

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Ремонт машин і ТММ

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Технологія ремонтних робіт
кранових металоконструкцій

Виконав: студент 6 курсу, групи М-313м
спеціальності (напряму підготовки)

133 Технологія машинобудування

(код / назва напряму підготовки, спеціальності)

Михайлов А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Войтов Т.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя

2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний, машинобудівний
Кафедра ДМТ ПТМ
Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) Магістр
Спеціальність 133 Технологія машинобудування
(код і назва)
Напрямок підготовки Технологія машинобудування, зокладання, будівельний, металургійний
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Машинобудівний

Сергей Максимович
"18" 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Тохов Андрій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Технологія ремонтних робіт
кранових металоконструкцій

керівник проекту (роботи) Войков Т.П., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "7" 11 2018 року № 334

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 13.12.18р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) кранова металоконструкція,
заклад діаметричних з'єднань кранових метало-
конструкцій

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз проблеми ремонту кранових металоконструкцій

2. Визначення і ремонт кранових металоконструкцій

3. Визначення дефектів зварювання

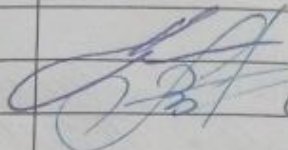
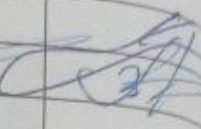
4. Методи боротьби з дефектами у зварних з'єднаннях

5. Схеми ремонтних робіт

6. Охорона праці та безпека у незвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Титул: 1, 2 - Основні пошкодження кранових металокон-
струкцій, 3 - Визначення дефектів зварювання, 4 - Технологія
зварних швів кранових металоконструкцій, 5 - Ремонт крано-
вих металоконструкцій.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконання завдання
6 1-5	Нестеров О.В., к.т.н., доцент Войков Т.Т., к.т.н., доцент		

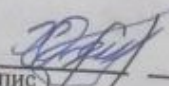
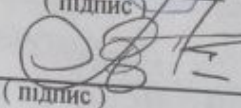
7. Дата видачі завдання 03.09.18р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Збір інформації по темі завдання	10.09.18	
2	Аналіз з вироблення збіркою інформації	17.09.18	
3	Робота з науковою інформацією	24.09.18	
4	Робота з конструкторським на керівника проекту	15.10.18	
5	Написання пояснювальної записки	8.11.18	
6	Вироблення графічної частини	26.11.18	
7	Затвердження роботи у керівника конструктора	7.12.18	

Студент

Керівник проекту (роботи)

 (підпис)
 (підпис)
 Хохлов А.С. (прізвище та ініціали)
 Войков Т.Т. (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

МР: 78 сторінок, 6 таблиць, 44 малюнків, 24 найменувань літератури.

Графічна частина містить у собі 5 плакатів формату А1.

Метою магістерської роботи було дослідження специфіки проблеми ремонту кранових металоконструкцій. Були проведені дослідження пошкоджуваності елементів кранових металоконструкцій, ремонтного процесу, а також проведений експеримент над ремонтними зварними швами.

Ключові слова: РЕМОНТ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ, ДЕФЕКТИ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ, ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ, ДІАГНОСТИКА ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ, ДЕФЕКТИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ.

ЗМІСТ

Завдання.....	2
Реферат.....	3
Вступ.....	5
1 Аналіз проблеми ремонту кранових металоконструкцій.....	7
1.1 Статистична характеристика пошкоджуваності елементів.....	7
1.2 Класифікація дефектів елементів кранових металоконструкцій.....	10
1.3 Причини виникнення дефектів і пошкоджень кранових металоконструкцій.....	19
2 Діагностика і ремонт кранових металоконструкцій.....	21
2.1 Діагностика пошкоджень металоконструкцій кранів.....	21
2.2 Дефекти зварних з'єднань.....	22
2.2.1 Тріщини.....	24
2.2.2 Неметалічні включення.....	30
2.2.3 Пори.....	31
2.2.4 Шлакові і металеві включення.....	36
2.2.5 Дефекти форми шва.....	37
3 Діагностика дефектів зварювання.....	46
3.1 Методи виявлення і оцінки дефектів зварювання.....	46
4 Методи боротьби з дефектами у зварних з'єднаннях.....	53
4.1 Заходи по зменшенню виникнення тріщин.....	53
4.2 Заходи по усуненню неметалічних включень.....	58
4.3 Заходи для зменшення пористості зварних швів.....	59
4.4 Заходи по усуненню дефектів форми шва.....	60
5 Експериментальна частина.....	64
Висновки.....	68
6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	69
6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	69
6.2 Заходи забезпечення техніки безпеки.....	70
6.3 Заходи забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	73
6.4 Заходи забезпечення пожежної безпеки.....	74
6.5 Заходи по безпеці у надзвичайних ситуаціях.....	75
Перелік посилань.....	77

ВСТУП

Вантажопідйомні крани мають значні терміни експлуатації і вірогідність руйнувань металоконструкцій збільшується у міру закінчення цих термінів. За часів СРСР нормою безпечної експлуатації вважався термін в 12-20 років. Сьогодні цей показник виріс до 30 років.

Не завжди є можливість придбати крани що відповідають вимогам технологічного процесу. Тому доводиться модернізувати наявні крани безпосередньо у виробничих умовах. При цьому з року в рік підвищуються вимоги до якості, надійності, продуктивності та довговічності роботи машин, тому в деяких випадках існуючі методи ремонту кранів застаріли і не відповідають вимогам сучасності. У них, зокрема, не відображені практичні питання. Велике значення отримали методи розрахунків кранів, що дозволяють визначати терміни роботи деталей залежно від дійсних режимів роботи, тривалості робочих циклів і завантаженості механізмів. Ці розрахунки можна проводити лише за умови знання зовнішніх навантажень на крани з урахуванням динамічних явищ, що виникають в них в процесі експлуатації. До цих методів слід віднести розрахунки на міцність, довговічність і гарантований термін служби деталей кранів.

Металоконструкції кранів є найбільш відповідальним вузлом, і аварії можуть привести до серйозних наслідків і можливих людських жертв. Руйнування МК кранів є досить розповсюдженим явищем. Для підтримки в справному стані металоконструкцій потрібен обов'язковий періодичний огляд, своєчасне усунення будь-яких руйнувань і вживання заходів по посиленню зруйнованих вузлів.

Ремонт крана – це важлива, актуальна і економічно вигідна операція. Інтенсифікація виробничих процесів в різних галузях промисловості підвищила вимоги до кранів. Часті простої кранів стали неприпустимими. Зупинка крана може привести до матеріальних втрат, паралізації роботи цеху і можливо всього підприємства. Своєчасний ремонт і модернізація обладнання крана багато в чому залежать від правильної організації і технології ремонту. Більшість підприємств проводять ремонт і модернізацію устаткування крана своїми силами.

Мета ремонту – довести надійність до рівня, якою володіє нова металоконструкція. При ремонті крана відновлюються механічні властивості металоконструкції, ліквідується фізичне зношування. Ремонт вважається вдалим, якщо ресурс відремонтованої машини відновлюється до 80% номінального. При виконанні ремонту часто проводять модернізацію крана. Устаткування крана має істотне значення для механізації підйомно-транспортних операцій в різних галузях. Крани виконують різноманітні операції при монтажі і збірці унікального обладнання і машин, а також в технологічних процесах металургійної промисловості. Оскільки на підприємствах країни працює декілька тисяч кранів, то питання ремонту і модернізації їх є досить актуальним. Порівняно простий метод визначення

економічної ефективності проведення модернізації крана дозволяє встановити необхідність і доцільність виконання даної роботи і знаходить найбільш вигідний варіант.

Основною метою є опис найбільш характерних руйнувань металоконструкцій кранів і способів усунення цих руйнувань. Виконання технічної документації на ремонт металоконструкції крана є складним і відповідальним завданням. Це завдання ускладнюється тим, що практично відсутня література яка містить рекомендації по ремонту конкретного випадку ушкодження. Часто дуже важко встановити причини та характер руйнувань, а відсутність креслень металоконструкції ускладнює прийняття рішень. На багатьох підприємствах України і країн СНД існує ряд унікальних ремонтів, але вони неоднозначні. Ефективність приведених способів перевірена тривалою експлуатацією кранів після ремонту. Тому слід провести вибір доцільнішого виду ремонту.

1 Аналіз проблеми ремонту кранових металоконструкцій

1.1 Статистична характеристика пошкоджуваності елементів

Аварії кранів

Аварії металоконструкцій кранів дають фактичний матеріал про дійсну роботу металоконструкцій і окремих елементів. Систематизація і аналіз аварій дозволяють оцінити ймовірність їх виникнення на протязі терміну служби крану.

Число аварій мостових кранів за період експлуатації наступне:

Таблиця 1.1 – аварії мостових кранів

Тип головних балок	Фермові	Коробчасті
Прогин, м	28 - 32	
Час експлуатації до аварії, роки:		
0 - 4	-	3
5 - 8	-	1
9 - 12	3	1
13 – 16	-	-
17 – 20	2	-
21 – 24	3	-
більше 24	4	-
Разом	12	5-

Найбільша ймовірність виникнення аварій залежить від типу металоконструкцій. Для суцільностінчатих (коробчастих) найбільша ймовірність відноситься до до періоду до 10 років і, головним чином, до перших років експлуатації. В початковому періоді в суцільностінчатих металоконструкціях найбільш різко проявляється вплив грубих конструктивних недоліків в поєднанні з залишковими напруженнями. При експлуатації залишкові напруження знижуються і в результаті порівняно низького коефіцієнта концентрації суцільностінчатих металоконструкцій накопичення пошкоджень в них відбувається повільніше, ніж у фермових. В свою чергу для ферм найбільша ймовірність аварії настає після 17 – 20 років експлуатації. Примітно, що аварії характерні для кранів великих прогонів (більше 25 м).

Виникнення аварії залежить також від пори року. Основне число їх припадає на три зимові місяці: грудень, січень, лютий (72 %). Потім наступні березень, квітень, травень (17 %). Підвищена аварійність в зазначений час закономірна. Вона викликана не тільки зниженням температури (більшість кранів експлуатуються в приміщеннях), але також інтенсивною експлуатацією кранів в кінці року. Вказані вище умови являються сприятливими для утворення тріщин при незадовільному нагляді за станом

металоконструкцій. Тріщини що з'явилися, продовжують розвиватися до руйнування.

Причинами аварій мостових кранів являється низька якість металу, дефекти виготовлення і ремонту, конструктивні недоробки. Зазначені причини доповнюються несприятливими умовами експлуатації: наявністю змінних навантажень, зниженою температурою і т. п. число аварій мостових кранів і їх причини наступні:

Таблиця 1.2 – причини аварій мостових кранів

Причини аварій мостових кранів:	Число аварій	% від загального числа аварій
незадовільна якість металу	10	30
незадовільна якість виготовлення	5	15
наявність втомних тріщин	12	37
крихке руйнування	4	12
недоліки проектування	2	6
разом	33	100

Число причин перевищує число аварій у зв'язку з одночасним впливом на руйнування.

Таким чином, найбільш розповсюдженими причинами аварій мостових кранів являються: невиявлені своєчасно втомні тріщини і погана якість металу. Важливою умовою запобігання аварії є проведення регулярних оглядів металоконструкцій, особливо в періоди найбільшого їх завантаження.

Причини аварій козових кранів наступні:

Таблиця 1.3 – причини аварій козових кранів

незадовільна якість металу	Число аварій	% від загального числа аварій
незадовільна якість металу	1	10
незадовільна якість ремонту і наявність тріщин	2	20
крихке руйнування	1	10
дія вітру	5	50

Найбільше число аварій козових кранів відбувається внаслідок викрадення крана поривом вітру і удару його об тупики. Швидкість вітру, при якій спостерігається викрадення кранів, коливається в межах 18 – 20 м/с.

Дефекти і пошкодження

Аналіз результатів обстеження великої кількості металоконструкцій мостових кранів дозволили встановити кількісні і часові залежності виникнення дефектів в найбільш напружених елементах. Кількість дефектів за місцем виникнення в суцільностінчатих (коробчастого перетину) металоконструкціях і фермових наступні:

Таблиця 1.4 – кількість дефектів за місцем виникнення

Найменування елемента (вузла) мостових кранів	Головні балки	Кінцеві балки	Стінки головної балки	Головна і допоміжна ферми
Термін експлуатації до появи дефекта, роки:				
0 - 5	1	8	1	2
5 – 10	14	43	10	4
10 – 15	23	27	3	3
15 – 20	14	24	10	5
20 – 25	6	21	-	11
Більше 25	2	14	-	26

Найбільше число дефектів припадає на кінцеві балки (62 %) в місцях кріплення кутових букс. Переважно пошкодження проявляються після п'яти років експлуатації, досягаючи максимального числа до десяти років експлуатації. Потім число дефектів зменшується. Однак, число дефектів складає 51 % від загального числа дефектів в кінцевих балках за період експлуатації від 5 до 15 років. Характерним є повторне виникнення дефектів після їх ремонту (перекриття тріщин накладками або заварювання їх).крім того, руйнування кінцевої балки в місці кріплення однієї букси тягне за собою пошкодження в інших. Практично ремонт балок перетворюється в безперервний процес.

В якості прикладу наведемо результати нагляду за роботою 41 мостового крану загального призначення. Крани виготовлені в 1960 – 1963 роках і встановлені в великому цеху для обслуговування безперервного виробництва. Маса вантажу, що піднімається складає 0,5 – 0,8 від номінальної вантажопідйомності. Аналіз показав, що із 41 крану тріщини виникли в кінцевих балках у 28 кранів. Після усунення дефектів в 20 із вказаних кранів з'явилися повторні тріщини, які утворювалися через кожний рік, а на окремих кранах по кілька разів на рік. За 6 років було проведено 59 ремонтів, не рахуючи первинних.

Дефекти головних балок спостерігаються впродовж експлуатації крану від 10 до 15 років. Вони менш численні, ніж у кінцевих балок, але складають значне число (27 %). Стінки головних балок в місцях кріплення до них різних елементів (кронштейни, площадки) схильні до руйнування на протязі двох періодів часу. Перший період складає 5 – 10 років експлуатації, а другий 15 – 20 років.

Для мосту в цілому дефекти носять масовий характер (74 %) на протязі 15 років експлуатації, починаючи з 5 років і закінчуючи 20 роками.

Дефекти фермових металоконструкцій з часом свого виникнення проявляються в більш пізній період експлуатації. Найбільше число дефектів спостерігається після 20 років експлуатації крану. Взаємозв'язок між дефектами і аваріями наступний. Періоду появи найбільшого число дефектів відповідає найбільша ймовірність аварій:

- для суцільностінчатих металоконструкцій період аварій від 5 до 10 років;
- для фермових – від 20 і більше років

1.2 Класифікація дефектів елементів кранових металоконструкцій

Дефекти і пошкодження металоконструкцій кранів доцільно класифікувати за приналежністю їх до основному несучому елементу та місцю безпосереднього виникнення. Характерні дефекти елементів кранів мостового і козлового типів: кінцеві балки, головні балки, ферми прогінних будов, зварних і клепаних вантажних візків.

Кінцеві балки

Мостові крани, що знаходяться в даний час в експлуатації, по конструктивному виконанню мають два види кінцевих балок: з висотою перетину що змінюється різко (рис. 1, а, б, в) і з постійною висотою перетину (рис. 1, г). Балки першого виду використані на всіх кранах старого і нового випусків. Балки другого виду застосовані переважно на кранах виготовлених до 1940 р. в останній час на кранах іноземного виробництва все частіше застосовують балки з постійною висотою перетину. Вітчизняні кранобудівельні заводи кінцеві балки першого виду випускають декількох модифікацій (рис. 1). Відрізняються балки цих модифікацій кутом нахилу перехідної частини (кут нахилу 90° і 135° - для модифікацій I; II), а також наявністю додаткових елементів жорсткості (модифікація III).

Основними дефектами кінцевих балок є численні тріщини, що з'являються в містах кріплення кутових букс. Утворення тріщин в залежності від модифікації конструкції строго локалізовано певними осередками. На рис. 2 належність тріщини певному осередку позначена арабською цифрою. Перший осередок – зварний шов з'єднання вертикальної стінки з нижнім поясом (платиком) в зоні зміни висоти поперечного перерізу балки. Тріщини 1 виникають в криволінійній частині переходу від меншого перерізу до більшого. Дуже часто тріщини зі зварного шва поширюються на основний метал.

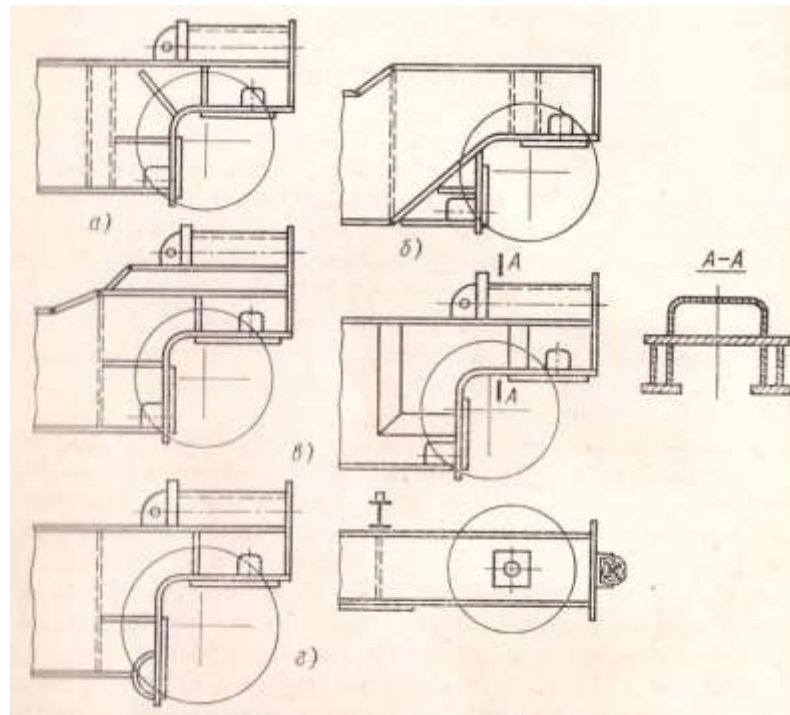


Рис. 1.1. Конструкція кінцевих балок:

а – модифікації I; *б* - модифікації II; *в* – з додатковими елементами жорсткості модифікації III; *г* - з постійною висотою перетину

Другий осередок – вхідні кути вирізів. В вертикальних стінках такого роду осередком являються вирізи під болтові з'єднання букс (рис.2). Тріщини 2 формуються в кутах вирізів, вражаючи потім основний метал стінки. В кінцевих балках модифікації III (рис. 3, б) тріщини починаються від вхідного кута вирізу і поширюються на зварний шов кріплення підсилюючої коробки. Тріщини 2 також являються осередком руйнування шва в криволінійній частині балки. На деяких кранах малої вантажопідйомності (5 – 10 т)

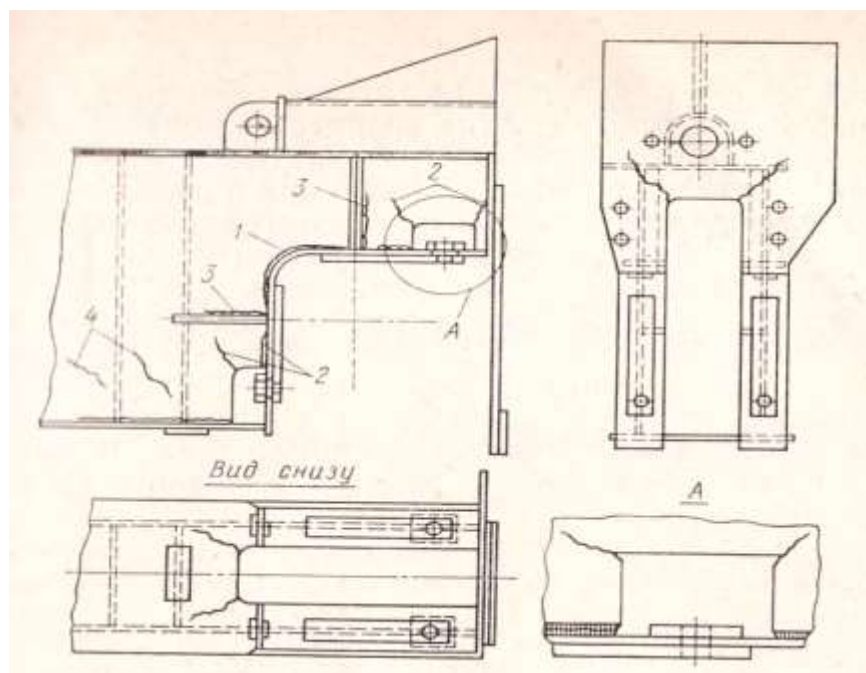


Рис. 1.2. Осередки руйнувань кінцевих балок модифікації I

виріз в нижній частині балки окантовують кільцем (див. рис. 3, в і 5, *a*). В цих вирізах відбувається руйнування кільця по основному металу або виникають тріщини в зварних швах з'єднання кільця з нижнім поясом і вертикальною його частиною (рис. 5, *a*). В кутах вирізів нижнього поясу і торцевого листа балки (див. рис. 4) також виникають тріщини.

Третій осередок – ребра жорсткості, що підкріплюють стінку. Руйнування починається з утворення тріщини 3 за звичай в місцях приварки кромки ребра до поясу. Потім тріщина поширюється на зварний шов з'єднання стінки з поясом і на основний метал. В більшості випадків ребра жорсткості є осередками початку руйнування балки.

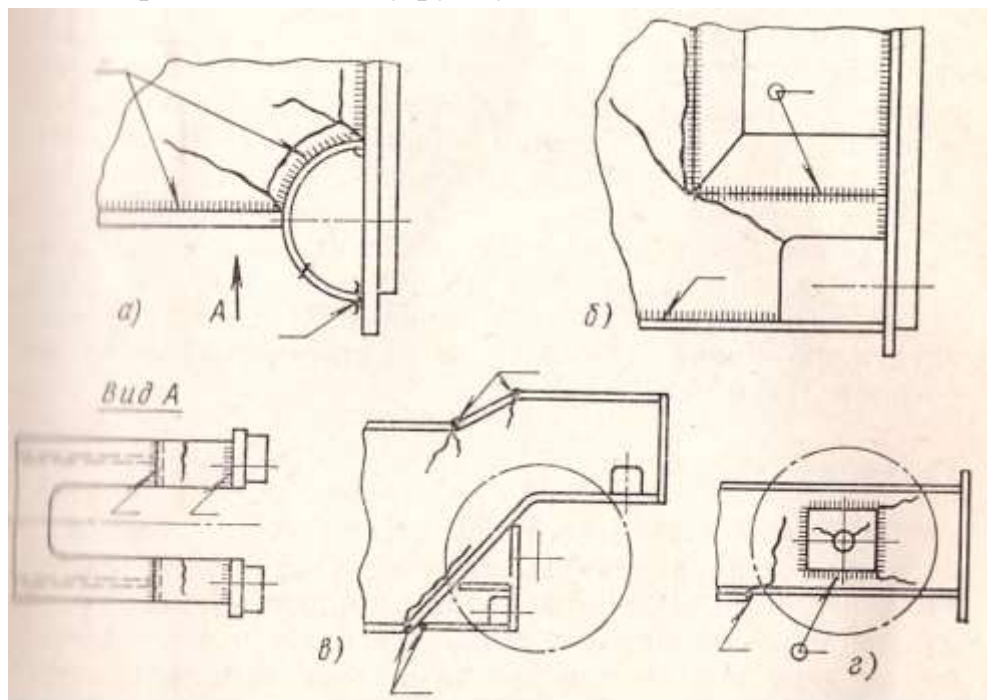


Рис. 1.3. Руйнування кінцевих балок різних модифікацій:

a – руйнування підкріплення нижнього вирізу під болтове кріплення;
б – поширення тріщини на підкріплюючий елемент; *в* – осередок руйнування балок модифікації II; *г* – осередок тріщини в балці з постійним перерізом

Четвертий осередок – тріщини 4 в основному металі вертикальної стінки. Тріщини виникають в стінці на відстані 100 – 150 мм від вертикального поясу в місцях встановлення діафрагм. В балках модифікації II найбільш схильними до руйнування являються кути переходу (рис. 3, *г*).

Розглянутим дефектам, незалежно від міста їх виникнення, властиві загальні риси. По-перше, всі описані тріщини в основному бувають наскрізними і усунення їх такими методами, як оброблення і подальша заварка, не дають позитивного ефекту. По-друге, виникнення тріщин не тягне за собою раптового руйнування всієї балки, дякуючи чому експлуатація крана може продовжуватися деякий час до проведення ремонту.

Головні балки

Пошкодження верхнього поясу коробчастих балок в процесі експлуатації характерні тільки для кранів важкого режиму роботи, коли вага вантажу, що піднімається, близька до номінального. Найбільше схильні до руйнування пояс під стиком рейки і його вільні кромки (рис. 4). В зоні стиків тріщини з'являються в місцях приварки елементів, що кріплять рейку («півники»), і поширюються на всі перерізи поясу. Другими осередками утворення тріщин являються місця приварки до поясу різних елементів. У відмінності від вказаних випадків тріщини з'являються на вільних кромках поясу не тільки в результаті тривалої експлуатації, але і до монтажу крана при транспортуванні і зберіганні балки.

