструкцій, виготовлених з різних марок сталі, що містять різні умови залишкової напруги. Показано, як можна регулювати проектні криві *S-N* на основі кількісного ефективного середнього напруження. Нарешті, представлена вдосконалена концепція бонусного фактора, заснована на ефективній середній напрузі, яка дозволяє визначити середню корекцію напруги з урахуванням залишкового стресового стану.

Дослідження красвої втомної міцності високоміцних сталей при різних методах різання. *P. Diekhoff, J. Hensel, Th. Nitschke-Pagel & K. Dilger*, pp. 545–561.

Існує інтерес до ефективних легких конструкцій з високоміцних сталей. Різні процеси термічного різання часто застосовуються в металургійній промисловості. Крім зварювальних швів, вільні ріжучі кромки набувають технічної та економічної актуальності як місця для виникнення потенційних тріщин втоми. У цьому дослідженні було проведено випробування на втому на зразках товщиною 8 мм зі сталі S355M та S690Q при напруженості $R = 0,1$. Методами різання були кисневе, плазмове, лазерне та гідроструминне. Для

деяких серій застосовувались методи покращення якості, такі як луцення шліфування, шліфування та зменшення швидкості різання. Шорсткість поверхні вимірювали для класифікації зразків на групи якості відповідно до ISO 9013. Стан перерізу також характеризувався вимірюванням твердості та залишкового напруження. Дослідження показує, що всі випробувані серії перевищують клас FAT100 і можуть бути класифіковані у FAT125. Зразки варіювали в групі якості 2 ISO 9013 відповідно до шорсткості, яка досягає FAT140 незалежно від технології різання чи матеріалу. Відповідно до ISO 9013, більшість зразків класифіковані у групу якості 2 та групу 3. Результати міцності втомлення значно відрізняються в одній групі якості. Прогнозувати не можна. ISO 9013 має слабкий зв'язок із міцністю на втому. Методи поліпшення якості мають істотний вплив на силу втоми і можуть її підвищити. Завдяки зниженій швидкості різання також зменшується шорсткість. Це призводить до збільшення втомної сили у всіх випробуваних серіях цього дослідження. Для того, щоб зробити прогноз продуктивності втомлення, слід уточнити стандарт і врахувати процес різання, а також міцність сталі.

Індукційне паяння металокераміки до сталевих та вихрових випробувань якості суглобів. *Andres Laansoo, Jakob Kübarsepp, Andrei Surženkov, Raul Land, Olev Märtens & Mart Viljus*, pp. 563–571.

Основною метою дослідження було продемонструвати доцільність індукційного паяння металокерамік на основі TiC із зв'язуючими Fe- та Ni-сплаву в атмосфері навколишнього середовища. Вторинною метою було дослідити можливість використання інноваційного швидкого неруйнівного методу безконтактного тестування, заснованого на вимірюванні вихрового струму для оцінювання якості суглобів. Застосовували металеві наповнювачі на основі Ag- та Cu та відповідні флюси, розроблені для пайки цементованих карбідів (WC-Co) до сталі. Результати мікроструктурного дослідження та випробування на міцність на зсув дозволили зробити висновок, що металокераміка на основі TiC (TiC-FeCr і TiC-NiMo) можуть

бути успішно паяні в атмосфері навколишнього середовища, використовуючи метали наповнювачів і флюси, розроблені для цементованих карбідів на основі WC. Міцність на зсув стиків понад 200 МПа може бути досягнута. За аналогічних умов пайки, з'єднання TiC-FeCr – сталь вигідно порівняно зі з'єднаннями TiC-NiMo – сталь за міцністю на зсув. Міцність на зсув металочерепиці (сталь – TiC), паяні металевим наповнювачем на основі срібла (Ag449), незначно збільшується (~ 13%) після тривалого нагрівання при підвищеній температурі (250 °C).

Було встановлено, що випробування на вихровий струм є перспективним для швидкої оцінки якості паяних з'єднань з однаковими розмірами та хімічним складом багатопарових конструкцій. Диференціація результатів вимірювань найкраща на частотах у діапазоні 10...100 кГц.

Поведінка повзучості та руйнування зварного шва з'єднань сталі СВ2 після тривалого відпалення. *Stan T. Mandziej & Anna Vyrostkova*, pp. 573–590.

Сталь СВ2 для товстих виливків була розроблена та досліджена в рамках заходів ЄС з розробки та впровадження COST-522 та COST-536 для роботи в надкритичних умовах магістральних паропроводів. Сталь виявляє втрату ударної міцності та твердості після тривалого відпалу, а також міцності та терміну експлуатації при випробуванні на повзучість після довгого відпалу. Найбільш помітне зменшення властивостей виявляється в зонах ураження теплом зварних швів під час випробувань на повзучість. Відмінність мікроструктури основного металу (ВМ) та зони ураження теплом зварного шва (НАЗ) вивчали у початковому стані та після тривалого відпалу (старіння протягом 10 та 30 год при 625 °C) з подальшим випробуванням на повзучість. Початкова мікроструктура СВ2 в литті неоднорідна, а термічний цикл зварювання викликає додаткове розділення фаз у міжкритичній області. Спостереження показали появу у НАЗ великих феритових зерен між компактними колоніями карбідів, що пов'язано зі зниженням сили повзучості та терміну служби в НАЗ.

XIX МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ – 2020
МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ

24-27 листопада

ОРГАНІЗАТОР:
Міжнародний виставковий центр

Генеральний інформаційний партнер: **Центр**
Експлуатаційний медіа партнер: **ГОЛОВНОГО ІНЖЕНЕРА**

Технічний партнер: **Тех**

Міжнародний виставковий центр
Україна, 02002, Київ
Броварський пр-т, 15
"Лісобережжя"
(044) 201-11-55, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: alexk@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.meu.ukr
www.tech-expo.com.ua

XII Міжнародна спеціалізована виставка

КИЇВСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ЯРМАРОК

МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР
Україна, м. Київ, Броварський пр-т, 15
тел.: (044) 201-11-55, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: alexk@iec-expo.com.ua, plast@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.tech-expo.com.ua

24-27 листопада 2020

Інформаційний партнер: **Центр**
Експлуатаційний медіа партнер: **ГОЛОВНОГО ІНЖЕНЕРА**
Технічний партнер: **Тех**