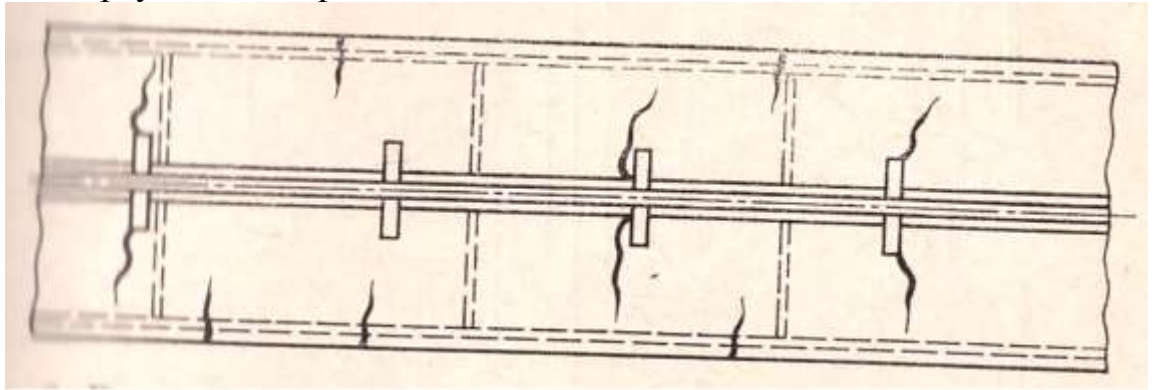


Рис. 1.4. Руйнування верхнього поясу

В нижньому поясі основним осередком руйнування являється місце зміни висоти балки в безпосередній близькості від опорного вузла кріплення. Тріщини утворюються в зварному шві з'єднання поясу зі стінкою в місці перегину поясу і поширюються на основний метал. Спочатку направлення тріщини перпендикулярно поясу, а потім на відстані 100 – 150 мм від поясу вона розгалужується (рис. 5). Одна із тріщин продовжує розвиватися вертикально, друга – похило під кутом до горизонталі близько 45° . Можливі випадки. Коли тріщина переходить від зварного шва в основний метал нижнього поясу.

Вертикальні стінки руйнуються внаслідок приварки до них різних елементів. Тріщини виникають часто в місцях приварки у кронштейнів, що підтримують робочі площадки (рис. 6), особливо в кронштейнах, встановлених під механізмами пересування, електрообладнання. Тріщини з'являються в стінці в безпосередній близькості від зварного шва кріплення кронштейна. Далі вони поширюються в горизонтальному напрямку, чому сприяють поздовжні шви кріплення настилу до стінки. Тріщини можуть досягати значних розмірів (до 500 мм). При русі моста крану, внаслідок коливань площадки, спостерігається розкриття тріщини.

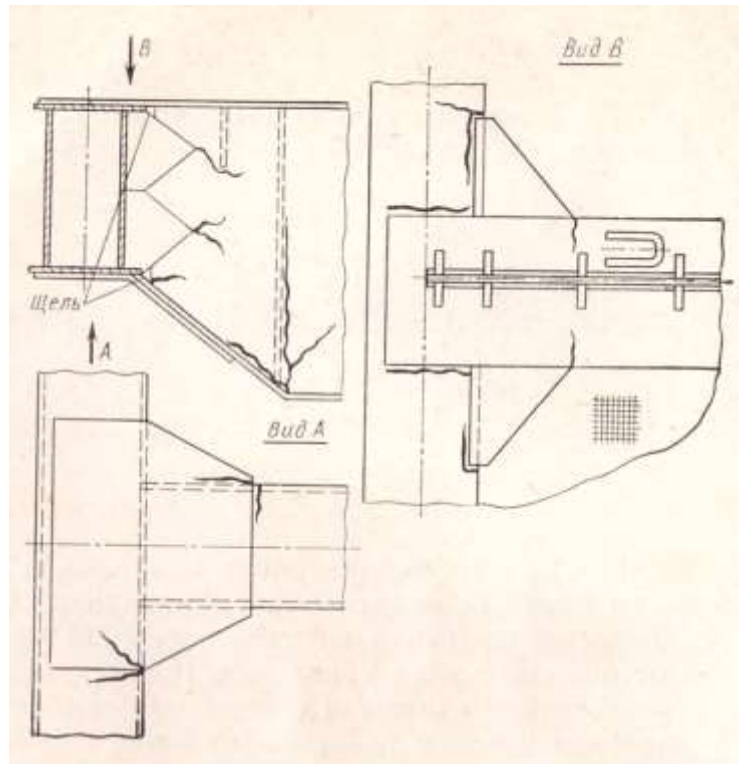


Рис. 1.5. Руйнування вузла з'єднання головної і кінцевої балки

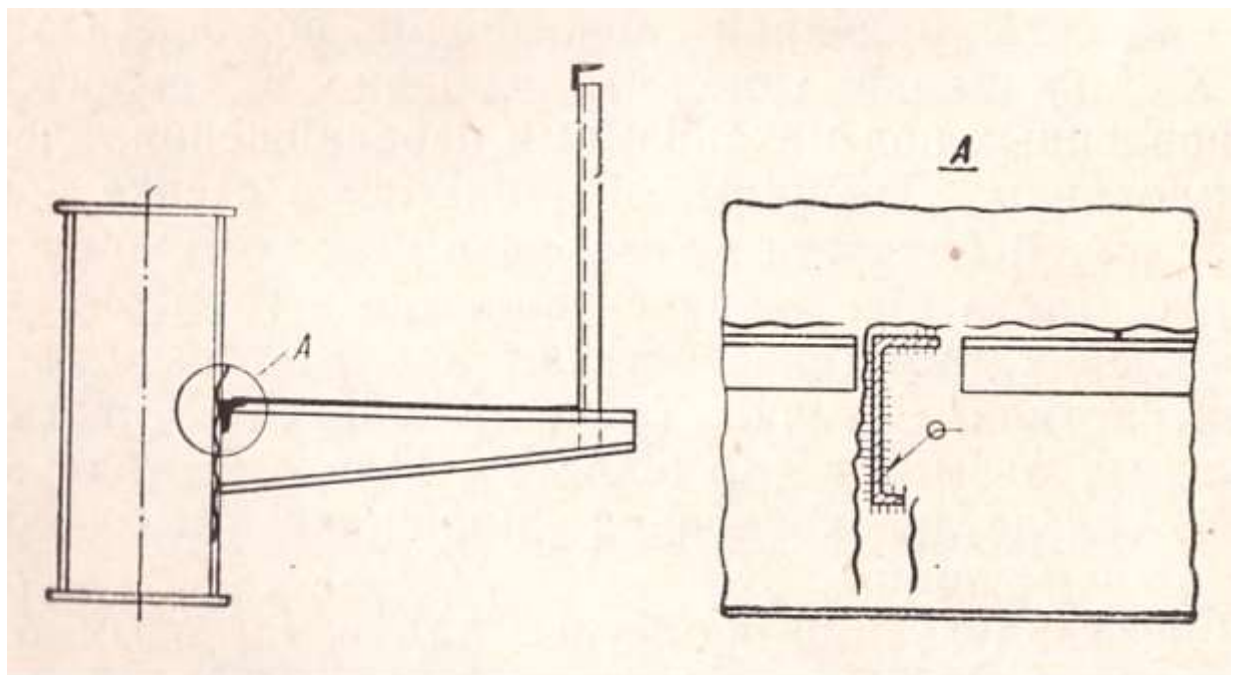


Рис. 1.6. Руйнування стінок в місцях кріплення кронштейнів

При експлуатації прогонові балки мостових кранів постійно деформуються в вертикальній площині. На початковій стадії деформація проявляється в зменшенні будівельного підйому аж до його зникнення. В подальшому балка набуває (без навантаження), так званого негативного або основного прогину, який постійно збільшується. Розглянемо, в якій послідовності відбувається деформація. В перший період безперервне збільшення прогину балки відбувається за певним законом. Потім

наростання прогину балки сповільнюється, після чого різко збільшуються деформації, що ведуть до аварійного стану металокопструкції.

Статичні випробування кранів вказують на пружну роботу балок при наявності значного початкового прогину. Збільшення прогину супроводжується зростанням часу загасання вертикальних коливань балок і втрат місцевої стійкості листів вертикальних стінок. При більших значеннях прогину відбувається мимовільне скочування візка. Утворення прогину характерно для всіх прогонових балок, але інтенсивність збільшення його в кожному конкретному випадку буде різна. На рис. 7, а показано зміну будівельного підйому зварних коробчастих балок кранів (з крюковою підвіскою) загального призначення в залежності від часу експлуатації.

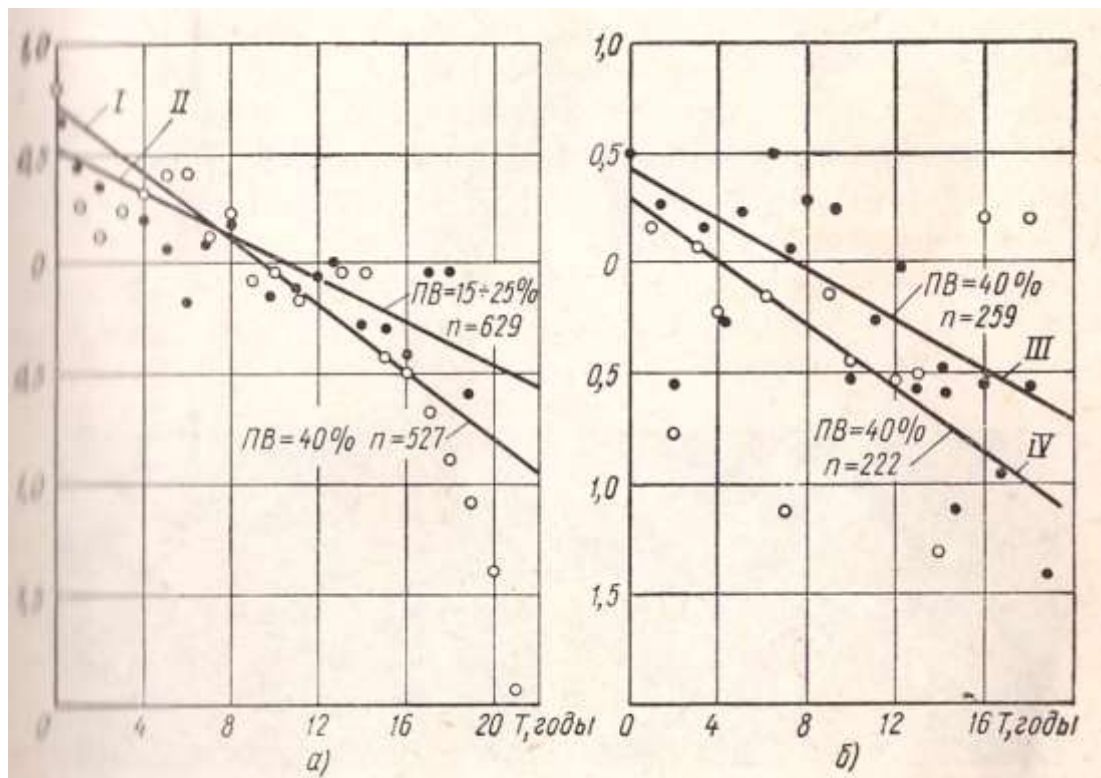


Рис. 1.7. Зміна будівельного підйому в залежності від часу експлуатації головних балок коробчастого перерізу:

I, II - крюкові крани загального призначення; III, IV – відповідно магнітні крани і магнітно-грейферні

Найбільш інтенсивно зростає прогин балок кранів, що працюють у важкому режимі. На рис. 7, б показано зміну прогину для балок фермових металокопструкцій. Для клепаних балок зростання прогину припиняється після 12-15 років експлуатації крану.

Тривалі спостереження за поведінкою великого числа кранів дозволили встановити аналітичну залежність вертикального прогину від часу експлуатації. Прогин зварних балок мостових кранів з кроковою підвіскою загального призначення може бути приблизно визначений за такими залежностями.

Балки	Коробчасті	Фермові
Відносний прогин при режимах роботи кранів:		
ПВ = 15÷25 %	$y = 0,53-0,049 T$	$y = 0,02-0,0154 T$
ПВ = 40%	$y = 0,72-0,075 T$	$y = -0,09-0,0106 T$

Відносний прогин балок визначається з виразу

$$y = \pm \frac{f}{L} 10^3$$

де f - абсолютне значення прогину ($f > 0$ при наявності будівельного підйому), мм; L – проліт крана, мм; T – час експлуатації, рік.

Характер пошкоджень і дефектів в вузлах з'єднання головної і кінцевої балки залежить від їх конструктивних особливостей. Крани мають два види з'єднань: стикове і поверхове. В першому випадку (див. рис. 5) стінки головної балки з'єднанні з кінцевою балкою стиковим накладками. Верхній пояс головної балки перекриває пояс кінцевої. В нижній частині з'єднання підсилено косинкою. В конструкціях, що не мають по верхньому поясу накладок (косинок) тріщини утворюються в місцях перетину кромок поясів двох балок і поширюються по периметру зварного шва (рис. 8).

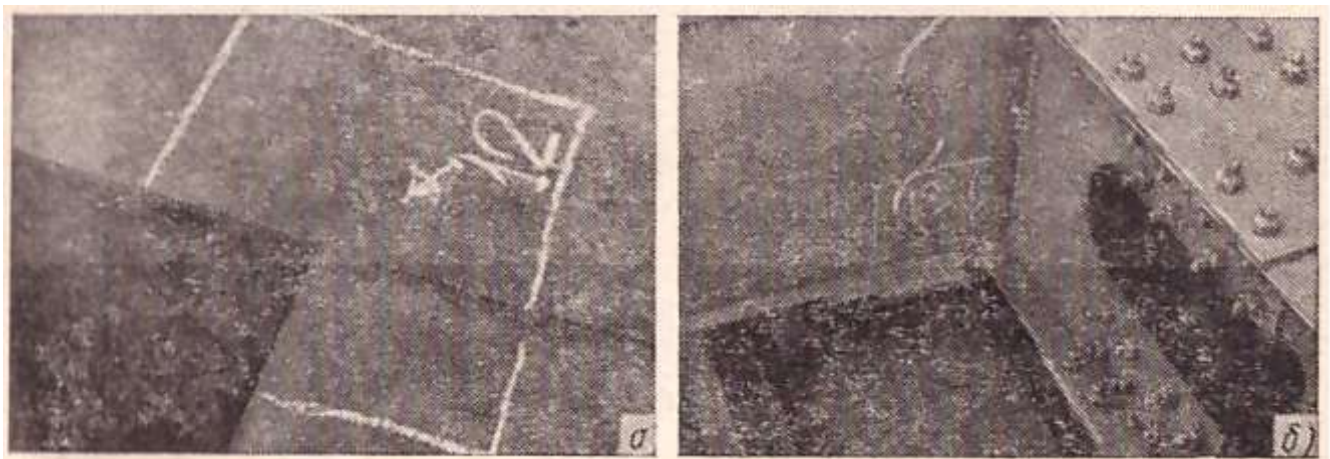


Рис.1.8. руйнування вузла з'єднання головної балки з кінцевою у випадку відсутності косинок:

a –верхнього поясу; b – нижнього поясу

При наявності косинок в вузлах характер тріщин дещо змінюється. Тут вони концентруються у кінців косинок, поширюючись на зварні шви і основний метал поясу (див. рис. 5). Аналогічне руйнування відбувається в нижніх косинках, зачіпаючи пояс і стінку головної балки. Стикові W – подібні накладки являються осередками виникнення тріщин в стінці. На рис. 11 показані місця руйнування вертикальних стінок балок при поверховому обпиранні.

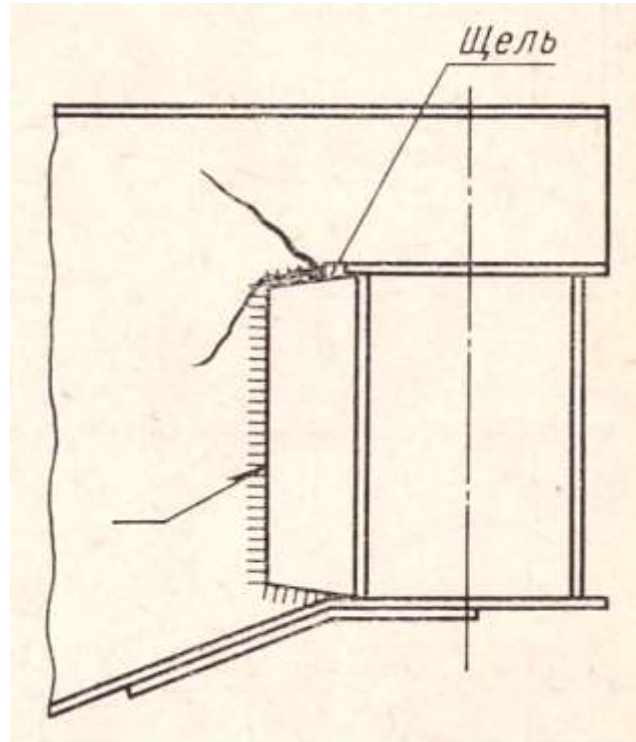


Рис. 1.9. Руйнування поверхового вузла з'єднання головної і кінцевої балки

Ферми

В основному дефекти і пошкодження ферм спостерігається у вузлах з'єднання елементів. Для зварних конструкцій характерні пошкодження у вигляді обривів елементів, тріщин в нижньому поясі, в місцях приварки розкосів горизонтальної ферми. Найбільше число пошкоджень відбувається у вузлах, в яких елементи горизонтальної ферми безпосередньо прикріплені до поясу без косинок (див. рис. 10, б). Тріщини і пошкодження виникають частіше в стикових з'єднання нижніх поясів (див. рис. 10, б; в) в вузлах опорних розкосів. Пошкодження вузлів допоміжної ферми можуть порушити роботу всієї металоконструкції. На рис 10, а показані типові пошкодження зварних вузлів допоміжних ферм.

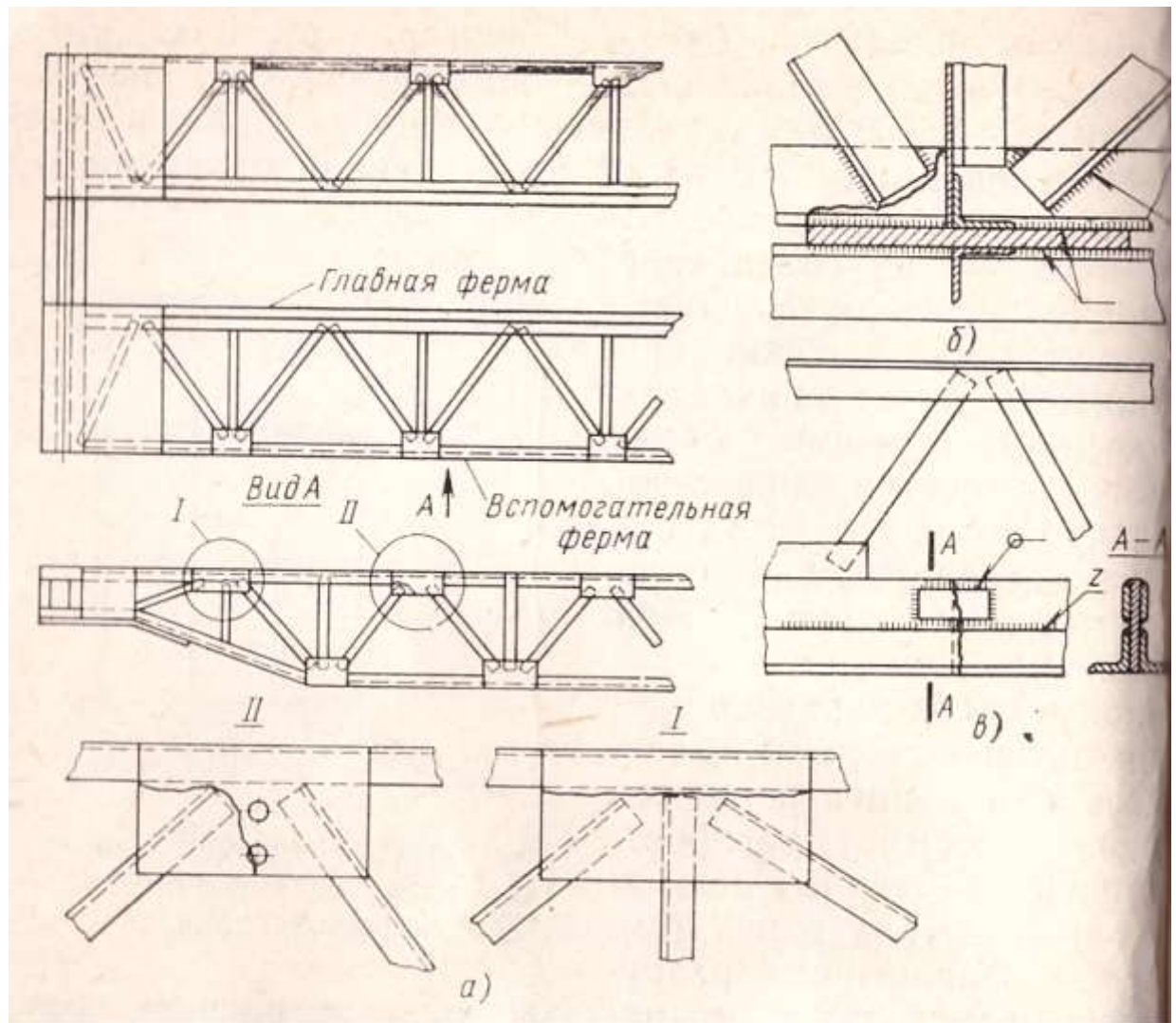


Рис. 1.10. Характерні руйнування фермової конструкції:

а – допоміжні ферми в вузлах 1,2; *б* – розрив нижнього поясу головної ферми; *в* – стикового шву з'єднання нижнього поясу головної ферми мостового грейферного крану.

В клепаних металоконструкціях тріщини виникають переважно у стикових з'єднаннях і елементах що піддаються впливу місцевого навантаження. До них відносяться поясові кути верхніх поясів головних ферм, а також місця кріплення поперечних зав'язків з їзовими балками козлових кранів. У вузлах з'єднання зустрічаються наступні дефекти заклепок: не щільне прилягання, збиті, зарублені і рвані головки, наявність задирок. Враховуючи, що ці дефекти виникають на кранах, які експлуатуються довгий час, то доцільно замінити тільки послаблені заклепки або заклепки що вийшли із ладу.

Корозія металу

Інтенсивна корозія металу суцільноствінчатих конструкцій спостерігається в місцях наявності порожнин («карманів»), щілин, що

утворюється в наслідок зварювання переривчатим швом, або не щільного прилягання елементів із за великого кроку заклепок. В кінцевих балках мостових кранів волога скупчується в місцях кріплення площадок і на верхніх поясах. При тривалому зберіганні кранів або їх експлуатації на відкритому повітрі відбувається корозія внутрішніх поверхонь коробчастих балок. Проникнення вологи у внутрішній простір відбувається через щілини, що наявні в опорних з'єднаннях головної і кінцевої балок (рис. 7, 11). Швидкість розповсюдження корозії складає 0,03-0,05 мм/рік [6].

В козлових кранах осередками корозії являються щілини що наявні в складових елементах; вузли з'єднання прогонової будівлі з опорами. Використання фасонних профілів у вигляді швелерів сприяє накопиченню вологи і пилу.

Погнутості

Погнутості елементів фермових конструкцій є наслідком ушкоджень при транспортуванні або при роботі крана з траверзою. Вільні кромки суцільностінчастих балок часто піддаються ушкодженням при стропуванні. При роботі з траверзою також відбуваються ушкодження нижнього поясу цих балок.

Найбільш небезпечними погнутостями стиснутих елементів. Через ексцентричне прикладання стискуючих зусиль в цих елементах виникають додаткові напруги, у наслідок чого несуча здатність погнутих стиснутих елементів значно знижується.

Викривлення стиснутих елементів повинно бути не більше $1/300$ довжини. У розтягнутих елементах погнутості не мають такого значення, як у стиснутих, і стрілка прогину в них може бути не більше $1/150$ довжини.

У листових конструкціях найбільш небезпечні викривлення верхніх поясів в середині прогону крану і надмірне випинання вертикальних стінок в опорних перерізах.

1.3 Причини виникнення дефектів і пошкоджень кранових металоконструкцій

Дефекти і пошкодження металевих конструкцій кранів є наслідком сукупності причин:

- низької якості металу і невідповідності його властивостей технічним вимогам;
- незадовільного конструктивного рішення;
- незадовільної якості виготовлення і монтажу окремих елементів;
- експлуатації кранів в непередбаченому режимі, а також поганого догляду і ремонту.

Розглянемо характерні признаки зовнішнього прояву незадовільної якості металу. Надійність кранових конструкцій залежить від якості використовуваного металу. В основному виникнення тріщин в металі пов'язане з використанням киплячої сталі, що містить фосфор або сірку більше 0,07 %. Мимовільне розтріскування металу відбувається під дією мінусової температури під час транспортування і зберігання.

В клепаних металоконструкціях використовують сталі, які за хімічним складом можуть не відповідати вимогам зварюваності. Тому при ремонті цих металоконструкцій не слід застосовувати зварювання.

Аналіз причин руйнування вказує на використання в зварних конструкціях сталі марки ВСт5 або ВСт6. Погана зварюваність вказаних сталей є причиною появи тріщин в мало напружених зварних швах.

Особливу небезпеку для конструкцій представляє розшарування металу. Розшарування зустрічається в різних елементах конструкцій: стінках, поясах, косинках (рис. 15). Не завжди можливо візуальними методами контролю встановити цей дефект. Найбільш явний його прояв відбувається тільки під дією температури або при попаданні вологи в місце розшарування.

2 Діагностика та ремонт кранових металоконструкцій

2.1 Діагностика пошкоджень металоконструкцій кранів

Методика обстеження

Обстеження металоконструкцій кранів проводиться з метою: своєчасного виявлення дефектів та їх усунення, тобто, підтримання металоконструкцій у робочому стані; визначення відповідності проектних параметрів металоконструкцій дійсним при реконструкції, посиленні, пуску в експлуатацію знову виготовленої продукції.

Зовнішнім оглядом встановлюють наявність пошкоджень (дефектів), які виникають в процесі добової експлуатації крану: погнутостей елементів, вм'ятин, тріщин, обривів і т. п. для огляду використовують перехідні площадки, елементи самої металоконструкції.

Найбільша вірогідність появи дефектів спостерігається в періоди інтенсивної експлуатації кранів і в зимові періоди, якщо робота металоконструкції в цей час проводиться при мінусовій температурі

Обстеження починають з вивчення і збору матеріалів, що характеризують особливості металоконструкції, умов експлуатації крану, паспорту крана, записів в шнуровій книзі, сертифікатів, що засвідчують якість основного і наплавленого металу, актів проведених ремонтів і попередніх обстежень.

В зварних металоконструкціях дефекти можуть виникнути при виготовленні. Викликані вони технологічними особливостями зварки і конструктивними недоліками. Особливу небезпеку для металоконструкції являють тріщини в самому шві або зоні навколо шва. На відміну від клепаних з'єднань тріщини в зварному шві або зоні навколо шва схильні безперешкодно поширюватися на основний метал, вражаючи весь перетин. Причому поширення тріщин часто відбувається з миттєвою швидкістю.

При обстеженні потрібно враховувати, що місцями найбільшої вірогідності виникнення тріщин в зварних конструкціях являються :

- елементи з різкою зміною поперечного перерізу;

- стики розтягнутих елементів при розташуванні шва поперек чинного зусилля;

- різні вузли примикання елементів, особливо в фермових балках, де фасонки приварюють у нахлест або переривчастими швами;

- місця примикання накладок, ребер, діафрагм, косинок;

- вузли перенасичені зварюванням і мають багато другорядних елементів, які не сприймають зусилля, але створюють додаткову концентрацію (ребро жорсткості і т. п.),

Зварні з'єднання кранів

У зварних металевих конструкціях, внаслідок гнучкості конструктивного рішення і специфіки технологічного процесу виготовлення, втомні дефекти з'являються значно частіше. Зварювання металоконструкцій підйомно-транспортних машин є основним технологічним процесом при виготовленні з'єднань, а також при їх ремонті. Тому головна увага приділяється зварним з'єднанням.

На опір втоми в зварних з'єднаннях значний вплив роблять залишкові напруження в зоні шва. Внаслідок формування зварного шва в умовах різкого температурного перепаду, структурних змін і пластичної деформації, у зонах швів зварних з'єднань виникають залишкові напруження, що можуть досягати межі текучості основного матеріалу. Залишкові напруження є двох чи тривісними з різким градієнтом і складним розподілом по напрямках.

2.2 Дефекти зварних з'єднань

Одержання нероз'ємних зварних з'єднань відбувається в умовах високих температур, їхніх різких коливань і глибоких фізико-хімічних змін металів. Зварний шов (з'єднання) формується в результаті оплавлення крайок елементів, що з'єднуються, і змішування рідкого присадочного матеріалу з розплавленим металом крайок. При цих процесах температура рідкого металу досягає 2000°C. Надалі в міру пересування джерела тепла вперед рідкий метал починає кристалізуватися і твердіти, утворювати монолітне нероз'ємне з'єднання — зварний шов з невеликим валиком — посиленням.

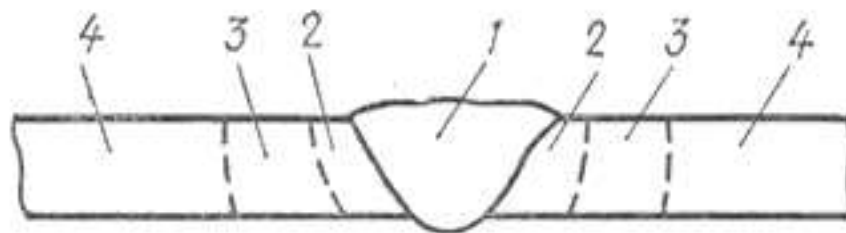


Рисунок 2.1 – Стикове зварне з'єднання:

1 – шов; 2 – околошовная зона; 3 – зона високого відпуску; 4 – зона більш низьких температур

Зварні з'єднання повинні бути по можливості рівно міцними з основним металом елементів конструкції при всіх температурах під час

експлуатації, а також при усіх видах навантажень (статичних, ударних і вібраційних).

Слабкими ділянками в зварних з'єднаннях можуть бути шви, зони термічного впливу і сплавки. Зоною термічного впливу називають ділянку основного металу, що прилягає до швів, яка в результаті зварювання змінює механічні властивості.

Поліпшення механічних властивостей зварних з'єднань досягається:

1. вибором раціональної конструктивної форми з'єднання;
2. застосуванням раціональних методів зварювання;
3. термічною і механічною обробкою зварних конструкцій після зварювання.

Утворення дефектів шва зв'язано з особливостями металургійних і теплових процесів, що протікають безпосередньо при розплавленні, кристалізації та охолодженні металу, а також з дією різних виробничих факторів, що роблять вплив на всі стадії формування зварного з'єднання.

Формування зварних з'єднань у процесі зварювання відбувається під впливом великого числа факторів.

Форма, розміри поверхні зварних швів завжди мають відхилення від проектних. Радіуси сполучень швів з основним металом коливаються в широких межах. Взаємне розташування з'єднаних елементів також може відрізнятися від проектного внаслідок зсувів і кутових поворотів. Сплошність металу зварних з'єднань у деяких випадках порушується через появу пор, шлакових включень, плівок оксидів, несплавлення шва з основним металом, непроплавлення з'єднання, тріщин і ін. З'єднання можуть мати підрізи і напливи. Подібні відхилення на практиці виявляються неминучими і, безумовно, впливають на механічні властивості зварних з'єднань. Ступінь впливу різних відхилень у різних умовах експлуатації буде різною. При малих відхиленнях форми з'єднання від проектної зміна міцності може бути знехтувально малою. Тому не усякі відхилення і не завжди відносять до дефектів зварних з'єднань. Дефектами вважають неприпустимі відхилення. Границя між тими й іншими, звичайно, умовна і встановлюється нормами. Норми, згідно яким відхилення відносять до дефектів і браку, повинні в першу чергу встановлюватися на основі вивчення впливу відхилень на міцність і інші експлуатаційні властивості зварних виробів. Однак часто норми по дефектності встановлюють, орієнтуючись на технічно досяжний рівень якості зварних з'єднань, щоб підтримувати культуру виробництва на високому рівні.

Найбільший вплив дефекти роблять при перемінних навантаженнях. При статичних навантаженнях питання про вплив дефектів на міцність у більшості випадків зводиться до питання про чутливість металу до концентрації напружень. Загальноприйнятого визначення поняття чутливості металу до концентрації напружень не існує. Намітилися два

напрямки в оцінці чутливості — на базі апарата механіки руйнування у відношенні тріщин і трещіноподібних дефектів і на базі теорії концентрації напружень.

У даній дипломній роботі розглянемо дефекти стикового шва, тому що цей вид зварного шва найчастіше зустрічається в ремонтній сфері.

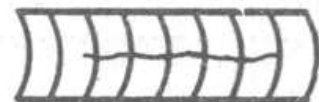
Класифікація дефектів, характерних для зварних з'єднань, і їхнє визначення дані ГОСТ 19232—73. Згідно ГОСТ 7512—75, у залежності від місця перебування і виду дефекти поділяються на зовнішні і внутрішні, а також встановлюються умовні позначки дефектів зварних швів. До внутрішніх дефектів зварних швів відносяться пори, тверді включення шлаку чи стороннього металу, непровари і внутрішні тріщини різного роду. До зовнішнього відносяться дефекти форми шва і газові пори, що вийшли на поверхню швів, свищі, тріщини і подрізи. Однак подібний поділ дефектів на дві групи дуже умовний, тому що багато зовнішніх дефектів виявляються наслідком, а найчастіше і зовнішнім проявом внутрішніх дефектів.

Вогнищами втомних руйнувань можуть служити такі технологічні дефекти, як тріщини, непровари, несплавлення, подрізи, шлакові включення і пори. У наступних пунктах витривалість з'єднань з концентрацією напружень буде оцінюватися з урахуванням впливу залишкових напружень.

2.2.1 Тріщини

Тріщини — один з найбільш небезпечних дефектів у зварних з'єднаннях. Тріщини відносяться до внутрішніх дефектів. Порушення суцільності у вигляді тріщин представляють собою головну небезпеку для міцності. Розрізняють два типи тріщин — гарячі і холодні. Стінки гарячих тріщин звичайно сильно окислені, а в холодних тріщин стінки блискучі, чисті. Відмінною рисою гарячих тріщин є міжкристалітне їхнє розташування, у той час як холодні тріщини в основному проходять через тіло кристалів, тобто мають транскристалітне розташування.

Тріщина повздовжня



Тріщина поперечна



Тріщина розгалужена



а)

б)

Рисунок 2.2 – Схематичне зображення тріщин:

а – по перетині з'єднання; б – по радіограмі

Гарячі тріщини утворюються в перехідній зоні від шва до основного матеріалу. Вони в зламі мають темний колір, сильно окислені, поширюються на зерна, бувають наскрізні і нескрізні. Виникають при зварюванні сталей товщиною до 3 мм, схильних до утворення тріщин при високих температурах (900°C) в період кристалізації наплавленого металу, унаслідок поганої технології зварювання; незадовільної конструкції виробу, неправильного розташування швів.

Гарячі тріщини звичайно розташовані в металі шва і можуть утворитися в процесі кристалізації металу і при температурах, нижче температури солідуса для даного металу. Тріщини першого виду називають *кристалізаційними*, другого — *полігонізаційними*, чи *підсолідусними*.

Загальним фактором, що впливає на утворення кристалізаційних і полігонізаційних тріщин, є наявність розтягуючих напружень, які виникають у процесі охолодження зварного з'єднання. Однак кристалізаційні тріщини утворюються у твердому-рідкому металі, а полігонізаційні — у твердому металі. Поява кристалізаційних тріщин відбувається у визначеному інтервалі, що називається температурним інтервалом крихкості (ТІК).

Величину ТІК орієнтовно можна визначити з діаграми стану даного сплаву, вважаючи, що зі збільшенням інтервалу кристалізації збільшується й ефективний інтервал кристалізації, а виходить, і ТІК. Однак така оцінка дуже приблизна, тому що при цьому не враховується вплив домішок, що завжди є присутнім у технічних сплавах, на властивості міжкристалічних прошарків і температуру солідуса.

Звичайне утворення гарячих тріщин у зварних швах пояснюють у такий спосіб. Кристалізація металу шва внаслідок нерівномірності нагрівання металу, що зварюється, і твердого закріплення деталей відбувається в умовах впливу на шов напружень, що розтягують. Це приводить до появи деформацій, що виникають на початку зварювання й особливо підсилюються в процесі охолодження зварювальної ванни.

З моменту початку кристалізації метал зварювальної ванни являє собою двофазну систему, що складається з твердих кристалів і розплавленого металу. Поки обсяг рідкого металу буде досить великим, значною буде і деформаційна здатність такої системи. При цьому деформація всієї системи відбувається за рахунок в'язкого плину розплаву в просторі між кристалітами. Зі зменшенням обсягу розплаву деформаційна здатність твердої-рідкої системи знижується, і якщо величина деформацій перевищить пластичність системи, то відбудеться поділ кристалів, тобто утворяться тріщини. Причому чим менше розмір кристалів, тим вище пластичність двофазної системи при однаковому обсязі розплавлених прошарків. Отже, тріщини, що утворюються по описаному вище механізму, зароджуються в процесі первинної

кристалізації металу шва і розташовуються по границях кристалів. Такі тріщини називаються *кристалізаційними*.

Як відзначалися, кристалізаційні тріщини утворюються під дією зварювальних напружень у той період часу, коли зварювальна ванна являє собою двофазну систему (кристали — розплав). Тому легкоплавкі з'єднання, чи евтектики, що є присутнім у металі шва, можуть стати причиною виникнення кристалізаційних тріщин.

Загально визнано, що важливу роль у появі кристалізаційних тріщин у металі шва при зварюванні вуглецевих і низьколегованих сталей виконує сірка. Це порозумівається її здатністю утворювати легкоплавкі сульфідні евтектики, що залишаються розплавленими в момент, що коли розтягують напруження досягають значної величини. При цьому вплив сірки залежить від виду і кількості легуючих компонентів у металі.

Розглянемо вплив деяких основних легуючих компонентів на схильність металу шва до утворення кристалізаційних тріщин. Велике число експериментальних даних свідчить про те, що появі кристалізаційних тріщин сприяє підвищення концентрації вуглецю в металі. Пояснюють це тим, що підвищення змісту вуглецю в вуглецевих і низьколегованих сталях приводить до наступного основним змінам: 1) збільшенню ступеня дендритної неоднорідності розподілу сірки в металі шва; 2) укрупненню сульфідних включень; 3) збільшенню числа сульфідних включень; 4) зменшенню кількості сульфиду марганцю в складі неметалічних включень. Однак при низькому (0,01 %) змісті сірки гарячі тріщини при зварюванні вуглецевих сталей не утворюються навіть при високому (0,6 %) змісті вуглецю в металі. При зварюванні високолегованих сталей і сплавів вуглець може стати безпосередньою причиною виникнення кристалізаційних тріщин [35], оскільки в цьому випадку відбувається утворення легкоплавких карбідів, що розташовуються по границях зерен.

Наявність у металі деякої кількості сильних карбідоутворюючих компонентів (Ti, Nb) може знизити шкідливий вплив вуглецю і навіть підвищити стійкість металу проти утворення кристалізаційних тріщин за рахунок зміни форми сульфідних включень.

У меншій мері, але все-таки досить помітно на процес виникнення кристалізаційних тріщин впливає і зміст кремнію в металі. Звичайно схильність металу до утворення кристалізаційних тріщин збільшується при концентрації кремнію в металі більш 0,5 % [34].

Зростає схильність металу шва до утворення кристалізаційних тріщин і при наявності в металі фосфору [34].

- ◆ До найбільш розповсюджених елементів, що знижують небезпеку утворення кристалізаційних тріщин, відносяться кисень, марганець і хром. Позитивний вплив кисню звичайно пояснюється виникненням

у металі оксисульфідних неметалічних включень, що зменшує утворення сітки сульфідів заліза. Вплив марганцю і хрому зв'язують з утворенням їхніх сульфідів, температура плавлення яких вище, ніж температура кристалізації металу зварювальної ванни, унаслідок чого сульфід марганцю і хрому повинні знаходитися у твердому стані. При цьому, чим вище зміст марганцю в металі, тим більше його у включеннях і тим вони більш тугоплавкі і менші розмірами.

- ◆ У зварних швах на сталі при співвідношенні $Mn/S=4-6$ кристалізаційні тріщини не утворюються.

Усунути шкідливий вплив сірки переводом її в тугоплавкі сульфіді можна також за рахунок легування металу рідкоземельними елементами, а також Ti, Zr, Ca, Al і деякими іншими елементами.

На появу тріщин у металі шва впливає форма зварювальної ванни, від якої залежить швидкість процесу кристалізації металу, а також напружений стан металу шва. У випадку, якщо зварювальна ванна має форму, близьку до форми падаючої краплі, у її хвостовій частині виникають високі розтягуючі напруження, що полегшує утворення тріщин.

Від форми шва залежить і критичний зміст вуглецю і кремнію в металі, при якому утворюються кристалізаційні тріщини. Оптимальне значення коефіцієнта форми шва, що представляє собою відношення ширини шва до глибини прояву, близько до 6,0 [35].

Отже, утворення кристалізаційних тріщин залежить від величини розтягуючих напружень, від змісту сірки в металі шва, а також від його хімічний складу, розмірів кристалів, форми шва.

Полігонізаційні тріщини характерні лише для невеликого класу металів (однофазні сплави і чисті метали), цей вид дефектів порівняно рідко зустрічається в зварних швах.

Холодні тріщини. Крім гарячих тріщин у зварному з'єднанні часто утворюються холодні тріщини, що виникають звичайно при температурах нижче 423—478 К. Холодні тріщини найчастіше зустрічаються в околосшовній зоні і рідше — у металі зварних швів, розташовані під будь-яким кутом до шва, — у зламі світлі.

Виникають при охолодженні деталі в зоні знижених температур, переважно при зварюванні низьколегованої сталі великої товщини. Тріщини в перехідній зоні виникають унаслідок неправильної техніки зварювання, неправильно обраного присадочного матеріалу (наприклад, при зварюванні валики швами замкнутих контурів).

На відміну від гарячих тріщин холодні поширюються по зернах, а не по їхніх границях, розташовуються вони переважно в гострих кутах і інших місцях концентрації напружень.

Холодні тріщини можуть виникнути у виробі через деякий час після зварювання, причому навіть у той момент, коли конструкція знаходиться в

неробочому стані. Оскільки, як відзначалося, появи тріщин передуює виникнення локальної пластичної деформації, мабуть, що в ненавантаженому зварному з'єднанні зусиллями, що викликають ці пластичні деформації, можуть бути тільки залишкові зварювальні напруження.

Однак крім залишкових зварювальних напружень для утворення холодних тріщин необхідні ще і додаткові умови. До них відносяться: загальне зміцнення металу в зоні зварювання; наявність фізико-хімічної неоднорідності; укрупнення розмірів кристалітів, наявність компонентів, що зменшують деформаційну здатність, наприклад, водню і т.д. Тому до самого останнього часу для пояснення процесу утворення холодних тріщин застосовують дві гіпотези — гартівну і водневу.

Холодні тріщини, що, відповідно до моделі К. Зінера, зароджуються на границях зерен, потім, як правило, поширюються по тілу зерен і лише частково по їхніх границях. Для холодних тріщин характерно уповільнений розвиток їх у початковій стадії. Звичайно вони зароджуються через деякий час після зварювання. Цей час може вимірятися в хвилинах, годинах, а іноді добами. Однак, досягши деякої критичної довжини, тріщини можуть рости з величезною швидкістю.

Швидкість росту тріщини на заключному етапі руйнування визначається рядом факторів: величиною діючого напруження, температурою, швидкістю навантаження і т.д. Найбільші значення швидкості росту тріщин досягаються при динамічному навантаженні в умовах низьких температур і при великому запасі пружної енергії. При цьому збільшення швидкості росту тріщини приводить до зменшення товщини пластично деформованого шару металу, а це, у свою чергу, знижує витрати енергії на просування тріщини, що сприяє прискоренню росту тріщини.

Зародками холодних тріщин можуть бути і мікроскопічні кристалізаційні тріщини.

На процес утворення холодних тріщин істотно можуть вплинути і режими зварювання, оскільки структурні перетворення залежать від перегріву околошовної зони, температурного інтервалу мартенситного перетворення, швидкості охолодження околошовної зони і металу шва.

Появі холодних тріщин може також сприяти оплавлення границь зерен, утворення сегрегаційних прошарків, наявність неметалічних включень і т.д. Поява тріщин обумовлена сульфідними включеннями і надривами, що виникають поблизу неметалічних включень. При цьому ступінь впливу включень на утворення холодних тріщин багато в чому залежить від розміру і місця розташування включень, а також від складу металу.

Здрібнювання і рівномірне розташування включень, зв'язування шкідливих домішок у тугоплавкі з'єднання, застосування способів і режимів зварювання, що знижують зміст неметалічних включень, використання

матеріалів з обмеженим змістом вуглецю – усе це сприяє зменшенню небезпеки утворення холодних тріщин.

Тріщини, що виникають у ремонтних швах. Дрібні тріщини (*мікротріщини*) у шві чи надриви по перехідній зоні травлених шліфах під мікроскопом видні у виді тонких ліній. Виникають поза незадовільною якістю присадочного дроту, обмазки. *Тріщини, що утворюються в зварних з'єднаннях при термообробці* можуть мати будь-як напрямок. Виникають через недотримання режимів і умов термічної обробки зварних вузлів чи в наслідок нетехнологічної конструкції чи деталі вузла, тріщини *рихтовочні*, можуть мати будь-який напрямок, у зламі світлі, утворення — неправильна технологія виправлення виробів.

Тріщини в наплавленому металі — подовжні і поперечні, у зламі, темний колір, сильно окислені чи світлі. Причини утворення: неправильно обрана марка присадочного матеріалу; задовільна якість присадочного дроту, чи обмазки флюсу; неправильні режими і техніка зварювання; високі внутрішні напруження; наявність у швах чи пористості шлакових включень.

Тріщини в кратері — поглибленні, що утвориться в основному металі в результаті видування вольтовою дугою розплавленого металу; виникають внаслідок надлишку сірки в електродах (дроту, обмазці) чи в результаті неправильного виконання закінчення шва.

Тріщини втоми виникають, як правило, при конструктивній недоробці деталей і вузлів у місцях концентрації напружень: по галтелям, у місцях з різкими переходами перетинів і наявністю підрізів, у місцях конструктивних чи технологічних концентраторів напружень. Тріщини втоми з'являються також у місцях дефектів металургійного і технологічного походження чи слідів грубої механічної обробки поверхні (глибоких рисок, слідів різців і т.п.).

Тріщини втоми розрізняються по зовнішньому вигляді. Найчастіше вони бувають двох типів:

- а) поперечні чи кільцеві тріщини, що розвиваються на циліндричних деталях по окружності в перетині, перпендикулярному до осі деталі;
- б) тріщини, розташовані під кутом до осі деталі.

У зоні втомного руйнування відсутні які-небудь ознаки пластичної деформації навіть у самих пластичних матеріалів. Ширина розкриття втомної тріщини у виходу її на поверхню в початковій стадії руйнування не перевищує декількох мікронів.

З усіх дефектів, що зустрічаються в зварних швах, найбільш небезпечні тріщини. Саме наявність тріщин у зварному з'єднанні найчастіше є причиною аварійного руйнування відповідальних зварних конструкцій. Це зв'язано з тим, що тріщини, що знаходяться в зварних з'єднаннях, послабляють перетин швів чи елементів, що зварюються, і тим самим зменшують статичну міцність з'єднань. Крім того, будучи

концентраторами напружень, тріщини істотно зменшують і динамічну міцність зварних з'єднань.

Негативний вплив тріщин на працездатність зварних з'єднань підвищується ще і тим, що згодом розміри тріщин постійно збільшуються. Цей ріст відбувається тим швидше, чим більше величина навантаження і чим вище її динамічність і циклічність. Крім того, на збільшення розмірів тріщин впливає і зовнішнє середовище (газове і рідинне).

Безсумнівно, що збільшення розмірів тріщин, що утворилися при зварюванні, може привести до руйнування конструкцій під час експлуатації. Ріст розмірів тріщин у процесі експлуатації особливо небезпечний у тих випадках, коли це збільшення не викликає помітних розладів роботи конструкції, наприклад, при експлуатації різного роду гратчастих конструкцій (мостові і підкранові ферми, різні перекриття і т.д.). Це обумовлено тим, що в подібних конструкціях тріщини можуть з'явитися і рости спочатку в одному, а потім і у всіх швах, що зв'язують якісь окремі елементи. Вихід з ладу одного елемента конструкції може не привести до негайного руйнування всієї конструкції, але він викликає перевантаження інших несучих елементів, що, звичайно, збільшить імовірність її руйнування.

Небезпека наявності тріщин у зварному з'єднанні полягає також у тому, що вони, будучи дефектами плоского типу, важко виявляються рентгенівськими методами контролю.

2.2.2 Неметалічні включення

Відповідно до сучасних представлень, велика частина неметалічних включень у зварному шві утворюються в результаті різних фізико-хімічних процесів, тобто мають ендегенне походження. Лише незначна частина неметалічних включень вноситься в зварювальну ванну ззовні, тобто екзогенне походження.

Неметалічні включення — бувають двоякого роду і походження:

- 1) включення неметалічних часток, що потрапили в метал ззовні; так, частки шлаку, вогнеупору, графіту, піску і т.д. можуть потрапити у форму разом з розплавом і утворити шлакові та піщані включення, що найчастіше розташовані у верхніх частинах виливок чи на їх поверхні;
- 2) включення часток окислів, сульфідів, силікатів, нітридів, що утворюються усередині металу внаслідок хімічної взаємодії компонентів при розплавлюванні і заливанні сплаву. Вони розташовуються у виді ланцюжків чи сітки переважно по границях зерен; за формою бувають округлі чи подовжені. Останні можуть сильно знижувати пластичність металу.

У залежності від складу неметалічні включення можуть бути оксидні, сульфідні і карбідні. Досить часто вони присутні в зварному шві не в чистому виді, а у виді різних комплексних включень. Інтенсивність утворення неметалічних включень, їхній склад, форма і розміри залежать від багатьох

причин (хімічного складу металу шва, що, у свою чергу, залежить від застосовуваних зварювальних матеріалів; способу і режимів зварювання; стійкості утворених з'єднань при високих температурах; температури зварювальної ванни і т.д.).

Основна причина утворення неметалічних включень — зменшення розчинності елементів у металі при зниженні температури. Крім того, зі зниженням температури збільшується розкислююча здатність елементів, що також підвищує інтенсивність утворення оксидів у металі шва.

Утворенню неметалічних включень у зварювальній ванні будуть сприяти збагачення рідкого металу домішками внаслідок ліквідаційних явищ і зниження спільної розчинності домішок при охолодженні металу зварювальної ванни. Екзогенне утворення неметалічних включень може відбуватися в результаті переходу в зварювальну ванну частини розплавленого покриття у виді окремих крапель чи разом з електродним металом за рахунок переходу оксидів, що знаходяться на поверхні деталей, що зварюються, а також у результаті неповного видалення шлакової корки з поверхні попереднього валика при багатшаровому зварюванні і наплавленні.

Результати досліджень впливу неметалічних включень на циклічну міцність зварних швів свідчать про те, що при числі циклів до 10^4 опір втоми зварного шва, що містить включення, майже не відрізняється від міцності основного металу. При більшому числі циклів навантаження на міцність зварних швів починають впливати розміри включень. Причому чим більший розмір включення, тим у більшій мірі знижується опір втоми зварного з'єднання. Зі зменшенням товщини шкідливий вплив шлакових включень підсилюється.

Наявність неметалічних включень у металі шва може сприяти утворенню інших дефектів. Наприклад, сульфідні включення, що часто мають температуру плавлення нижче температури кристалізації металу, викликають утворення гарячих тріщин. Наявність нітридів у металі шва збільшує його схильність до старіння і т.д.

2.2.3 Пори

Пори і раковини в металі шва — бульбашки (як правило, сферичної форми) різної величини, заповнені газами (азот, водень, окис вуглецю). Пори, мають округлу форму й утворені в результаті вологості чи флюсів обмазки електродів, незадовільного захисту; при забрудненні металу іржею утворюються скупчення пор у швах, що також зустрічаються в місцях обриву дуги.



Рисунок 2.3 – Пори в зварному шві

Пора сферична



Пора каналъна



Ланцюг пор



Група пор



Пора лінійна



а)

б)

Рисунок 2.4 – Вид і характер дефекту:
а) – по перетині з'єднання; б) – по радіограмі

Утворюються через присутність газів, що поглинаються рідким металом зварювальної ванни в процесі зварювання. Для утворення пор у зварних швах необхідно, щоб тиск газу, що виділяється, міг перебороти зовнішні сили, що перешкоджають його виділенню. Таким чином, очевидно,

не тільки величина схованого тиску газів чи величина перенасичення металу газом, є причиною утворення пір.

Особливо сильний вплив на витривалість зварних з'єднань робить наявність пор, розташованих у зонах високих залишкових розтягуючих напружень. У цьому випадку стають небезпечними навіть одиничні пори. Оскільки залишкові розтягуючі напруження, особливо великі в поверхневих шарах металу шва, то небезпека руйнування зростає, якщо пори будуть розташовані близько до поверхні. По тій же причині будуть небезпечними і пори, що вийшли на поверхню шва, особливо якщо в процесі експлуатації відбувається взаємодія поверхні з рідким середовищем. Однак зварні з'єднання руйнуються і по внутрішніх порах, якщо останні розташовані в зонах високих залишкових розтягуючих напружень, [2]. Оскільки вплив пор зв'язаний з величиною залишкових напружень, те очевидно, що наявність пор буде більше позначатися на механічних властивостях довгих повздовжніх швів, де розтягуючі залишкові напруження звичайно досягають високих значень.

При зварюванні плавленням рідкий метал розчиняє визначена кількість газів з повітря і газоподібних продуктів розкладання компонентів електродного чи покриття флюсу. Основними газами, що впливають на властивості металу і найчастіше присутніми в металі, є кисень, водень і азот. Якщо водень розчиняється в розплавленому металі фізично, то кисень і азот з більшістю металів вступають у хімічну взаємодію. Причому значна кількість азоту й особливо водню знаходиться в металі в розчиненому стані, а кисень — у виді з'єднань.

Інтенсивність взаємодії газів з металами залежить від багатьох факторів: хімічної спорідненості, температури, тиску, величини контактної поверхні і так далі.

При зварюванні маються умови, що сприяють посиленню взаємодії газів з металами. Так, при електродугових способах зварювання надходженню газів у метал сприяють висока температура, значна контактна поверхня метал — газ при порівняно невеликому обсязі металу, інтенсивне перемішування металу, наявність електричних і магнітних полів.

Ці фактори, хоча й у різному ступені, характерні і для інших способів зварювання плавленням. Тому звичайно зміст газів у металі шва буває помітно вище, ніж в основному металі, а часом наближається чи навіть перевищує межу їхньої розчинності в металі. Цьому сприяє і висока швидкість охолодження металу шва.

У процесі охолодження внаслідок зниження розчинності газів у металі відбувається їхнє виділення. Гази з металу можуть бути вилучені десорбцією з поверхні зварювальної ванни чи в результаті утворення газових бульбашок в обсязі металу. Якщо десорбція газу не приводить до утворення дефектів, то виниклі газові бульбашки можуть бути вилучені з металу, поки він знаходиться в розплавленому стані. У цьому випадку утворення газових бульбашок буде тільки сприяти дегазації металу. Однак якщо вони утворюються

в період завершення кристалізації металу зварювальної ванни, те такі бульбашки залишаються в металі у вигляді пор.

Небезпека утворення пор збільшується і внаслідок стрибкоподібного зменшення розчинності H_2 і N_2 у металі при його затвердінні.

У стикових з'єднаннях зі знятим посиленням шва різні сполучення зовнішніх і внутрішніх пор чи отворів, що імітують пори, незначно знижують витривалість зразків, а стики з посиленням руйнуються удалині від дефектів по лінії переходу шва на основний метал. Зразки з порами виявляються більш довговічними, чим доброякісні стикові шви з незнятим посиленням. Такі результати були отримані на зразках невеликого перетину з поперечними стиковими швами [43]. Разом з тим на практиці, а також при випробовуванні зварних балок з різними концентраторами напружень нерідко спостерігаються передчасні втомні руйнування, вогнищем яких є пори в подовжніх швах, розташованих удалині від напружених перетинів [43].

У довгих подовжніх швах залишкові розтягуючі напруження досягають найбільших значень, а пора є єдиним концентратором напружень. Таке сполучення може виявитися більш небезпечним, чим розташування пори в коротких поперечних швах, оскільки залишкові напруження в них невеликі. Зіставлення результатів випробувань пористих поперечних швів невеликої довжини і пористих подовжніх швів підтверджує це припущення [40].

Випробовувалося три види зразків з високими залишковими напруженнями (рис. 2.5) [43]. Зразки виготовлялися з сталі 09Г2С ($\sigma_T = 320 \div 390$ МПа, $\sigma_B = 520 \div 560$ МПа) та зварювалися дротом Св.-08ГА під флюсом АН-348.

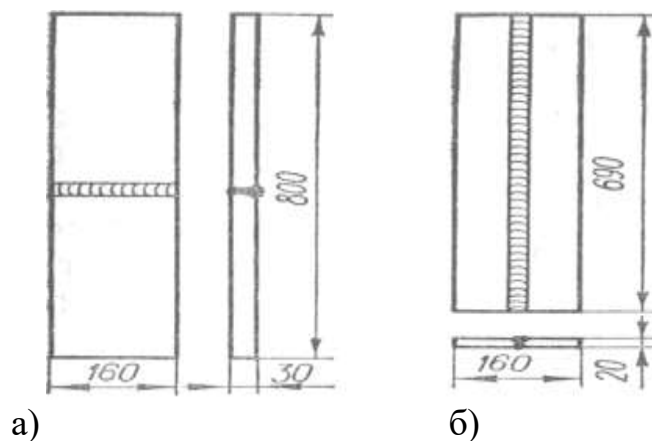


Рисунок 2.5 – Зразки з високими залишковими напруженнями:
а) – поперечні стикові шви; б) – повздовжні стикові шви

Для виникнення пор у флюсі додавалася іржа та мастило. З великої кількості зразків кожного виду для випробування за допомогою рентгенографування відбиралися тільки ті, в яких внутрішні пори розташовувалися на ділянках з високими залишковими напруженнями (посередині шва в зразках з повздовжніми стиковими швами та посередині шва у зразках з поперечними стиковими швами). Діаметр внутрішніх пор не

перевищував 2 мм. Кількість їх була різна – від однієї до чотирнадцяти пор в кожному зразку.

Випробовування проводилися при пульсуючих циклах напружень на машині ЦДМ-200пу. У всіх зразках тріщини втомні зароджувалися тільки від внутрішніх пор. Випробовування закінчувалися після виходу тріщини на поверхню шва, в зв'язку з чим їх глибина іноді перевищувала 3 – 4 мм. Як видно з рис. 2.6, витривалість випробовуваних з'єднань з пористими швами не залежить від виду зразка.

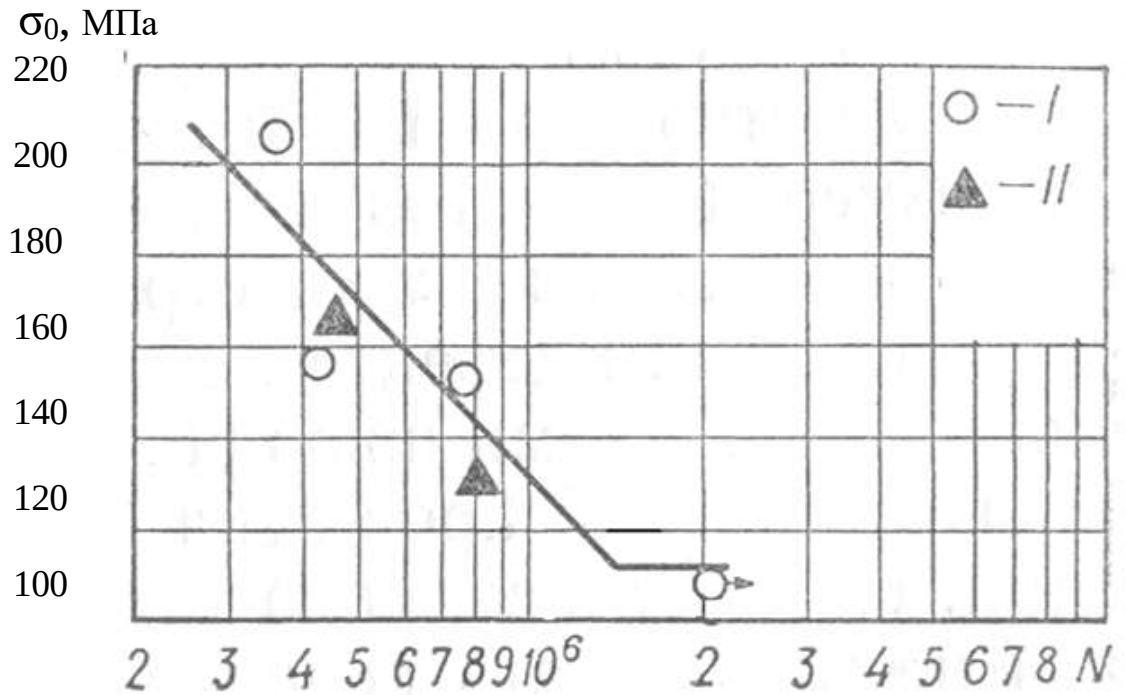


Рисунок 2.6 – Витривалість з'єднань з порами на ділянках шва з високими розтягненими залишковими напруженнями:
I – поперечні стикові шви; II – повздовжні стикові шви

Границя витривалості швів з порами в зонах високих розтягнених залишкових напружень однакова та дорівнює 110 МПа. Це значення $\sigma_0 = 110$ МПа поряд з отриманою границею витривалості пористого шва при симетричному циклі напружень $\sigma_{-1} = 50$ МПа можна використовувати для оцінки допущення пор в тих чи інших з'єднаннях. Бездефектні стикові з'єднання мають більш високу границю витривалості. Звідси виходить, що у вказаних з'єднаннях не повинні допускатися на ділянках високих розтягнених залишкових напружень, оскільки від них можуть початися втомні руйнування.

2.2.4 Шлакові і металеві включення

Шлакові і металеві включення відносяться до внутрішніх дефектів у стикових швах.

Шлакові включення являють собою невеликі об'єми металу, заповнені шлаками, окислами. Іноді вони мають сферичну форму, еліпсоїдальну; іноді — повздовжню. Величина їх коливається від мікроскопічних розмірів до декількох міліметрів у поперечнику. Крім того, шлаки виконують функцію захисту металу шва від O_2 і N_2 повітря.

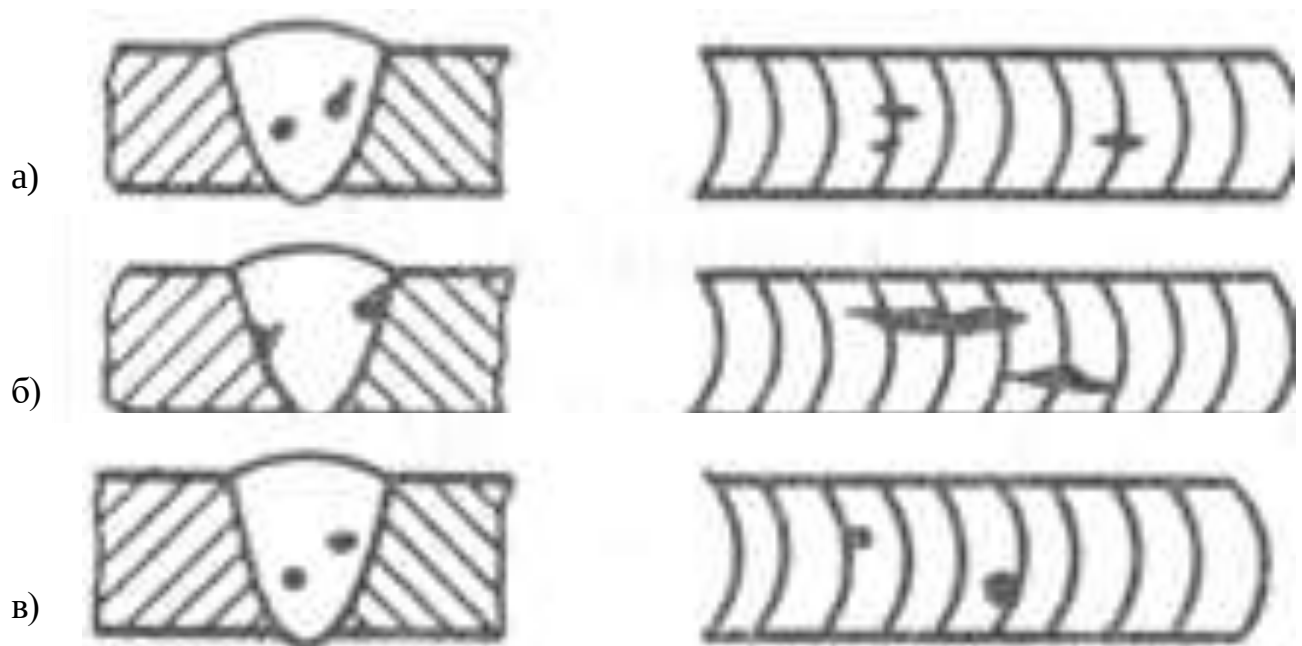


Рисунок 2.7 – Вид та характер дефекту:

а) – шлак компактний; б) – шлак лінійний; в) – металеве включення

Металеві включення — сторонні металеві тіла в основному металі відливки. Такими тілами можуть бути нерозплавлений легуючий компонент, модифікатор, внутрішній холодильник і т.д.

Шлакові включення утворюються в результаті поганого зачищення швів при багатошарових укладаннях. Причиною появи металевих включень у зварному шві є неякісна технологія зварювання.

Тверді шлакові і металеві включення, що містяться в металі шва, також впливають на механічні властивості зварного з'єднання.

Оскільки металеві включення є концентраторами напружень, то цей вплив повинний істотно залежати від величини, форми і розподілу включень, а також від сил зв'язку на границі включення — метал, співвідношення пружних констант включень і матриці. Згідно даним [19], форма, розподіл і фазовий склад неметалічних включень розміром менш 1 мкм істотно впливають на величину ударної в'язкості a_n і критичну температуру крихкості

металу шва. Особливо помітний вплив на рівень a_n неметалічних включень гострокутної форми. Утворення скупчень неметалічних включень також знижує величину ударної в'язкості.

2.2.5 Дефекти форми шва

Дефекти форми шва відносяться до зовнішніх дефектів у стикових з'єднаннях і є відхиленням від заданої норми розмірів ширини і стовщення шва.

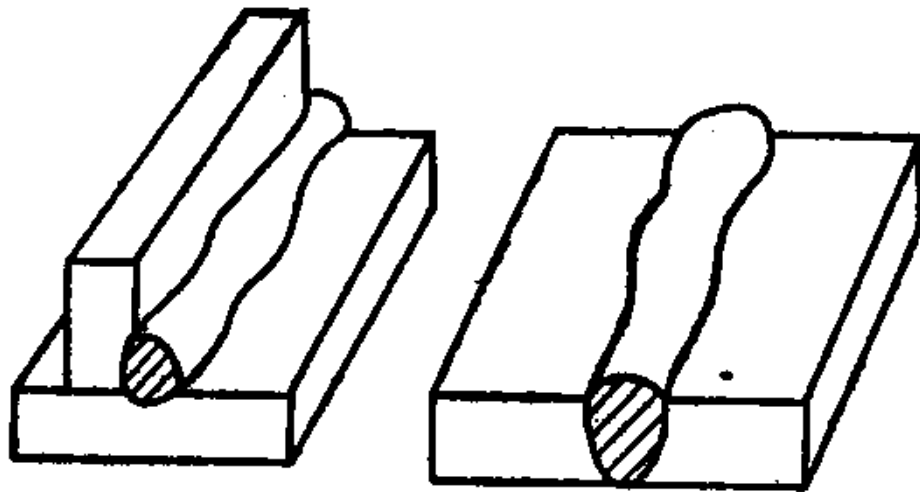


Рисунок 2.8 – Нерівномірність перетину шва

При дії перемінних навантажень варто окремо розглядати міцність зварювальних швів і міцність прилягаючого до них основного металу. У більшості випадків у стикових з'єднаннях руйнування настає в околшовних зонах (рис.2.1). Це пояснюється наявністю в них концентраторів напружень від швів з неопрацьованою поверхнею, а також разупрочнених легованих чи загартованих сталей у результаті теплової дії зварювальної дуги.

Дефекти виникають у результаті недостатньої кваліфікації зварника при ручному процесі і нерівномірній швидкості подачі електродного дроту при автоматичному зварюванні.

Обрис поверхні шва дуже впливає на границю витривалості. В опуклих стикових швів він більш низький, чим у гладких; дуже гарні результати виходять при знятті посилень стикових чи швів при їхній обробці, що забезпечує плавний перехід від шва до основного металу.

На рисунку 2.9 представлені типові випадки руйнування зварних стикових з'єднань [25].

Руйнування стикових з'єднань, виконаних з різкими переходами і великим стовщенням, відбувається завжди в місці переходу від шва до основного металу і характеризується зниженням вібраційної міцності. Зона

термічного впливу шва у випадку зварювання маловуглицевої стали не є слабким місцем зварного з'єднання. У цьому можна переконатися по виду руйнування, показаному на рис. 2.9, а), б). На фотознімку видно, що тріщина з'явилася біля місцевого стовщення стикового шва. У тім, що чисто технологічні міри можуть забезпечити належну форму поверхні шва, можна переконатися по руйнуваннях, приведеним на рис. 2.9, в), г). По цих фотографіях ясно видно, що зварне з'єднання з гарною формою шва має міцність, не меншу, ніж в основного металу. Про ефективність обробки поверхні свідчить вид дозволів на рис. 2.9, д), е). В останньому випадку місцева обробка застосована для виправлення дефектів формування шва.

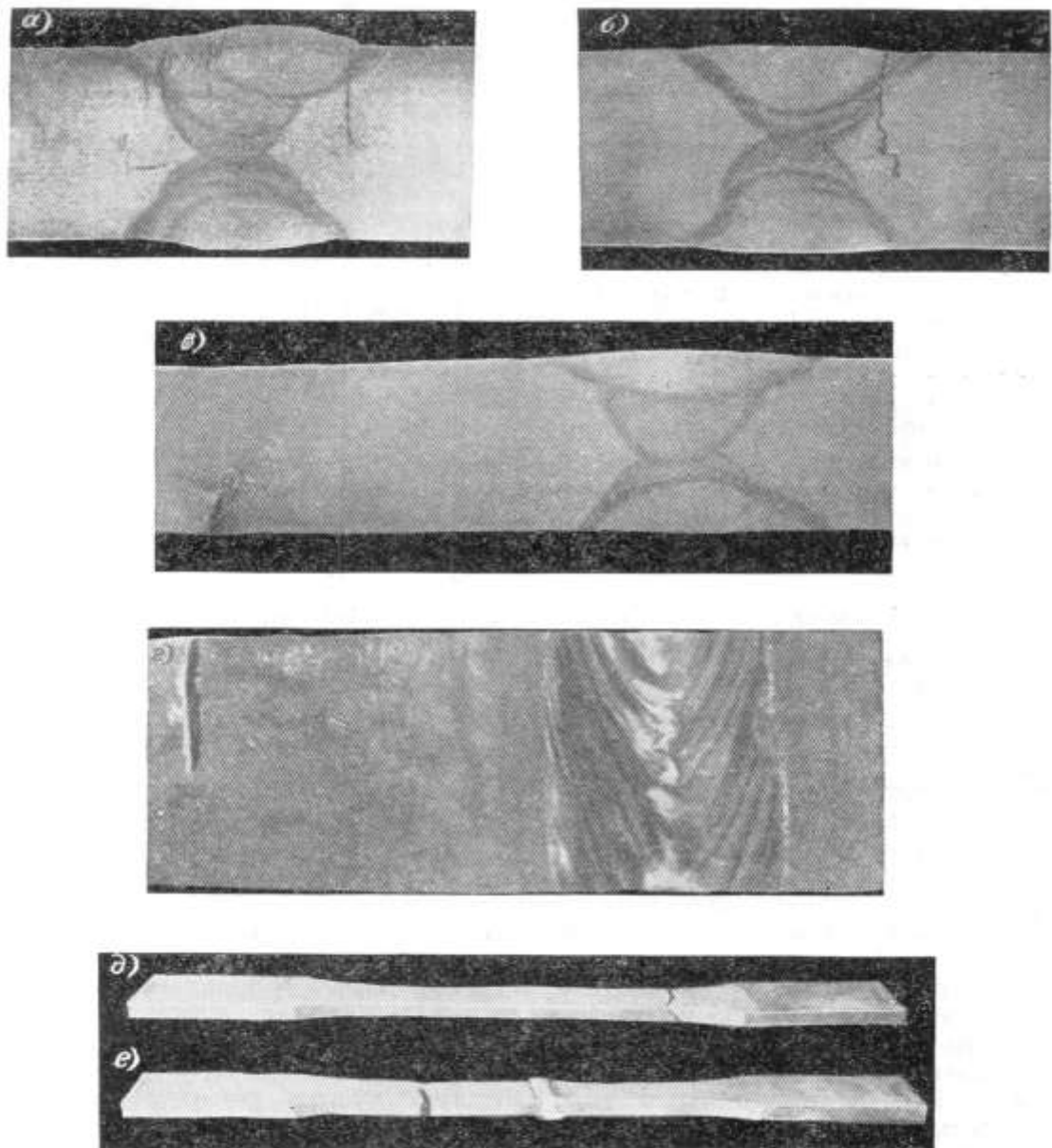


Рисунок 2.9 – Типи руйнувань зварних стикових з'єднань:

а) і б) – руйнування в місці стовщення шва; в) і г) – руйнування удалині від шва для з'єднань з нормальною поверхнею; д) – руйнування удалині від шва для

зразків з цілком обробленою поверхнею; е) – руйнування удалині від шва для з'єднань, у яких дефекти поверхні виправлені місцевою обробкою

Приведені дані показують, що форма поверхні швів впливає на їхню міцність при динамічному навантаженні. Надмірне збільшення висоти валика шва сильно знижує його втомну міцність, тоді як виконання швів з малим стовщенням забезпечує одержання достатніх високих результатів, аж до рівномірності з основним металом. У цих випадках руйнування з'єднання відбувається в перетині по основному металі поза зоною шва.

У стикових швах з великим посиленням зниження міцності відбувається через наявність концентрації напружень у місці переходу від шва до основного металу. У цьому випадку руйнування відбувається завжди в перетині, розташованому безпосередньо біля шва, і починаючи від місця найбільшої концентрації напружень.

Непровари і несплавлення відносяться до внутрішніх дефектів у стикових швах.

Непровар — відсутність сплавлення між основним і наплавленим металом — у корені шва чи по крайці, а також між окремими шарами — при багат шаровому зварюванні.

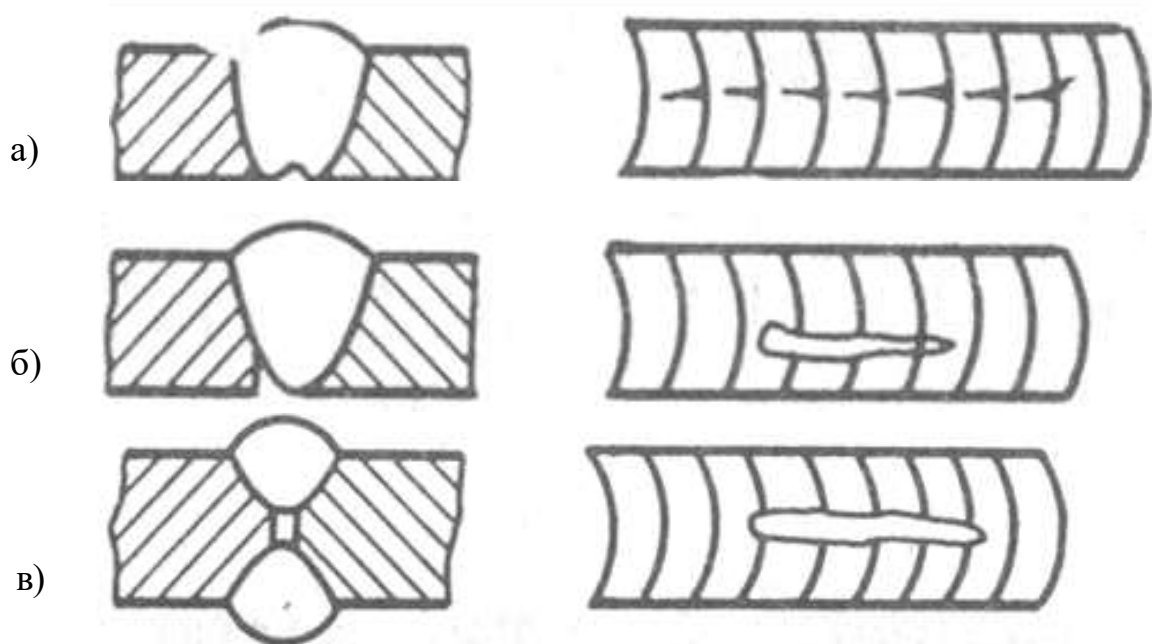


Рисунок 2.10 – Вид і характер дефектів:

- а) – непровар в корні одnobічного шва без підрізу;
- б) – непровар в корні одnobічного шва з підрізом;
- в) – непровар двобічного шва

Непровари при дуговому зварюванні виникають у корені стикових і кутових чи швів між окремими шарами при багат шаровому

укладанні швів. Несплавлення мають місце при дуговому і контактному стиковому зварюванні. Подібні дефекти утворюються також у з'єднаннях, зварених електрошлаковим способом, електронним променем, лазером, при пайку внаслідок непропаєв.

Подібно підрізам несплавлення між основним металом і металом шва чи окремими шарами металу шва при багатошаровому зварюванні також зв'язані не тільки з порушеннями технології зварювання, але і зі змочуванням твердого металу розплавом. Останнє може бути викликано наявністю неметалічних включень на поверхні крайок деталей, що зварюються, чи на поверхні попереднього шару.

Несплавлення виникає при зварюванні на великих струмах і при високих швидкостях зварювання і характеризується відсутністю зони сплавлення між основним і наплавленим металами (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Зона несплавлення в зварному шві

Порівнюється цей дефект із підрізами і є підрізом дуже великої величини. Тому можна припустити, що і механізм їхнього утворення аналогічний механізму утворення підрізів. Непровари найчастіше спостерігаються по товщині основного металу, у вершині кута і по крайках деталей, що зварюються. Непровари по товщині основного металу є наслідком неправильного вибору режимів зварювання і, насамперед, недостатньої сили зварювального струму, у результаті чого не досягається необхідна глибина проплавлення.

Непровари, несплавлення роблять на міцність конструкції вплив, аналогічний тріщинам.

Непровари, підрізи і несплавлення, будучи плоскими дефектами, створюють значну концентрацію напружень і помітно знижують статичну і динамічну міцність зварного з'єднання. Подібна залежність спостерігається для всіляких матеріалів, але найбільш чутливими до непроварів зварні з'єднання з аустенітних сталей типу 12Х18Н9Т и титанових сплавів. Особливо помітно ці дефекти впливають на динамічну міцність. Навіть невеликі по величині непровари (10 % товщини перетину) знижують опір втоми в 2 рази, утворюючи надріз і концентрацію напружень. Причому негативний вплив

підрізів, несплавлень і непроварів підсилюється, якщо дефекти знаходяться в поле високих залишкових розтягуючих напружень.

Навіть невеликі непровари викликають різке зниження витривалості стикових з'єднань. Дослідження, виконані в МВТУ ім. Баумана [30], показали, що непровари, що складають 10% товщини перетину, можуть знижувати опір втоми стику наполовину, а при глибоких непроварах, що займають 40 – 50% товщини перетину, границі витривалості складають тільки 60 – 70 МПа при різних характеристиках циклу (рис 2.12) [43].

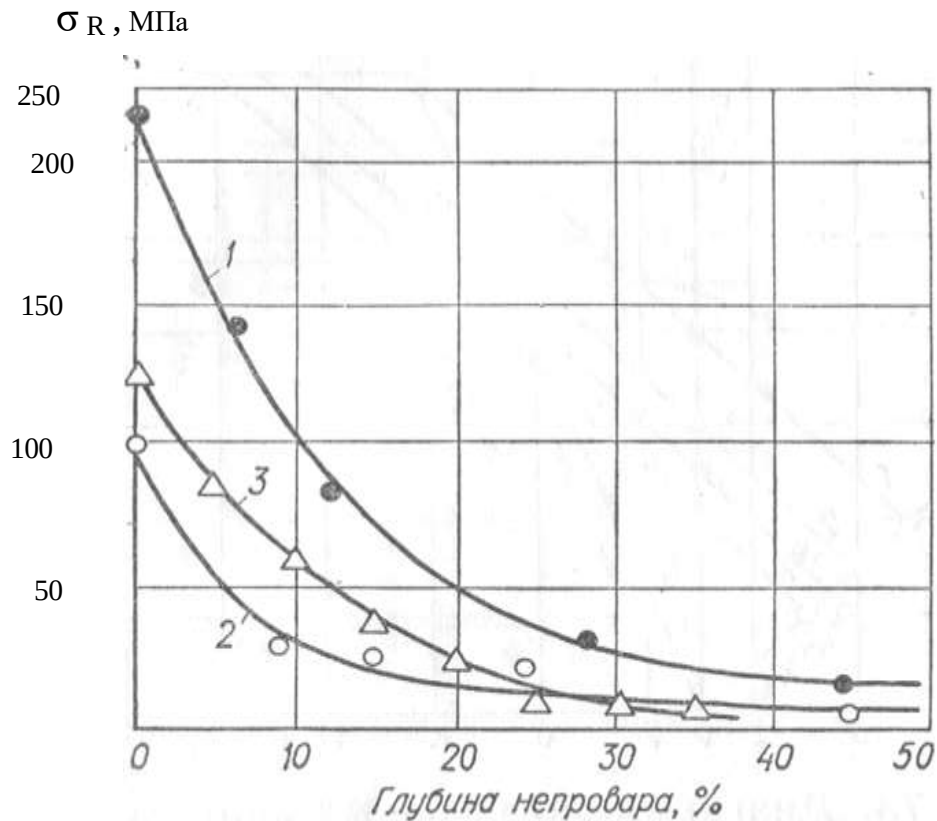


Рисунок 2.12 – Залежність границі витривалості від глибини непровару:
 1 – непровар у Х-образних швах на пластинах сталі Ст.3, $\delta=18$ мм, випробовування на розтяг при $R_\sigma = +0,2$; 2 – непровар у корені стикового шва зразків зі сталі Ст.3, випробовування на вигин при симетричному циклі; 3 – непровар у швах сталі 30ХГСА.

Дефекти знижують опір втоми тільки під впливом концентрацій напружень. Важливо оцінити не тільки роль геометричних факторів, але і вплив поля залишкових напруг, у якому розташований непровар. У наступних дослідженнях випробувалися зразки з непроварами 5×40 і 6×60 мм, що розташовувались у зоні високих розтягуючих (рівних приблизно 160 МПа), стискаючих (80 – 110 МПа) і низьких розтягуючих (10 – 50 МПа) залишкових напружень. Найбільшу витривалість мали стики з непроварами на ділянках стискаючих залишкових напружень. Границя витривалості цих зразків на базі 2 млн. циклів складала 108 МПа. Найбільш

низька довговічність була в зразків, у яких ділянка з непроваром у середній частині шва заварювався в останню чергу, що викликало найвищі залишкові розтягуючі напруження у місці дефект. Границя витривалості таких зразків складала тільки 52 МПа. Проміжну витривалість мали зразки з розтягуючими залишковими напруженнями меншої величини (рис. 2.13) [43].

σ_0 , МПа

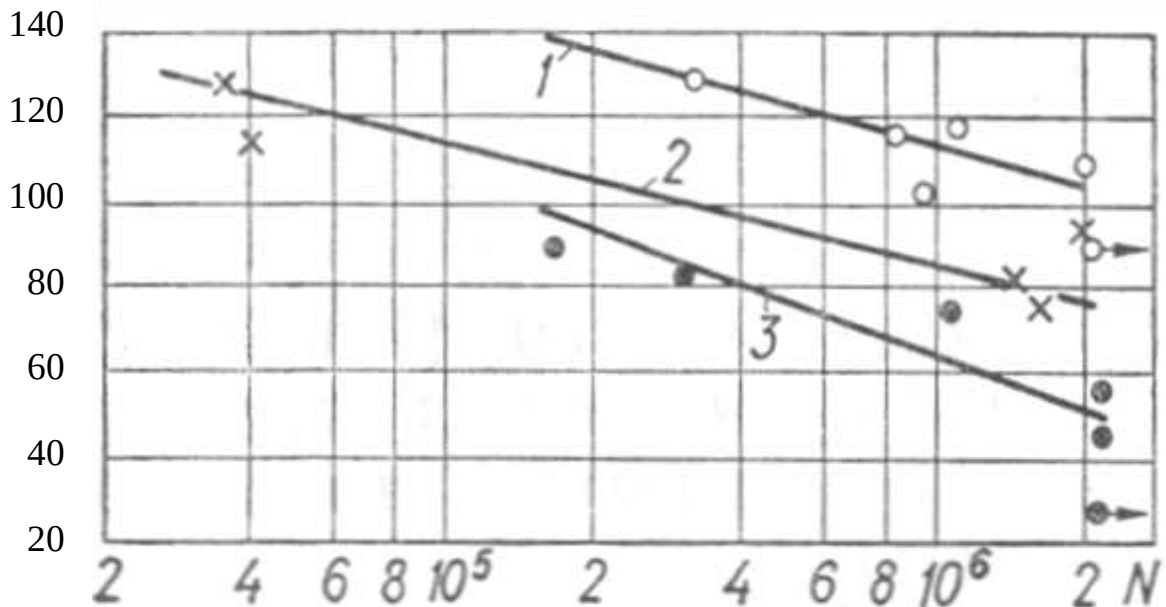
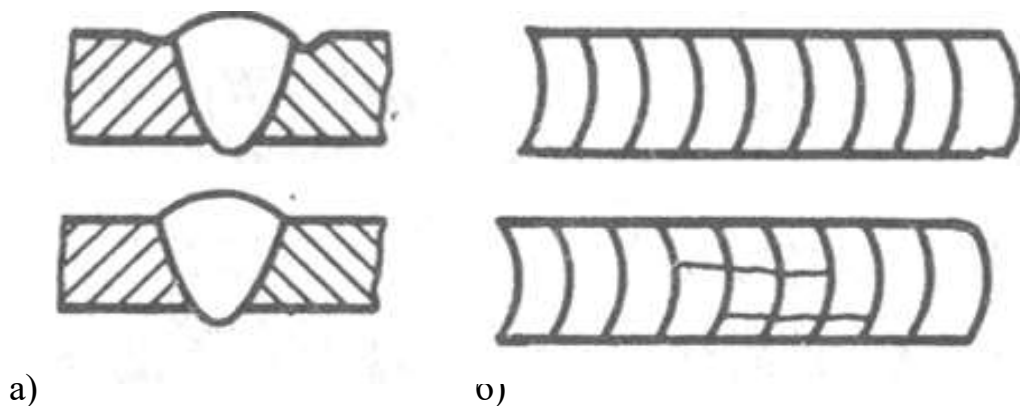


Рисунок 2.13 – Результати випробовування зразків з непроварами, розташованими в різних зонах залишкової напруженості стикового шва:
1 – непровар у зоні стискаючих залишкових напружень 80 – 110 МПа;
2 і 3 – непровари в зоні розтягуючих залишкових напружень відповідно 10 – 50 і 160 МПа.

Причина розсіювання результатів випробовувань зв'язана з різною залишковою напруженістю в місці дефекту.

Підрізи відносяться до зовнішніх дефектів у стикових швах.



а)

б)

Рисунок 2.14 – Схематичне зображення підрізу:
а – по перетині з'єднання; б – по радіограмі

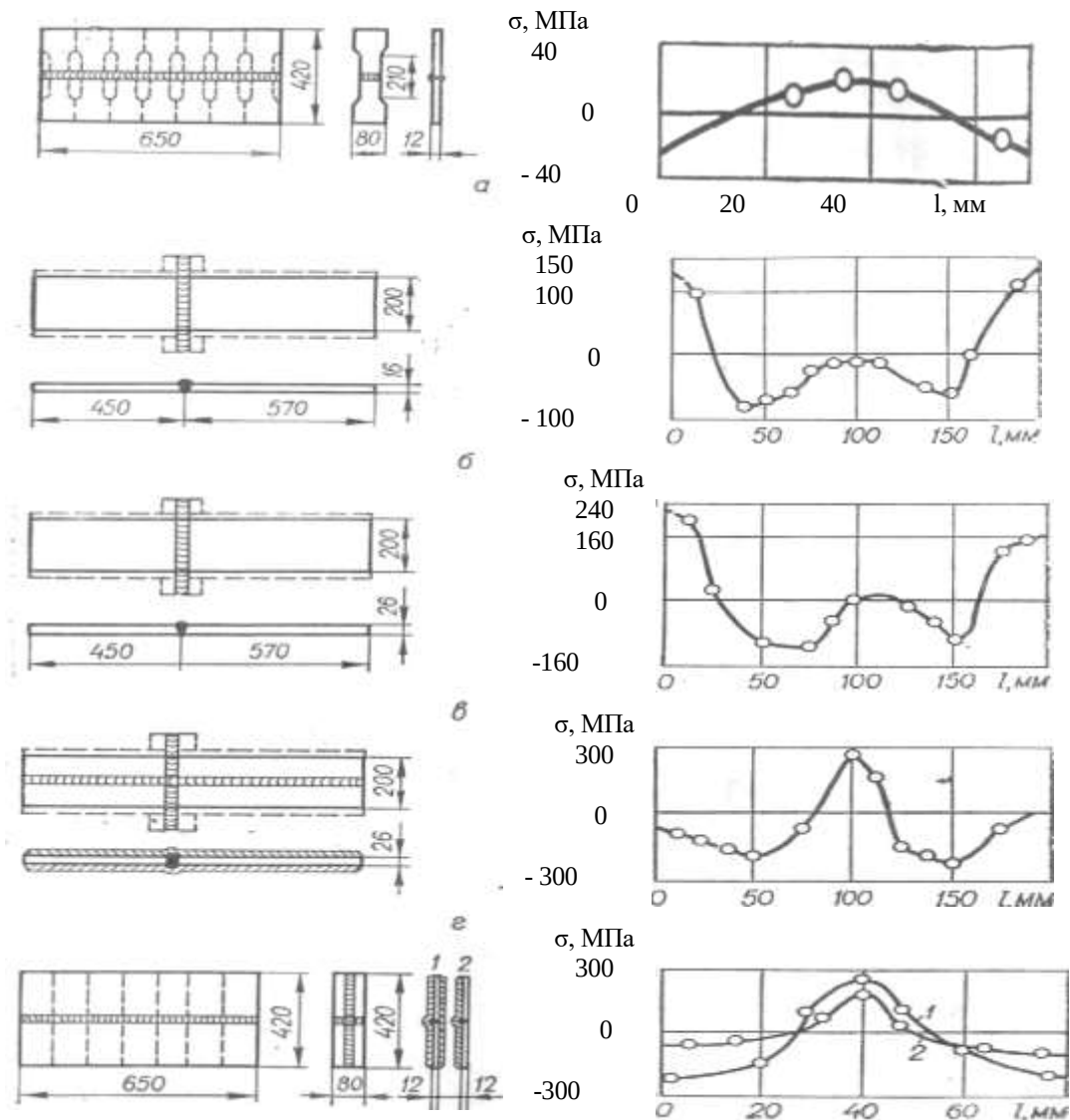


Рисунок 2.15 – Епюри поперечних (по відношенню до стикового шву) залишкових напружень в зразках (сталь маловуглецева, зварювання автоматичне) перерізом 70×12 мм, отримані шляхом розрізання загальної заготовки з стиковим швом (а); перерізом 200×16 мм та 200×26 мм з видаленням після зварювання вивідних планок та струганням кромки (відповідно б та в); перерізом 200×26 з додатковими повздовжніми наплавками (г); перерізом 70×12 мм з наплавками, нанесеними після розрізання загальної заготовки (д):

1 – двостороння наплавка; 2 – одностороння наплавка

Звичайне утворення підрізів зв'язують з порушенням технології зварювання: підвищенням напруги дуги, неточним веденням електрода по осі з'єднання, перевищенням швидкості зварювання. У цих випадках відбувається більш глибоке проплавлення однієї з крайок, що приводить до утворення канавки, що залишається після затвердіння металу зварювальної ванни.

Однак відзначається, що утворення підрізів зв'язане і з розтіканням розплавленого металу по поверхні твердого металу.

Підрізи є різкими концентраторами напружень. Зі зростанням глибини підріз витривалість з'єднання падає.

Оцінюючи витривалість швів з підрізами в зонах високих розтягуючих залишкових напружень була пророблена робота на зразках перетинами 160×30 і 160×20 мм зі сталі 09М2С [43]. Кожен зразок зварювався окремо. Поперечний стиковий шов посередині зразка виконувався механізованим зварюванням дротом Св-08ГА під флюсом АН-348А. кінці шва виводилися на планки, що потім зрізалися. В останню чергу строгались крайки.

Щоб знати характер залишкових напружень у місцях розташування підрізів, додатково до раніше отриманих епюрів залишкових напружень (див. рис. 2.15) визначалися залишкові напруження в одному зі зразків товщиною 20 мм. Виміри виконувалися датчиками опору з базою 5 мм. Було встановлено, що напруження, що розтягують, не перевищують 100 - 120 МПа по кінцях шва і 40 МПа - у середній його частині. У зразках товщиною 30 мм залишкові розтягуючі напруження вище. У кінців шва їхня величина дорівнює 160 – 200 МПа.

Підрізи створювалися шляхом попереднього оплавлення окремих ділянок крайок оброблення. Глибина підрізів змінювалася від 1,0 до 3,5 мм.

Розташовувалися вони в різних зонах залишкової напруженості шва.

Зразки випробувалися пульсуючої осьовим навантаженням на машині ЦДМ-200пу. Результати випробовувань зразків кожної групи виявилися досить чіткими, незважаючи на розходження в розмірах і розташуванні дефектів (у краю шва, у середині і комбіноване розташування) (рис.2.16).

При цьому ефект того й іншого фактора приблизно однаковий. Збільшення глибини підрізу в два рази знижує на 15% границю витривалості. Приблизно таке ж падіння границі витривалості (на 18%) спостерігається й у результаті збільшення залишкових напружень, що розтягують, від 50 - 100 до 150 - 200 МПа. Однак варто враховувати, що зміна границі витривалості від 165 до 118 МПа відбувається не тільки внаслідок посилення концентрації напружень, але і під впливом залишкових розтягуючих напружень рівних 50 - 100 МПа, а сумарний вплив обох факторів знизило границю витривалості від 165 до 82 МПа, тобто на 50%.

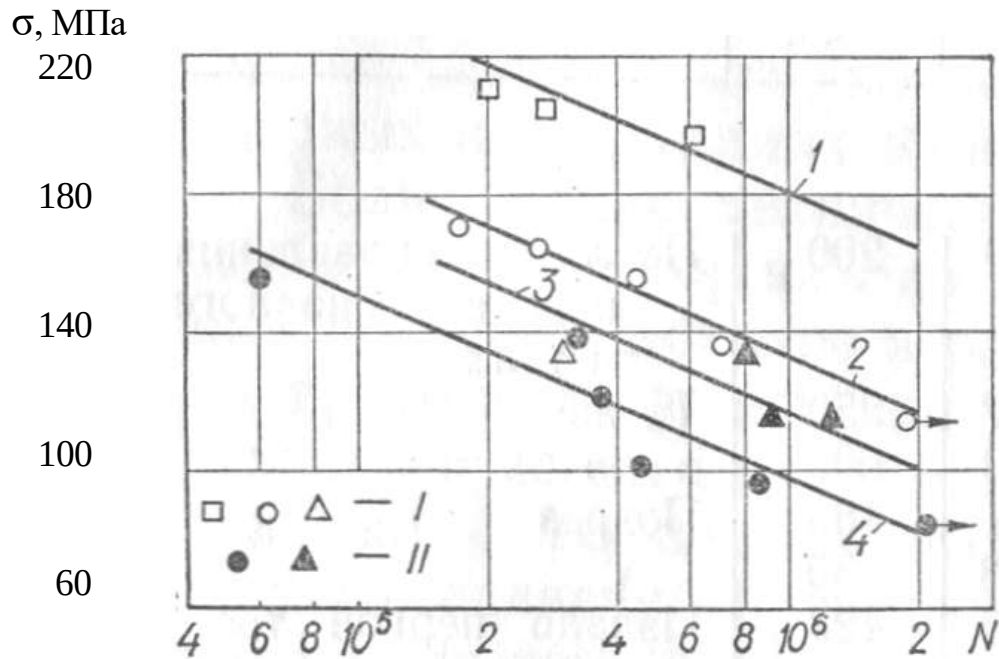


Рисунок 2.16 – Витривалість зразків з підрізами:

1 – стикові шви без дефектів; 2 – зразки з підрізами глибиною 1 – 1,5 мм (залишкові напруження нижче 100 МПа); 3 – зразки з підрізами глибиною 2 – 3,5 мм (залишкові напруження нижче 100 МПа); 4 – зразки з підрізами глибиною 2 – 3,5 мм (залишкові напруження 150 – 200 МПа); I – зразки товщиною 20 мм; II – зразки товщиною 30 мм.

Норми допускають підрізи глибиною до 1 мм при товщині сталі понад 10 мм. Якщо виходити з отриманих даних, то ця вимога можна зберегти для елементів і з'єднань маловуглецевих сталей, що випробують перемінні напруження з характеристикою циклу $r > 0,1$, і для елементів з'єднань низколегованих сталей з характеристикою циклу $r > 0,4$. при менших значеннях r підрізи не припустимі, особливо на ділянках з високими залишковими напруженнями [43].

Прожоги відносяться до зовнішніх дефектів стикового зварного з'єднання. Прожоги — наскрізні отвори, що виникають при локальному витисненні розплавленого металу зі зварювальної ванни. При відхиленні від норми сил тиску дуги і гідростатичного тиску стануть більше сили поверхневого натягу, що приведе до витікання металу й утворенню прожогів. Прожоги утворюються при зварюванні деталей невеликої товщини, коли ширина зварювальної ванни велика і перевищує часом товщину деталей.

3 Діагностика дефектів зварювання

3.1 Методи виявлення і оцінки дефектів зварювання

Класифікація структури дефектів по способах їхнього виявлення установлює поділ дефектів на чотири класи.

Дефекти I класу виявляють і вимірюють при візуальному контролі за допомогою міряльного інструмента: лінійки, шаблонів, оптичних приладів. Це, як правило, зовнішні (поверхневі) дефекти форми шва, а також дефекти несплошності, що виходять на поверхню шва.

Дефекти II класу виявляють і вимірюють побічно за допомогою різних методів не руйнуючого контролю: радіаційних, ультразвукових, магнітних. Це, як правило, внутрішні макродефекти — несплошності металу шва: пори, шлакові включення, непровари, тріщини.

Дефекти III класу виявляють і вимірюють за допомогою випробовувань, що руйнують: механічних, металографічних. Це внутрішні дефекти сплошності, у тому числі і структури металу шва, зони термічного впливу, різні види несплавов, мікротріщин. Як правило, це мікродефекти, не виявлені методами, використовуваними для I і II класів.

Дефекти IV класу не виявляються застосовуваними на практиці методами. До них відносяться різні приховані дефекти, наприклад внутрішні напруження у шві, напруження в з'єднаннях, різні субмікродефекти, недосконалості структури.

Аналіз дефектності зварних з'єднань по пропонованій класифікації показує, що найбільша кількість дефектів шва падає на I і II класи. Однак перше місце по інформативності про дефекти займає III клас. Незважаючи на рідкі і невеликі обсяги контролю з руйнуванням, його інформативність і вірогідність перевершують I і II класи, хоча значно уступають їм в оперативності. З аналізу випливає необхідність підвищення вірогідності методів контролю перших двох класів у реальних умовах об'єктів і використання III класу переважно для перевірки об'єктивності виявлення дефектів по I і II класах.

Для виявлення дефектів зварних з'єднань використовують різні засоби технічного контролю. Термін «технічний контроль» визначають як перевірку відповідності чи продукції процесу, від якого залежить якість продукції, установленим технічним вимогам.

При виготовленні зварних з'єднань можуть виникати різноманітні макро- і мікродефекти в наплавленому металі шва, околошовної зоні і зовнішній поверхні шва, а також дефекти мікроструктури форми шва, геометричні недосконалості: перекіс з'єднання, зсуву.

Різні характер, форма і розташування дефектів у зварному з'єднанні вимагають різного підходу для їхнього виявлення, тобто технічний контроль повинний включати різноманітні методи (комплекс

методів), що забезпечують виявлення усіх видів дефектів і вимір їхніх розмірів.

В даний час технічний контроль умовно розділяють на двох областей: область методів, що руйнують, і область методів контролю, що неруйнують, (НМК).

Руйнуючий контроль застосовується для визначення механічних характеристик сталі і наплавленого металу. Його застосування у виробничих умовах виправдано тільки при освоєнні нових марок сталей, нових способів зварювання, нових матеріалів і т.д., тобто коли невідомі механічні властивості наплавленого металу (чи вони можуть змінюватися в процесі зварювання).

Контроль, що не руйнує, не ушкоджує цілісності конструкції. Відрізняється транспортабельністю, портативністю, не вимагає спеціальних приміщень, стаціонарних машин.

Задачею НК є не тільки встановлення чи наявності відсутності дефекту, але і виявлення ступеня дефектності (розміри і характер дефекту). Одержувана інформація, по-перше, дозволяє оцінити можливість ремонту; по-друге, з'ясувати причини утворення дефекту і намітити заходу щодо запобігання його появи. До цієї групи методів контролю відносяться:

1. Візуально-оптичний метод.
2. Радіаційна дефектоскопія.
3. Ультразвукова дефектоскопія.
4. Магнітна й електромагнітна дефектоскопія.
5. Капілярна дефектоскопія.
6. Дефектоскопія течешуканням.
7. Інші методи.

Таблиця 3.1 - Рекомендації з застосування методів НК

Дефекти звареного шва	Застосовність методу				
	Магніто-порошковий	Капілярний	Токових-ревій (наклад-ні датчики)	Ультразвуковий імпульсний ЕХО метод	Рентгено-графічний
Тріщини	+	+	+	+	+
Непровари	+	-	-	+	+
Шлакові включення	-	-	-	+	+
Раковини, пористість	-	+	-	+	+
Підрізи	-	-	-	-	+

Примітка. Знаки означають наступне: «+» - широко застосовується; «-» - метод не застосовується.

Магніто-порошковий метод контролю

Заснований на виявленні магнітних полів розсіювання над дефектами за допомогою феромагнітних часток, що знаходяться в зваженому стані в рідині – воді, газі, мінеральному мастилі чи в повітрі.

На очищену поверхню контрольованої зони об'єкта наносять суспензію або порошок і намагнічують виріб. Під дією магнітного поля частки феромагнітного порошку переміщуються по поверхні деталі, накопичуються у виді валиків над дефектами. Наступний огляд дозволяє судити про їхні контури. Потім об'єкт розмагнічують.

Магнітний потік у бездефектній частині деталі не змінює свого напрямку. Якщо зустрічаються дефекти (тріщини), то частина магнітних ліній виходить з деталі. Тріщини уздовж зварного шва виявляються пропусканням струму по зварному шві за допомогою електроолівця.

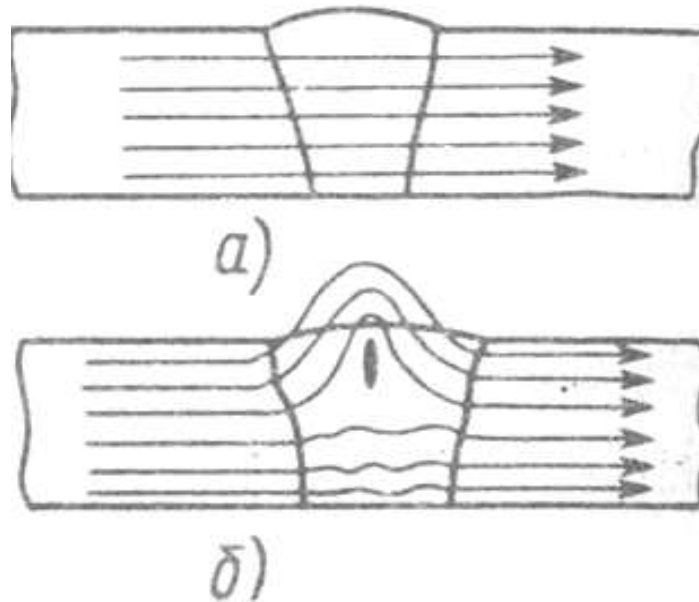


Рисунок 3.1 – Розподіл магнітного потоку по перетині якісного (а) і дефектного (б) зварного шва

Малоефективним метод стає, коли на деталі є западини і місцеві посилення, тоді порошок накопичується не стільки в залежності від присутності дефекту, скільки від особливостей рельєфу. Цей метод контролю дозволяє чітко визначати довжину і конфігурацію дефекту, але не подає інформацію про глибину тріщини. Корисним доповненням є використання потенціометричних датчиків.

Таблиця 3.2 – Виявлення дефектів методами намагнічування

Спосіб намагнічування	Дефекти, що виявляються
Повздовжнє з постійним магнітом, електромагнітом, соленоїдом Циркулярне, із пропущенням струму по деталі Комбіноване, із пропущенням струму по деталі і з електромагнітом	Поперечні дефекти Повздовжні дефекти типу тріщин, непроварів Дефекти, по-різному розташовані в просторі

Капілярна дефектоскопія

Методи не руйнуючого контролю призначені для виявлення дефектів типу несучільності матеріалу, не видимих неозброєним оком. Вони засновані на використанні капілярних властивостей рідини і виявляють дефекти шляхом утворення індикаторних малюнків (яскравим і колірним) контрастом і із шириною ліній, ширину розкриття дефектів.

Після очищення від забруднень контрольовану поверхню змочують спеціальною рідиною – індикаторним пенетратом, що проникає в щілину на поверхні (рис. 3.2). Основною частиною пенетрата є керосин, який виключає закупорку щілин. Час дії пенетрата – до 5 хвилин. Далі проводиться очищення поверхні від пенетрата і проявлення малюнка, що залишився на поверхні.

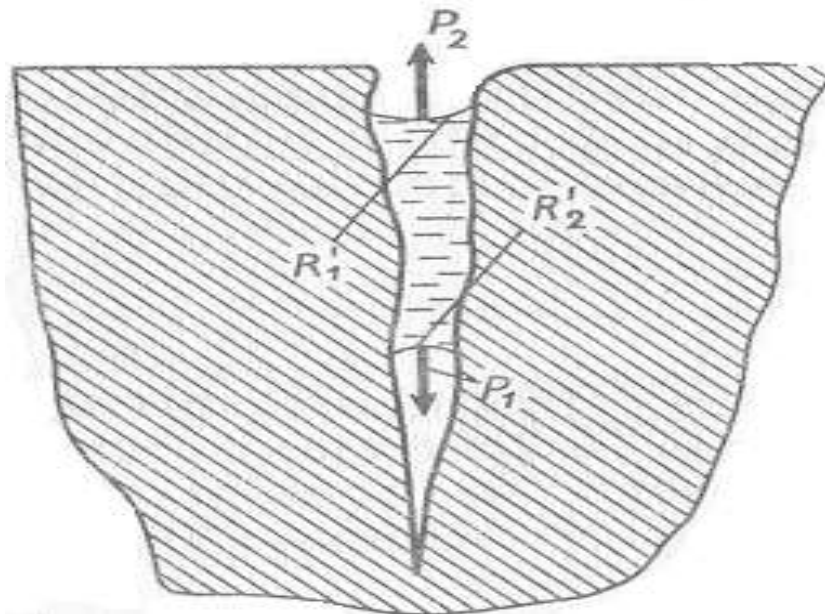


Рисунок 3.2 – Схема проникнення рідини в глиб порожнини тріщини

Методи люмінесцентної дефектоскопії (ЛКД).

При застосуванні люмінесценції проявником може служити тальк у формі порошку, що наноситься на поверхню. Далі тальк видаляється, а потім поверхню висвітлюють ультрафіолетовим світлом. Використовуються рідини, колір люмінесценції яких відповідає денної максимальної чутливості зору — зеленувато-жовтий видний в ультрафіолетових променях.

Метод люмінесцентно-кольорової дефектоскопії (ЛЦКД) відрізняється тим, що цьому індикаторні малюнки не тільки люмінесцирують в ультрафіолетових променях, але і мають фарбування, викликане виборчим поглинанням променів. Малюнки виявляються й в ультрафіолетових променях і видимих променях.

Кольорові методи контролю. Прояв дефектів роблять, наприклад, шляхом нанесення на поверхню об'єкта каолінової суспензії, розчиненої в воді чи в спирті.

Найбільш використовувані методи капілярної дефектоскопії:

- кольорова дефектоскопія універсальна. Вона використовується на машинобудівних заводах, у ремонтних підприємствах для повного і локального контролю деталей;
- кольоровий барвистий метод;
- кольоровий порошковий і суспензійний методи менш ефективні, чим кольорова дефектоскопія. Вони утворюють менш чіткі, що розпливаються згодом, малюнки дефектів.

Струмовихровий метод (накладні датчики)

Метод контролю вихровими струмами використовують для виявлення несправ, тріщин у виробах з низьколегованих сталей, алюмінієвих сплавів, сплавів титана.

Вихрострумовий контроль ґрунтується на встановленні та аналізі взаємодії електромагнітного поля вихрострумового перетворювача з електромагнітним полем вихрових струмів, які наводяться у виробі, що контролюється.

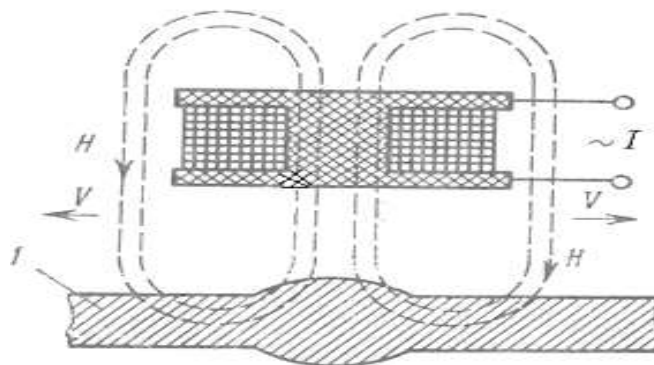


Рисунок 3.3 – Схема накладного дефектоскопа

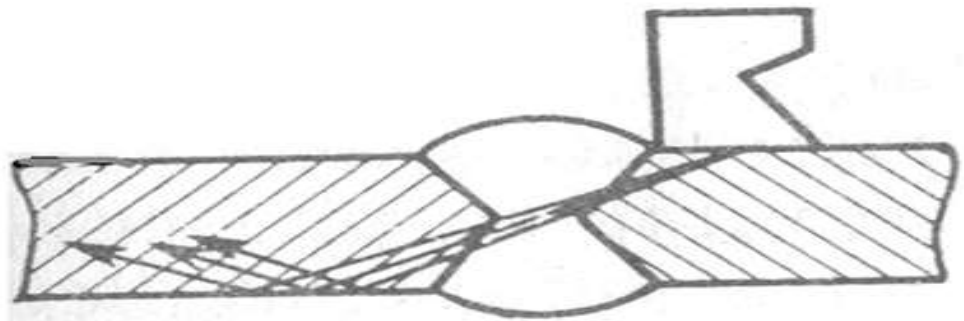
Контроль вихрострумовими струмами виконують без безпосереднього контакту перетворювача з об'єктом, що дозволяє вести його при взаємному переміщенні перетворювача та об'єкта з великою швидкістю.

У накладних датчиках катушка розташовується безпосередньо на об'єкті (рис. 3.3). Дефектоскопи накладної системи застосовують для виявлення поверхневих дефектів плоских об'єктів, а також коли потрібно висока чутливість.

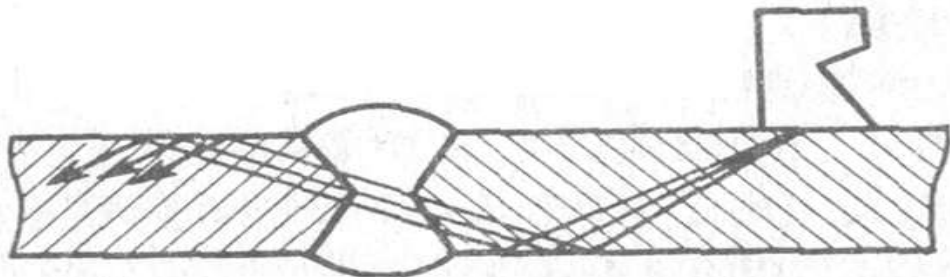
Ультразвуковий імпульсний ЕХО-метод

При ультразвуковому імпульсному методі визначаються розміри і характер дефектів. Для виконання зазначеної задачі необхідне знання наступних параметрів: амплітуди ехо-сигналу; довжини, обумовленою довжиною зони переміщення перетворювача уздовж шва; кількості дефектів по довжині і перетину шва.

При виявленні дефектів, різним образом орієнтованих у стиковому шві, виконаним дуговим способом, зварне з'єднання рекомендується прозвучити по обидва боки валика посилення шва. При першому проході варто перевіряти прямим променем нижню половину шва (рис. 3.4,а); при другому проході - верхню половину шва (рис. 3.4,б).



а)



б)

Рисунок 3.4 – Способи прозвучування зварних з'єднань:
а – прямим променем; б – однократно відбитим

Рентгенографічний метод контролю

В основі рентгенографічного методу контролю лежить іонізуюче випромінювання у формі рентгенівських променів і гамма-випромінювання, що володіють високою проникаючою здатністю. Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами заснований на зміні рентгенівського променя і гамма-випромінювання в результаті втрати частини енергії при проходженні ними матеріалу в залежності від його щільності та товщини.

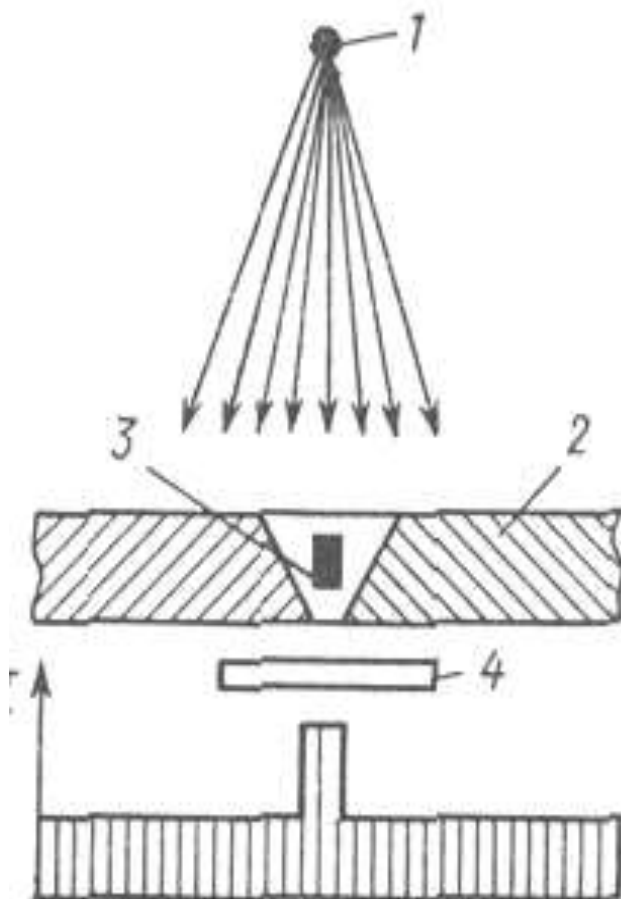


Рисунок 3.5 – Схема просвічування зварного з'єднання:

1 – джерело; 2 – контрольоване з'єднання; 3 – дефектне місце; 4 – детектор;
I – графік інтенсивності випромінювання, що проходить через контрольоване з'єднання

4 Методи боротьби з дефектами у зварних з'єднаннях

4.1 Заходи по зменшенню виникання тріщин

Оскільки природа утворення тріщин, що зустрічаються в зварних швах, різна, розглянемо заходу для їх усуненню для кожного виду тріщин (кристалізаційних, полігонізаційних, холодних) окремо.

Заходи для зменшення виникнення кристалізаційних тріщин. Зниження імовірності утворення кристалізаційних тріщин можна досягти за рахунок застосування наступних прийомів:

- 1) зменшення змісту сірки в основному металі, електродному дроті, чи покритті флюсі;
- 2) введення в зварювальну ванну компонентів, що зв'язують сірку в тугоплавкі включення;
- 3) створення умов для утворення оксидних включень, які добре змочуються сульфідами;
- 4) введення в метал компонентів, що погіршують змочування металу розплавами легкоплавких сульфідів;
- 5) створення умов для видалення зі зварювальної ванни сульфідних і окисульфідних включень;
- 6) обмеження змісту компонентів, що сприяють сегрегації сірки;
- 7) зменшення розмірів кристалітів і величини деформації зварного з'єднання;
- 8) варто уникати також концентраторів у зоні металу, що кристалізується, наприклад стикових швів з непроваром, замкових з'єднань, зварювання на підкладці, що залишається;
- 9) створення сприятливої форми шва;
- 10) для стикових з'єднань листів уживають заходів по зменшенню поперечних деформацій подовження, створюючи закріплення на початковій і кінцевій ділянках шва. Необхідно мати у виді, що при перетинанні швом ділянок, у яких є напруження розтягнення можуть виникнути підвищені деформації подовження, наприклад при перетинанні шва з незнятими зварювальними напруженнями чи при переваренні прихватки, у якій виникли великі розтяжні зусилля в процесі зварювання. Для усунення цих недоліків застосовують попереднє перерізання цієї ділянки (якщо дозволяє конструкція), його підігрів безпосередньо перед зварюванням або зміна конструктивних рішень.

Заходи для зменшення виникнення полігонізаційних тріщин варто використовувати наступні міри:

- 1) легувати метал елементами, що сприяють міграції границь зерен і зменшенню швидкості межзеренного прослизання;

- 2) знижувати зміст у металі домішок, що спотворюють кристалічні ґрати (домішок упродовження);
- 3) подрібнювати зерна;
- 4) зменшувати величину деформації при зварюванні;
- 5) збільшувати швидкості охолодження хвостової частини зварювальної ванни.

Заходи для зменшення виникнення холодних тріщин:

- 1) зсув мартенситного перетворення переохолодженого аустеніту в зону більш високих температур;
- 2) регулювання термічного циклу в процесі зварювання, а також після зварювальна обробка зварних з'єднань, зокрема термічна;
- 3) попередня термічна обробка — отжиг для укрупнення карбідів, ізотермічне загартування з високим відпуском і термомеханічна обробка — також підвищує опірність сталей утворенню холодних тріщин;
- 4) зниження змісту водню в металі;
- 5) зменшення змісту компонентів, що знижують поверхневу енергію поверхонь, що розкриваються при утворенні тріщини;
- 6) зниження змісту неметалічних включень;
- 7) зменшення величини сумарного напруження;
- 8) застосування для зварювання аустенітних електродів, що зменшують перегрів околошовної зони і знижують у ній концентрацію дифузійного водню;
- 9) прокалка електродів і флюсів, осушення захисних газів, попередження улучення вологи в зону зварювання сприяють зменшенню кількості водню у шві і підвищують опірність холодним тріщинам.

Заходи щодо ліквідації тріщин в умовах ремонту. Своєчасне виявлення і ліквідація тріщин значно зменшують обсяг ремонту і є гарантією безаварійної роботи крана.

У зварних конструкціях ремонт тріщин здійснюють заваркою. У ряді випадків обсяг ремонту обмежується заваркою тріщини; іноді заварка наявної тріщини є першою стадією, що передуює посиленню елемента.

Тріщини, що проходять по листових чи елементах поперечному перерізу стрижнів ферментних елементів (куточкам, швелерам і т.п.), обмежують по кінцях отворами-ловителями, що перешкоджають подальшому поширенню тріщин. Ловителі, по-перше, ліквідують закінчення тріщини, по-друге, дозволяють здійснити повний провар закінчення шва. Заварка тріщин у листовому і профільному металі без ловителів не приведе до позитивного ефекту і тріщина звичайно з'являється знову.

Кінець тріщини виявити при однобічному контролі неможливо, а тому що закінчення її звичайно не перпендикулярно до поверхні елемента, то

заварка без отвору не обмежує кінець тріщини, що приводить до появи тріщини по наплавленому металі чи до подальшого її поширення.

Діаметр отвору-ловителя при засверловці тріщини залежить від товщини металу. Для металу товщиною 5—25 мм досить виконати отвір діаметром 20—30 мм.

Заварку тріщин в елементах конструкції виконують у наступній послідовності:

- визначають кінці тріщини, що може бути виконано зачищенням (шкуркою) передбачуваного закінчення тріщини і травленням розчином соляної кислоти;
- доступність тріщини з іншої сторони елемента кінець її виявляють керосиновою пробою;
- засвердлюють отвір, відступивши на 10—15 мм від видимого кінця тріщини убік цілого металу;
- роблять оброблення крайок тріщини під зварювання, повітряно-дуговим чи газовим різанням. При позитивній температурі можна вирубувати крайки пневматичним зубилом;
- заварюють тріщину; отвір не заварюють;
- зачищають кінець і початок шва, знімають посилення шва понад 1 мм.

На рис. 4.5 приведені форми крайок, застосовні при заварці тріщин. Крайки форм, показаних на рис. 4.5 а, б, одержують газовим різанням, а на рис. 4.5 , в – рубанням пневматичним зубилом, що здійснено лише не в безпосередній близькості зварних швів [36].

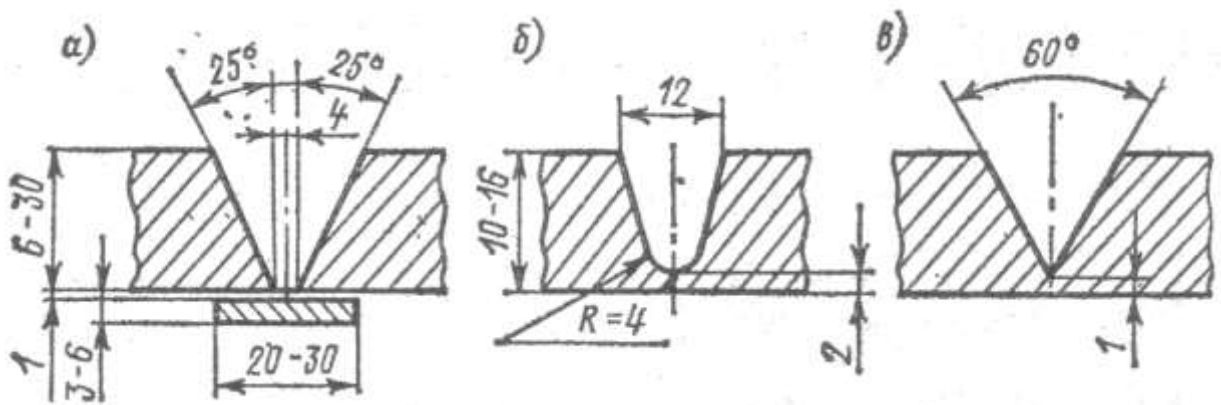


Рисунок 4.1 – Форми крайок під шов для заварки тріщин в листах:

- а – для однобічного шва на підкладці, що залишається; б – для однобічного шва, що перекривається накладкою; в – для двостороннього чи однобічного шва, що перекривається накладкою

Тріщини заварюють двосторонніми чи однобічними на підкладці стиковими швами. У тих випадках, коли тріщина виходить за крайку елемента, шов виносять на вивідну планку. Ремонтні стикові шви рекомендується зашліфувати з усіх доступних сторін (включаючи крайки листів) урівень з основним металом.

Заварка стиковими швами тріщин у прокатних фасонних профілях можлива лише за умови, що тріщині виходить за межі однієї чи стінки полки і допускає засвердлення кінця, що примикає до обушка перетину. Заварка тріщин стиковим швом у поясах зварених двотаврових балок можлива, якщо тріщина не досягає поясного шва і також допускає засвердлення. Якщо тріщина виходить на поясний шов і далі на стінку, то ремонт ведеться, як показано на рис. 4.6.

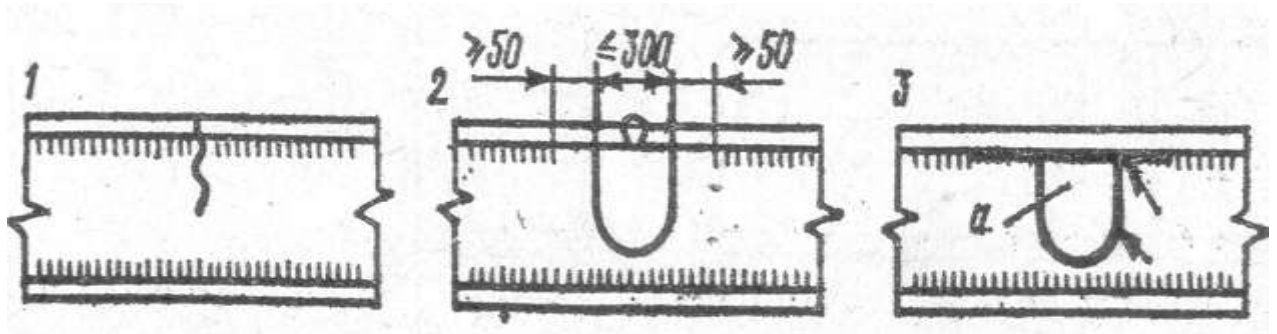


Рисунок 4.2 – Усунення тріщин у зварних стрижнях двотаврового перетину: 1 – положення тріщини; 2 – частина стінки вирізана, тріщина в поясі заварена; 3 – встановлена і приварена вставка а і відновлена поясний шов

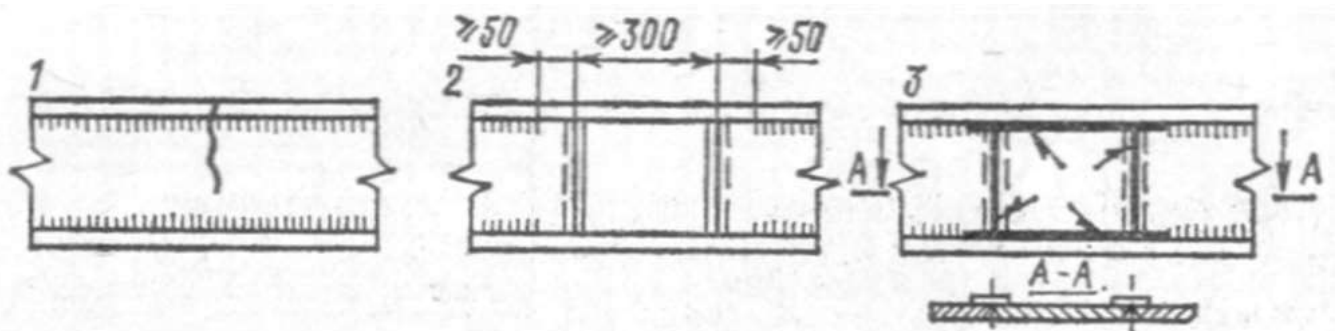


Рисунок 4.3 – Усунення тріщин у зварних стрижнях двустенчатого перетину: 1 – положення тріщини; 2 – стінка вирізана, пояс заварений, установлені підкладки по вертикальних крайках стінки; 3 – установлена вставка стінки, заварені вертикальні, а потім горизонтальні шви

При заварці тріщин у поясах двустенчатих стрижнів і балок, що не мають внутрішніх подовжніх ребер жорсткості, попередньо знімають частину стінки, достатню для доступу в порожнину, шов пояса роблять двостороннім чи однібічною на підкладці, а вставку стінки приварюють однібічними швами на підкладці (рис. 4.7). Тріщини в двустенчатих балках, що знаходяться в межах чи пояса стінки, але не поблизу ребер жорсткості, можуть бути вирізані з наступної варкої вставки, як це показано на рис. 4.8. Співвідношення розмірів вставки по головних осях повинне допускати її установку на місце з заздалегідь схопленою підкладкою.

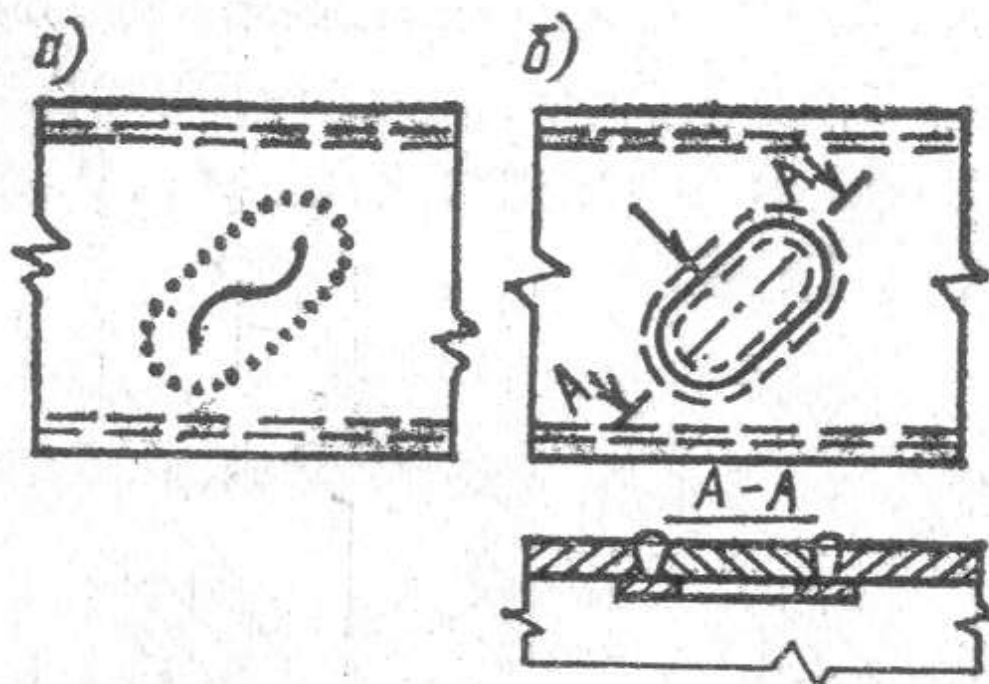


Рисунок 4.4 – Усунення тріщин у зварних стрижнях двустенчатого перетину установкою вставки: а - положення тріщини і розмітка під вирізку; б - заварка

Накладки застосовують для головних балок мостових кранів, які ремонтуються на місці установки в ненавантаженому стані (рис. 4.9, а, б).

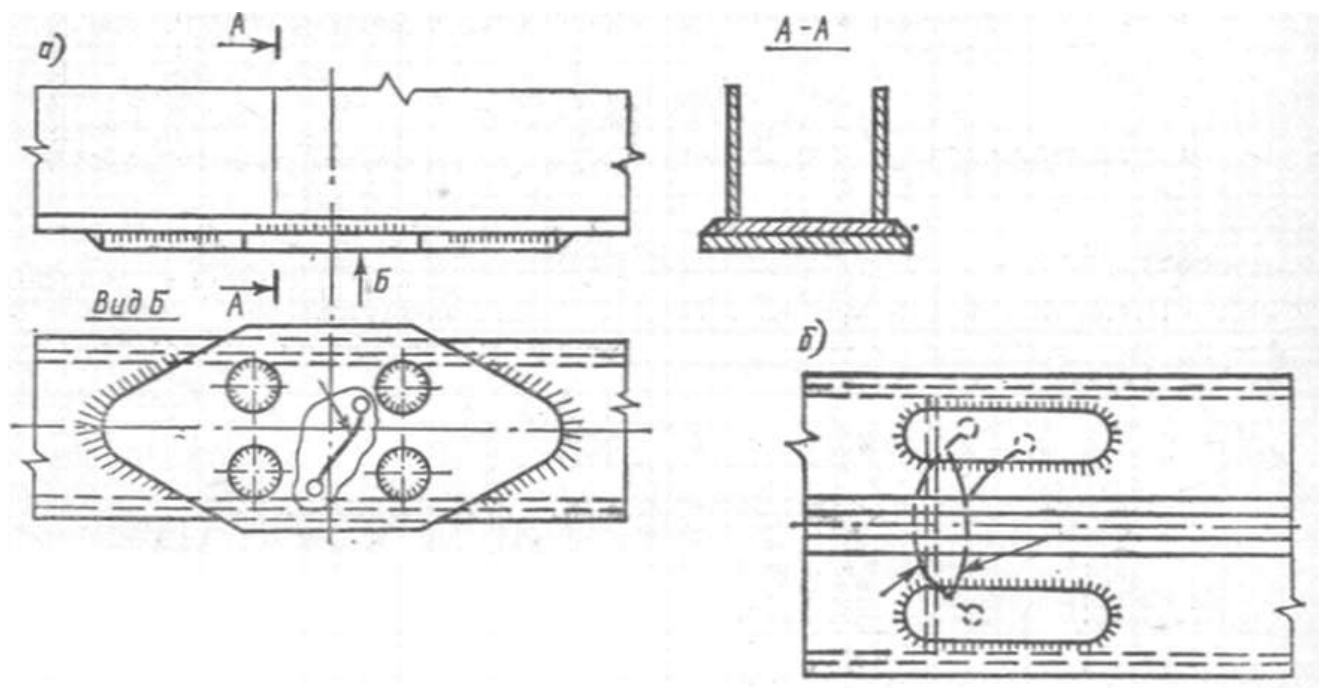


Рисунок 4.5 – Посилення накладками нижнього (а) і верхнього (б) поясів головної балки мостового крана після заварки тріщини однібічними швами

При незначній довжині тріщини в порівнянні з розмірами елемента, при розташуванні тріщини в стиснутій зоні, наявності тріщини, викликаній силовим чи технологічним фактором (тріщини від стиків підвізкової рейки, приварки петушків кріплення рейки і т.п.), її можна обмежити свердлінням, без заварки. Потрібно відзначити, що вчасно виявлена і засвердлена наприкінці тріщина, як правило, далі не поширюється.

При наявності тріщини в звареному шві ремонт зводять до відновлення останнього зі створенням безупинного переходу до збереженого ділянці шва. Дефектний шов повинний бути вирубаний по довжині, що перевищує видимі закінчення тріщини, на 50—100 мм і заварений знову. Допускається посилення відновлюваної ділянки шва. При виконанні зварювання необхідно забезпечити максимально можливий провар з'єднання і плавний перехід до основного металу.

4.2 Заходи по усуненню неметалічних включень

Видалити неметалеві включення зі зварного шва можна тільки в тому випадку, якщо метал зварювальної ванни покритий шаром шлаку чи оксидною плівкою достатньої товщини. Це можливо при зварюванні з застосуванням флюсів, флюсопаст, при зварюванні в окисних газових середовищах, коли на поверхні зварювальної ванни утвориться оксидна плівка, і в електрошлакових процесах.

При зварюванні в інертних газах домогтися помітного видалення неметалічних включень зі зварювальної ванни неможливо. У цьому випадку можна тільки зменшити кількість неметалічних включень, що утворилися в зварювальній ванні, їхній розмір, уплинути на форму включень, що утворюються, і на місце їхнього розташування.

Оскільки процес виникнення та укрупнення сульфідних неметалевих включень протікає в той час, коли об'єм розплаву, а відповідно, і рухомість включень малі, ці включення, як правило, залишаються в металі шва. Видаляються з зварної ванни лише оксидні включення.

Процес видалення неметалічних включень з зварної ванни складається з трьох етапів:

1. підхід включення до границі метал – газ або метал – шлак в зв'язку від прийнятого заходу захисту;
2. перехід включення через границю метал – газ або метал – шлак;
3. відвід частинок в об'єм шлаку, якщо в процесі застосовується шлак.

Збільшити швидкість підйому неметалічних включень за допомогою застосування магнітного поля. При цьому напрям поля повинен бути таким, щоб в поєднанні з електричним струмом, який протікає через метал зварної

ванни, електромагнітні сили, які виникають у рідкому металі, були направлені униз. В цьому випадку відбувається як би збільшення щільності металу, що визиває прискорення переносу неметалічних включень в результаті збільшення різниці щільності металу та включень.

Підвищення змісту в металі Cr, Si, Mn, Ni, Ti погіршує змочування і утрудняє виділення сульфідів заліза на поверхні кристалів. Тому виділилися сульфідні будуть займати лише окремі чи ділянки придбають глобулярну форму, що менш небезпечно. Утворенню оксисульфідних включень буде сприяти наявність у зварювальній ванні FeO, що змочується розплавом набагато краще, ніж тугоплавкі оксиди Al_2O_3 і SiO_2 .

Насамперед необхідно знижувати час існування зварювальної ванни, тому що при цьому знижується імовірність росту включень і за рахунок дифузії, і за рахунок їхнього об'єднання при зіткненні. Крім того, оскільки тверді включення сутужніше з'єднуються між собою, то присутність тільки твердих включень у зварювальній ванні зменшує швидкість їхнього росту.

4.3 Заходи для зменшення пористості зварних швів

На стадії утворення газових зародків імовірність їхні появи буде знижуватися:

- 1) при зменшенні змісту газів у металі, а у випадку наявності шлакового покриття при зменшенні змісту газів у металі і шлаку;
- 2) при зменшенні числа газів, що знаходяться в металі;
- 3) у випадку відсутності неметалічних включень у металі, які особливо погано змочуються металом (Al_2O_3 ; SiO_2) чи зменшення їхніх розмірів;
- 4) при наявності в неметалічних включеннях і в шлаку компонентів, що знижують величину межфазного натягу на границі метал — шлак, наприклад FeO, MnO;
- 5) у випадку застосування зворотної полярності при зварюванні на постійному струмі;
- 6) при чи відсутності зниженні змісту в металі поверхнево-активних елементів;
- 7) у випадку чи усунення зниження інтенсивності перемішування металу зварювальної ванни;
- 8) при зниженні температури зварювальної ванни, тому що в цьому випадку зростає величина роботи утворення газового зародка і зменшується імовірність появи флуктуації;
- 9) у випадку зменшення змісту газів з високим значенням коефіцієнта дифузії;
- 10) при підвищенні зовнішнього тиску.

Ріст газових бульбашок за рахунок дифузії в них газів з металу буде утруднений при зменшенні інтенсивності перемішування металу; у випадку наявності в металі поверхнево-активних елементів за рахунок збільшення

поверхневого опору; при підвищенні величини зовнішнього тиску; у випадку зниження змісту газів у чи металі зменшення швидкості масопереносу.

При багат шаровому зварюванні, коли в попередньому шарі вже знаходяться бульбашки, швидкість їхнього росту в основному визначається в'язкістю металу і зменшується при введенні в метал компонентів, що підвищують його в'язкість, а також при зниженні температури металу зварювальної ванни.

Ріст газових бульбашок за рахунок коалесценції бульбашок, що знаходяться в зварювальній ванні, буде відбуватися менш інтенсивно у випадку зменшення величини поверхневого натягу металу; при наявності в зварювальній ванні бульбашок, близьких по розміру, а також при зниженні інтенсивності перемішування металу.

Видаленню газових бульбашок зі зварювальної ванни сприяють зниження в'язкості металу, а при наявності шлаку — в'язкості шлаку; зменшення величини поверхневого натягу чи металу межфазного натягу при наявності шлакового покриття; підвищення інтенсивності перемішування металу зварювальної ванни; збільшення ширини зварювальної ванни.

4.4 Заходи по усуненню дефектів форми шва

Результати іспиту зварних стикових з'єднань з низьколегованої сталі марки 15ХСНД і 10М2СД [23] показали, що, незважаючи на трохи підвищену чутливість цих сталей до концентрації напружень при вібраційному навантаженні (у порівнянні з маловуглицевою сталлю), і в цьому випадку можна чисто технологічними мірами забезпечити цілком задовільне формування шва і досягти рівномірності зварного з'єднання основному металу без застосування додаткової механічної обробки.

На рисунку 4.10 приведені значення ефективних коефіцієнтів концентрації K_s , отримані досвідченим шляхом при випробуваннях зварних з'єднань і елементів конструкцій зі сталей Ст3 і 15ХСНД [31].

Вимога про обов'язкову механічну обробку поверхні стикових швів нераціонально. Обробку стикових швів варто застосовувати тільки як засіб усунення поверхневих дефектів.

Схемы видов сварных соединений		K_z	
Вид в плане	Разрезы	Ст3	15ХСНД
		1,0	1,0
		1,2	1,33
		1,4	1,8

Рисунок 4.6 – Ефективні коефіцієнти концентрації K_z зварних з'єднань сталей Ст3 і 15ХСНД

Для конструкцій підйомних машин, що сприймають дію вібраційного навантаження, здійснюють конструктивні і технологічні заходи для підвищення втомної міцності:

1. варто прагнути до максимального застосування автоматичного і напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу, що дає можливість одержати міцний і щільний шов із гладкою поверхнею;
2. застосовувати двостороннє зварювання незалежно від форми підготовки крайок;
3. якщо двостороннє зварювання утруднене чи неможливе, то забезпечити повний провар кореня шва;
4. кінці стикових швів виводити за межі стику підкладки (тимчасово схоплені планки);
5. не допускати великих напливів, тому що вони знижують втомну міцність стикових швів;
6. робити механічне зачищення напливів (абразивне чи коло спеціальна кульова фреза), але уникати при цьому подрізів;

7. при зварюванні встик листів різної товщини і ширини забезпечити плавний перехід від поверхні шва до основного металу, причому ухил скосу робити не більш 1:5. Плавні переходи від наплавленого металу до основного виходять і при обробці швів аргонодуговим зварюванням вольфрамовим електродом [32];
8. якщо напруження, що допускається, для шва менше, ніж для основного металу, переважно застосовувати косий шов;
9. число стиків звести до мінімуму, особливо в розтягнутих елементах (розтягнуті пояси балок);
10. стики здійснювати прямим зварюванням у стик без накладок;
11. уникати стикові з'єднання, фасонних профілів і смугової сталі при роботі їх на розтягання і вигин [7].

Щоб запобігти зниження міцності при перемінних навантаженнях, необхідно раціонально спроектувати зварну конструкцію, тобто створити конструктивні форми, що забезпечували б максимальному усуненню концентрації напружень (рис. 4.11).

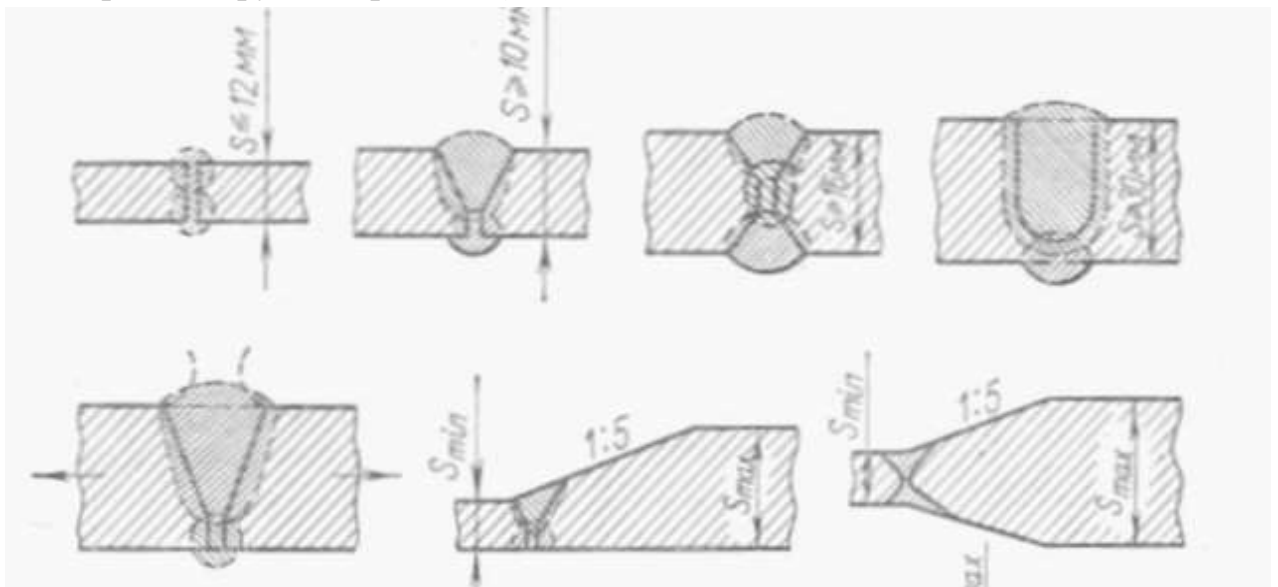


Рисунок 4.7 – Рекомендовані оформлення з'єднань зі стиковими швами, що працюють при змінних навантаженнях

Заходи по усуненню підрізів. Аналіз причин, що впливають на утворення підрізів при зварюванні, дозволяє зробити висновок, що знизити імовірність виникнення цих дефектів можна, збільшивши час існування зварювальної ванни. Останнього можна досягти в результаті застосування попереднього підігріву виробів, що зварюються, за рахунок підвищення струму чи шунтування при введенні в шлак додаткового електрода, що неплавиться. Якоюсь мірою це підтверджується фактом зникнення підрізів при зварюванні похилим електродом (кутом уперед), коли крайки деталей прогріваються дугою перед тим, як на них попадає розплавлений метал.

Оскільки утворення підрізів зв'язане з розтіканням розплавленого металу по поверхні твердого, то на їхнє виникнення вплинуть також і гідродинамічні умови в зварювальній ванні. Тому вплив на дугу магнітних полів різних видів, використання комбінованого електрода може допомогти усунути підрізи. Розтікання розплавленого металу можна підвищити, видаливши оксидні плівки крайок основного металу або створивши визначений рельєф на крайках. Тому що збільшенню швидкості розтікання сприяє зниження в'язкості металу і шлаку, підвищення температури металу і шлаку, введення в них компонентів, що знижують в'язкість, зменшують імовірність утворення підрізів. Однак при цьому треба враховувати, як ці компоненти впливають на величину поверхневого натягу металу, і пам'ятати, що надмірне зменшення в'язкості шлаку може порушити його захисні функції. При цьому досить, щоб товщина шаруючи нагрітого металу була дуже невеликою.

Заходи по усуненню непроварів:

- ❖ зварювання похилим електродом кутом уперед;
- ❖ зварювання з підігрівом;
- ❖ зварювання на спуск і т.д.

Усунути непровар у зварному шві можна, видаливши окисну плівку з поверхні крайок деталей, що зварюються, і їхнє підігрівання. Причому досить, щоб товщина шару нагрітого металу була дуже невеликою.

Заходи по усуненню прожогів. При зварюванні тонколистового металу в окисних середовищах, коли виникає небезпека утворення прожогів, мабуть, необхідно вводити в зварювальну ванну компонентів, що володіють підвищеною хімічною спорідненістю до кисню. Це приведе до зниження змісту вільного кисню в металі, унаслідок чого вплив O_2 на поверхневий натяг розплаву стали зменшиться.

Очевидно, те утворення прожогів при зварюванні у висячому положенні можна уникнути або за рахунок зменшення тиску дуги й обсягу зварювальної ванни, наприклад, використовуючи імпульсно-дугове зварювання, або за рахунок підвищення поверхневого натягу металу.

5 Експериментальна частина

Залишковий ресурс зварних швів

Дослідження проводилися на машині циклічної дії. Випробовували на витривалість зразок зі сталі Ст3 на розтяг. Даний зразок був попередньо розірваний та зварений стиковим швом. Було прикладено навантаження 250 МПа і через 10300 циклів зразок розірвався.

Було проведено металографічне дослідження мікро- та макроструктури протравленого шліфа зразка. В результаті отримані якісні фотознімки на цифровій камері (рис. 5.1 – 5.2).

На рисунку 5.1 спостерігаємо мікроструктуру металу більш віддаленого від околошовної зони шва – зерна мілкої структури, що свідчить про нормальне охолодження розігрітого металу.

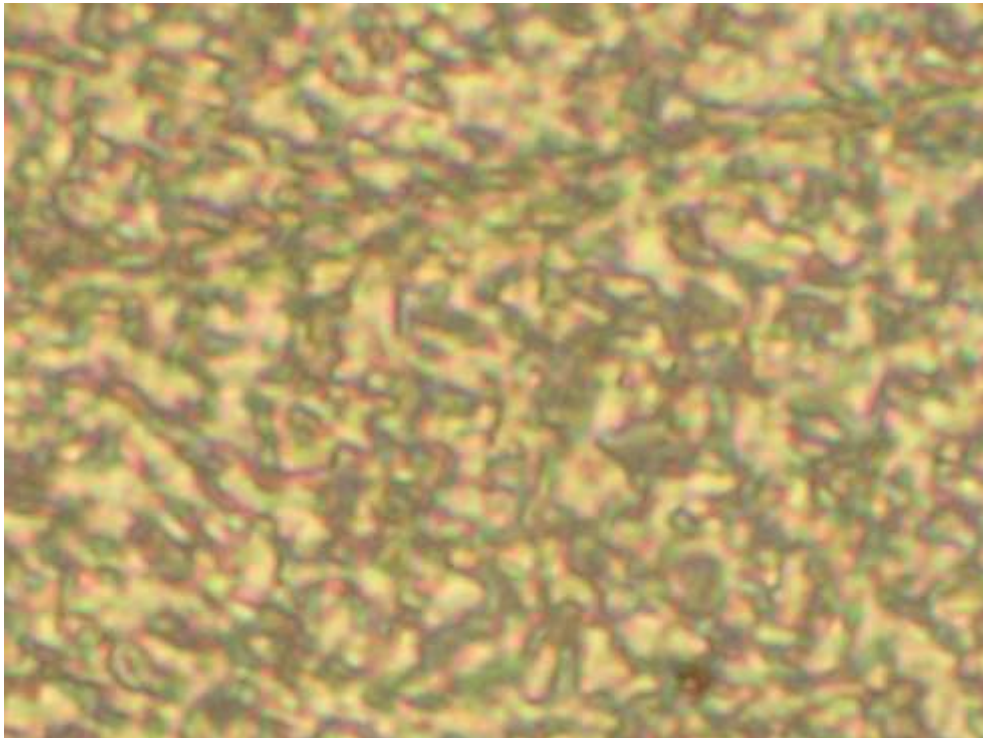


Рисунок 5.1 – Мікроструктура металу біля зони шва

На рисунку 5.2 спостерігаємо мікроструктуру металу в зоні зварного шва – зерна крупного розміру, що свідчить про повільне охолодження розплавленого металу. Порівняння цих двох знімків дає висновок, що метал має різну структуру в різних зонах зварного шва.

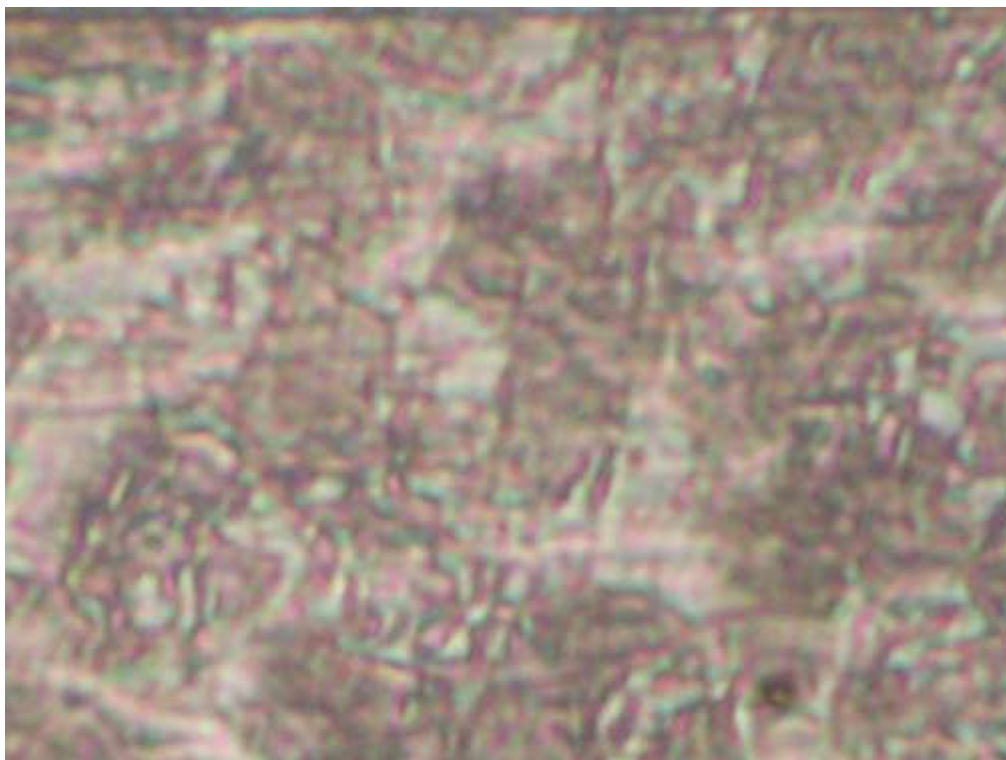


Рисунок 5.2 – Мікроструктура металу в зоні зварного шва

На рисунку 5.3 зображено мікроструктуру протравленої частини дослідженого зразка з дефектом – порою та неметалевими включеннями.



Рисунок 5.3 – Мікроструктура металу зварного шва з дефектом

На рисунку 5.4 зображено макроструктуру зварного шва на втомному зламі.



Рисунок 5.4 – Макроструктура зламу зварного шва з дефектом

На рисунку 5.5 показано макроструктуру зламу зварного шва з дефектом – ярке виявлення пористості, тріщин.



Рисунок 5.5 – Макроструктура зламу зварного шва з дефектом

На рисунку 5.6 спостерігаємо збільшене зображення не шліфованої частини зразки, на якому спостерігається дефекти типу тріщин.

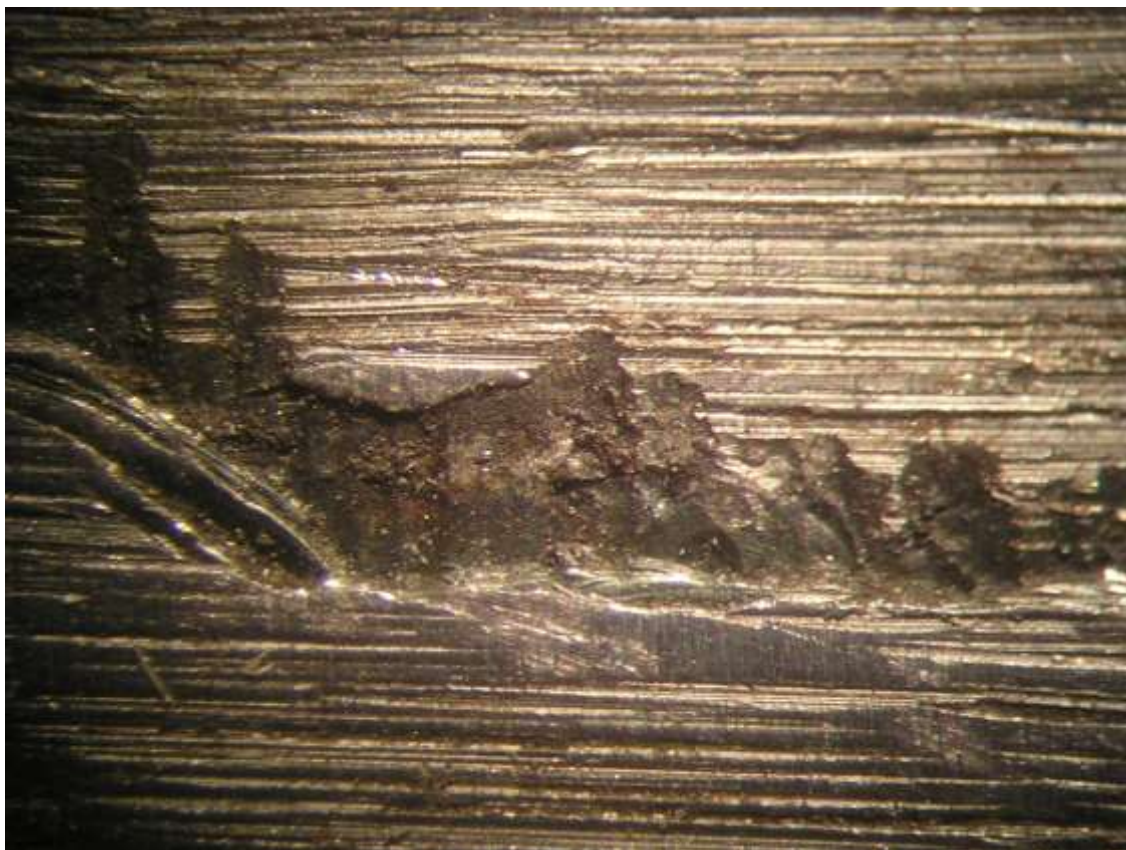


Рисунок 5.6 – Не шліфована частина зварного зразка

ВИСНОВКИ

Дані про залишковий ресурс зварних з'єднань, який в теперішній час намагаються оцінити за допомогою статистичної обробки спостережень за роботою вантажопідйомної техніки, на практиці є не повними чи відсутні зовсім.

До появи руйнувань металоконструкції для експлуатаційників стан зварних з'єднань не представляє інтересу. Однак зважаючи на те, що зварні шви через свої непередбачливість та невіддатливості прогнозуванню руйнувань є найбільш суттєвими факторами росту тріщин, стану зварних з'єднань треба приділяти увагу.

На основі оглянутого матеріалу можна запропонувати наступні заходи по збільшенню втомної міцності зварних з'єднань:

- ❖ видалення зварних швів з навантажених ділянок конструкції (зони розтягнутих залишкових напружень);
- ❖ якісне виконання технології проведення зварювальних робіт, запобігаючи появі зайвих дефектів зварного шва.

Огляд матеріалу даного дипломного проекту звісно не дозволяє на даний момент перейти до кількісної оцінки міцності зварних швів, особливо при втомних навантаженнях, тому можна запропонувати ряд факторів оцінки таких як:

- ◆ наявність ремонтних зварних швів в найбільш відповідальних вузлах;
- ◆ процентний відсоток ремонтних зварних швів від сумарної довжини зварних швів в даних елементах конструкції;
- ◆ динаміка росту кількості ремонтних зварних швів.

Спираючись на ці фактори можна прогнозувати залишковий ресурс крана та вивести аналітичну формулу :

$$R = k_1 k_2 k_3 l^\alpha \Delta^\beta V^\gamma,$$

де k_1, k_2, k_3 – емпіричні коефіцієнти регресії;

l – довжина ремонтних зварних швів;

Δ – відсотковий вміст ремонтних зварних швів від загальної довжини всіх швів;

V – кінематика росту кількості ремонтних зварних швів;

α, β, γ – емпіричні показники ступеня математичної моделі.

6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

В розділі надані основні заходи з охорони праці при розробці технології ремонту кранових металоконструкцій.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Не виконання вимог ергономіки при організації робочих зон в приміщенні дослідницьких КБ або лабораторій.

В наслідок недостатності простору у робочій зоні – не раціональне розташування офісного обладнання, що може привести до механічних травм, або зниження працездатності.

б) Можливе ураження електричним струмом. Основні причини: не виконання правил з електробезпеки, що може бути пов'язано з відсутністю навчання та перевірки знань з електробезпеки, або помилкові дії персоналу при виконанні або налагодженні електричних ланцюгів. (організаційні причини)

Наслідки: що може призвести до тяжких електричних травм або летального наслідку.

в) Незадовільна підготовка майданчиків або робочих зон, де проводяться вантажно-розвантажувальні роботи в наслідок відсутності карт технологічних процесів на зазначені роботи; невизначеності маршрутів руху транспортних заходів.

Наслідки: може привести до аварійних ситуацій.

г) Небезпеки, які пов'язані з безпосереднім впровадженням технології ремонту кранових металоконструкцій, зокрема небезпек пов'язаних зі зварюванням.

д) Небезпеки, які пов'язані з контролем якості зварних швів, головною з яких є робота на висоті.

е) Незадовільні параметри повітряного середовища у приміщеннях КБ або лабораторії внаслідок неефективної роботи системи опалення та повітрообміну

ж) Незадовільний рівень освітлення в адміністративних приміщеннях, внаслідок виходу з ладу джерел освітлення, що може привести до зниження якості зору.

з) Можливе загоряння в наслідок порушень правил пожежної безпеки, що може призвести до пожежі.

і) Небезпеки, які пов'язані з умовами праці у надзвичайних ситуаціях.

6.2 Заходи забезпечення техніки безпеки

а) Виконання вимог ергономіки дозволяє оптимально організовувати робоче місце, що надає можливість підвищити комфортність праці, рівень працездатності і як наслідок рівень безпеки.

Стосовно робочих місць конструктора необхідно передбачати захист від надмірних рівнів електро-магнітного випромінювання ВДТ (відео дисплейний термінал).

У разі використання ВДТ застарілих моделей джерелом ЕМВ є ЕМТ.

Заходи захисту:

- Заміна застарілих моделей на ІЖК ВДТ.

- Робоче місце конструктора складається з робочого стола, площа і конструкція якого забезпечують моторну досяжність, стілець повинен бути поворотним і регульованим за висотою і кутом нахилу спинки, що повинно запобігати підвищенню статичної навантаженості на опорно-рухливий апарат.

- при виконанні проекту повинно враховуватись вимоги ергономіки стосовно зон управління машиною, зокрема висота кабіни управління 2 м , ширина 0,9 м , довжина 1,3 м , об'єм кабіни 3 м³ , не менше. Кабіна облаштована сидінням, що дозволяє працювати з усіма важелями управління.

З метою забезпечення комфортних умов праці кабіни забезпечуються опаленням, кондиціонером і фільтрацією.

б) Для виключення випадків ураження електричним струмом передбачені:

- Організаційні заходи

- до виконання робіт допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли навчання з електробезпеки, перевірку знань та отримали посвідчення певної групи з електробезпеки. (Згідно ДНАОП 1.1.10 – 1.01 - 2000) При напрузі до 1000В II група, при напрузі більше 1000В III група.

- для кожного обладнання повинна бути наведена схема експлуатації як при нормальних умовах так і в аварійних ситуаціях.

- Технічні заходи

- для підйомно-транспортних машин підвід електро-енергії здійснюється по екранованим електричним кабелям, при можливості кабелі повинні розташовуватись на недоступній висоті.

- ланцюги управління машинами обов'язково повинні обладнуватись швидкодіючими вимикачами.

- обов'язковим є устрій захисного заземлення – функції котрого є відвід електричного струму, який при аварійних ситуаціях з'явився на не струмоведучих частинах обладнання по шляху найменшого опору.

Ці заходи передбачені ПУЕ 2013 «Правила улаштування електроустановок споживачів»

Розрахунок параметрів захисного заземлення

Мета: визначення основних параметрів захисного заземлення, розрахувати кількість і питомий опір захисного заземлення.

Загальні положення

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею, або її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, котрі можуть опинитись під напругою в наслідок порушення ізоляції електроустановки.

Призначення захисного заземлення – перетворення замикання на корпус у замикання на землю з метою зниження напруги дотику до безпечної величини.

Розрізняють 2 види захисного заземлення: виносне (зосереджене), контурне (розподілене).

При виносному заземленні заземлювачі винесені за межі майданчика з обладнанням. Заземлені корпуси знаходяться поза полем.

При контурному заземленні заземлені корпуси розташовують по контуру майданчика з обладнанням.

Вихідні дані:

$$U = 380, \text{ В}$$

$$L \cdot B = 12 \cdot 6$$

$$R_e = 12 \text{ Ом}$$

$$l_b, d = 3; 0.012 \text{ м}$$

$$b_c = 0,032$$

$$\rho_{\text{вим}} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

грунт: однорідний

вологість: нормальна

1. Визначити необхідний опір штучного заземлювача

$$R_u = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} = \frac{12 \cdot 0,69}{12 - 0,69} = 0,73$$

2. Визначити розрахунковий питомий опір ґрунту

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

3. Обчислити опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлення

$$R_B = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t_B + l_B}{5 \cdot t_B - l_B} \right) =$$

$$\frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{5 \cdot 2,3 - 3} \right) = 6,2 + 0,5 \cdot 0,36 = 7,96 + 2,4 = 10,36$$

$$t_B = 0,8 + \frac{1}{2} \cdot l_B = 0,8 + 0,5 \cdot 3 = 2,3$$

4. Розрахувати наближену (мінімальну) кількість стрижнів вертикальних

$$n' = \frac{R_B}{R_u} = \frac{10,36}{0,73} = 14,19 = 14 \text{ шт.}$$

$$n = \frac{P}{a} = \frac{36}{3} = 12$$

$$P = 2 \cdot (L + B) = 2 \cdot (12 + 6) = 36$$

$$a = k \cdot l_B = 1 \cdot 3 = 3$$

в) Майданчики для проведення вантажно-розвантажувальних робіт повинні мати рівне тверде покриття з ухилом не більше 5°.

Проведення робіт на майданчиках повністю відбувається згідно технологічній карті процесу, де зазначено категорія і вид вантажу (мало небезпечний ; небезпечний за своїми розмірами; пилові та гарячі речовини; небезпечні за пожежо та вибухо небезпечними властивостями).

Основними заходами забезпечення безпеки є:

- Зазначення небезпечних зон сигнальними стрічками.
- Призначення відповідальних осіб.

г) При зварювальних роботах передбачені наступні заходи з техніки безпеки:

- Перевірка поблизу відсутності газових балонів, невимитої тари від вже використаних горючих матеріалів, фарби, інших легкозаймистих речовин.

При їх наявності забезпечується їх віддаленість від робочого місця на відстань не менше 10 м.

- Перевірка справності зварювального апарату, надійності заземлення, правильної ізоляції електропроводки, цілісності зварювального кола, справності пускового пристрою.
- перевірка надійності фіксації елементів, які підлягають зварюванню.
- перевірка відстані газових балонів (не менше 5 м від джерел тепла).
- зварювання елементів, що знаходяться на висоті, тільки при наявності лісів.

д) При роботі на висоті передбачені наступні заходи з техніки безпеки:

- До роботи на висоті відносяться такі роботи, при виконанні яких робітник знаходиться відносно землі чи огороженого робочого настилу (перекриття) на висоті більшій 1,3 м та від краю перепаду висоти на відстані до 2м. Верхолазні роботи — роботи на висоті відносно робочого настилу більше 5-ти м., при цьому основним засобом запобігання від падіння є страхувальний пояс.

- До роботи на висоті допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли вступний інструктаж, інструктаж з охорони праці на робочому місці, щорічний медогляд, спеціальне щорічне навчання з питань охорони праці та вміють використовувати індивідуальні засоби захисту і страхування.

- Небезпечний травмуючий фактор — висота. Основним засобом запобігання від падіння з висоти є перильна огорожа висотою не меншою 1,1м. від робочого настилу. За неможливості влаштування огорожі робочої площадки, використовується запобіжний пояс, страхувальні канати, випробувані у строки:

пояс — кожні 6 місяців, канати — 3 місяці.

- Місце закріплення карабіна пояса, страхувального канату вказується майстром у кожному конкретному випадкові.

- Роботи на висоті відносяться до робіт з підвищеною небезпекою і їх виконання здійснюється з оформленням наряду-допуску чи розпорядження.

6.3 Заходи забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

е) До метеорологічних умов виробничих приміщень відносяться: температура повітря, відносна вологість, та швидкість його переміщення.

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

В адміністративних приміщеннях де роботи належать до категорії 1Б передбачені наступні оптимальні значення:

- У холодний період року: температура t 21-23°C; вологість (В) 40-60%; швидкість переміщення повітря (V) до 0,1 м/с.
- У теплий період року: температура t 22-24°C; вологість (В) 40-60%; швидкість переміщення повітря (V) 0,2-0,3 м/с.

Для нормалізації цих параметрів застосовуються:

- Природна вентиляція або кондиціонери, принцип роботи яких полягає у заборі зовнішнього повітря, стиснення його у компресорі з підвищеною температурою t до 60-90°C та різкому паданні тиску у випаровувачі з різким зменшенням температури t , °C.

ж) Для досягнення нормованого рівня освітлення адміністративних приміщень, яке згідно ДБН В 2.5 – 28 – 2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення»

Рівень освітлення повинен бути не менше 200 люкс.

Можуть використовуватись системи природного освітлення, штучного освітлення, та комбінованого.

У адміністративних приміщеннях доцільно використовувати в якості джерел освітлення люмінесцентні і діодні лампи. Що дозволяє досягти майже природного спектру світла.

6.4 Заходи забезпечення пожежної безпеки

з) Для попередження пожеж передбачається використовувати первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочка з водою, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири, тощо.), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів. Також необхідно періодично проводити протипожежні інструктажі, навчання та тренування персоналу.

Визначення категорії приміщення в конструкторському бюро.

За вибухопожежною небезпекою приміщення і будівлі поділяють на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д.

Встановлення категорій приміщення виконується шляхом послідовної перевірки належності приміщення до категорій від найвищої (А) до найнижчої (Д) з урахуванням характеру технологічних процесів у пожежонебезпечних властивостей речових, що в них застосовується, з метою виявлення можливих обставин і причин виникнення вибухів і пожеж та їх наслідків.

Приймаємо категорію Д, так як ця категорія більш підходить по характеристиці речовин і матеріалів, що зберігаються в приміщенні, а саме знаходяться не займисті речовини і матеріали в холодному стані, а також кабельні електропроводки до устаткування, окремі предмети меблів на місцях.

Залежно від агрегатного стану і особливостей горіння різних горючих речовин і матеріалів пожежі за ДБНВ. 1.1.7 – 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» поділяються на відповідні класи та підкласи.

Визначення класу пожежі:

- клас А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);
- клас В – пожежі горючих рідин, або твердих речовин, які розтоплюються;
- клас С – пожежі газів;
- клас D – пожежі металів та їх сплавів;
- клас Е (додатковий) – пожежі пов'язані з горінням електроустановок.

Обираємо клас Е (додатковий) – пожежі пов'язані з горінням електроустановок.

Вибір первинних засобів пожежогасіння

Типи вогнегасників:

- пінні (водні пінні, хімічно-пінні) – для гасіння загорянь тліючих матеріалів, гасіння ГММ в ємностях;
- вуглекислотні – для гасіння електроустановок, коштовного обладнання, використовується для гасіння загорянь в адміністративних приміщеннях;
- хладогенові – для гасіння розлитих олій, матеріалів з високою інтенсивністю горіння;
- порошкові – для гасіння локальних загорянь невеликої інтенсивності.

Для категорії Е обираємо 2 порошкові вогнегасника місткістю 5 л, 2 хладогенових вогнегасника місткістю 2 (3) л, та 2 вуглекислотних вогнегасника місткістю 5 (8) л.

6.5 Заходи по безпеці у надзвичайних ситуаціях

і) Заходи при виникненні надзвичайної ситуації:

- Негайно повідомити керівництву, при наявності додаткових інструкцій від керівництва виконати їх.
- Повідомити компетентним органам (медичний заклад, пожежна служба, газова служба).

- Вжити заходів, якщо це можливо, до ліквідації пожежі, скористатися первинними засобами пожежогасіння, вимкнути вентиляцію і все електрообладнання, по можливості забезпечити транспортування горючих і вибухонебезпечних речовин від пожежі, повідомити всім про пожежу, щоб почати пожежну евакуацію. Використовувати вогнегасника стосовно виду загоряння
- Надати долікарську допомогу потерпілим.
- Вжити заходів до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.
- У разі витоку газу, потрібно негайно припинити роботу, усунути несправність і забезпечити провітрювання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Концевой Е.М., Розеншейн Б.М. Ремонт крановых металлоконструкций. – М.: Машиностроение, 1979. – 206 с.
2. Соколов Л.И. Ремонт металлоконструкций металлургических кранов. – М.: Металлургия, 1982. – 88 с.
3. Яхнин Р.Н. Ремонт металлоконструкций мостовых кранов. – М.: Металлургия, 1990. – 94 с.
4. Кох П.И. Производство, монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин. – К.: Вища школа, 1977. – 352 с.
5. Аснис А. Е. Динамическая прочность сварных соединений из малоуглеродистой и низколегированных сталей. Москва-Киев, Машгиз, 1961. 175 с.
6. Бабаев А. В. Влияние пор на сопротивление усталости сварных соединений.- Автомат. Сварка, 1980, № 10, с. 6-10.
7. Белокур И. П., Коваленко В. А. Дефектоскопия материалов и изделий. – К.: Техника, 1989. – 196 с.
8. Белокур И. П. Дефектология и неразрушающий контроль. Учеб. пособие. – К.: Вища шк., 1990. 207 с.
9. Деев Г.Ф., Пацкевич И. Р. Дефекты сварных швов.- Киев: Наук. Думка, 1984.-208 с.
10. Николаев Г. А., Куркин С. А., Винокуров В. А. Сварные конструкции. Прочность сварных конструкций и деформации конструкций: Учеб. пособие. – М.: Высшая шк., 1982. – 272 с.
11. Куркин С. А., Николаев Г. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учеб. для вузов. – М.: Высшая шк., 1991. – 398 с.
12. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
13. ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

14. Денисов Л. С. Повышение качества сварки в строительстве. – М., 1982. – 160 с.
15. Зайцев Г. З., Наумченков Н. Е., Минков Я. Л. Усталостная прочность односторонних сварных соединений.— «Сварочное производство», 1963, № 6, с. 26—29.
16. Захаров Л. С, Липодаев В. Н. К вопросу об образовании пор при дуговой сварке.— Свароч. пр-во, 1976, № 8, с. 52—53.
17. Навроцкий Д. И. Прочность сварных соединений. М.—Л., Машгиз, 1961. 176 с.
18. Неразрушающий контроль металлов и изделий. Справочник. Под ред. Г. С. Самойловича. М, «Машиностроение», 1976, 456 с.
19. Гохберг М. М. Металлические конструкции кранов. Расчеты с учетом явлений усталости. М-Л., 1959.
20. Кудрявцев И. В., Наумченков Н. Е. Усталость сварных конструкций. М., Машиностроение, 1976.-270 с.
21. ДНАОП 1.1.10 – 1.01 -2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»
22. ПУЕ 2013 «Правила улаштування електроустановок споживачів»
23. ДСН 3.3.6.042 – 99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»
24. ДБНВ. 1.1.7 – 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва »