

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Тема: Вибір технологічних заходів для покращення структури та властивостей листової сталі марки 09Г2С.

Рівень вищої освіти перший бакалаврський

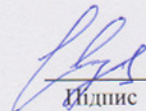
Галузь знань 13 Механічна інженерія

Спеціальність 132 Матеріалознавство

Освітня програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів

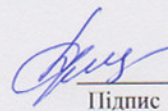
Шифр КвРМТВАс 23113.02.12.00

Виконав студент 3 курсу група МТВАс-23-2


Підпис

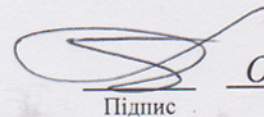
Костянтин КУХТА

Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ


Підпис

Ольга ДРОБОТ

Нормоконтроль к.т.н., доцент каф. ТАМ


Підпис

Олег БАБАК

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри ТАМ

9.06.2026

Дата


Підпис

Олександр ДИХА

Хмельницький, 2026

- 1) Аналіз конструктивних особливостей та умов роботи поворотної платформи вантажного крану.
- 2) Основи вибору матеріалу та методи виготовлення елементів поворотної платформи.
- 3) Особливості технології одержання листового прокату сталі 09Г2С і термічної обробки зварної конструкції поворотної платформи.
- 4) Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

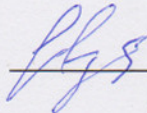
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 14.05 2026 р.

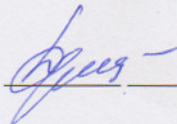
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	<i>Аналіз конструктивних особливостей та умови роботи вантажного крану Кс3575</i>	28.05.2026	вик
2	<i>Основи вибору матеріалу та методи виготовлення поворотної платформи для КС3575</i>	8.06.2026	вик
3	<i>Особливості одержання сталі 09Г2. Термічна обробка зварної конструкції.</i>	12.06.2026	вик
4	<i>Висновки</i>	14.06.2026	вик
5	<i>Захист роботи</i>	16.06.2026	

Студент

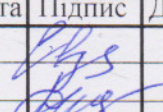


Костянтин КУХТА

Керівник роботи

Ольга ДРОБОТ

Зміст

ВСТУП	7
Розділ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЕЛЕМЕНТІВ КРАНА КС 3575	
1.1. Технічна характеристика крана.....	9
1.1.1. Параметри	9
1.2. Конструкція крана	12
1.3. Основні елементи автокрана.....	14
1.4. Класифікація автокранів.....	18
1.5. Основні вузли крана.....	18
1.6. Поворотна частина автокрана: основні елементи.....	19
1.7. Виконавчі механізми.....	21
1.8. Неповоротна частина автокрана.....	23
1.9. Базові шасі, що використовуються для монтажу кранових установок.....	24
1.10. Принцип роботи автокрана.....	25
1.11. Інновації і сучасні технології в автокранах.....	25
РОЗДІЛ 2 . АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	26
2.1. Функції поворотної платформи крана КС 3575.....	26
2.2. Матеріали для поворотної платформи.....	28
2.2.1. Вплив легуючих елементів на структуру та властивості сталей.....	30
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	34
3.1. Вибір та обґрунтування матеріалу для поворотної платформи.....	35
3.2. Вибір способу зварювання поворотної платформи.....	38
3.3. Вплив металургійних факторів на надійність поворотної платформи.....	38
Розділ 4. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	42

					КвРМТВА 23113. 02.12.00			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Вибір технологічних заходів для покращення структури та властивостей листової сталі марки 09Г2С	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Кухта					н	4	67
Перев.	Дробот					ХНУ МТВАс-23-2		
Н. контр.	Бабак							
Затв.	Диха							

ВСТУП

Автомобільний кран є невід'ємною частиною будівельної галузі та індустрії перевезень. Ці потужні машини використовуються для різноманітних завдань, від підйому вантажів на будівельних майданчиках до встановлення стовпів і конструкцій. Автокрани – це один з найбільш часто вживаних механізмів як у будівельних, так і в навантажувальних роботах, адже вони володіють відмінною маневреністю, мобільністю, що дає змогу таким машинам брати участь у будівництвах, що відбуваються в межах міста (не перевантажуючи транспортної магістралі), і доставляти вантажне устаткування у важкодоступні райони. Сфера використання автокранів доволі широка: сільське господарство, промисловість, будівництво доріг і мостів, проведення аварійно-рятувальних робіт. Такий пристрій використовується в будівництві, для вантажоперевезень, у сфері промисловості та морської логістики, під час обробки транспортування лісу, під час евакуації автомобілів тощо. Сферу використання підбирають залежно від того, якою конструкцією володіє окрема модель.

Автокран - опорно-поворотне спецобладнання. Техніка оснащена автомобільним шасі, а також часто обладнана спеціальним транспортним механізмом. Виглядає як автомобіль, до якого приєднується стріла з секціям

Оскільки пересувні підйомні механізми призначені для виконання різних типів робіт, сьогодні більшість світових виробників даної спецтехніки пропонують автокрани, що мають досить широкий діапазон вантажопідйомності – від 14 до 1200 т. Варто зауважити, що для виконання стандартних робіт підійде кран з вантажопідйомністю до 25 т. Для виконання інтенсивних вантажно-розвантажувальних робіт у великих міжнародних логістичних центрах, у морських портах, у будівництві великих об'єктів (мости, автобани, залізниці, естакади, транспортні розв'язки тощо) застосовуються крани з набагато більш

						КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

вантажопідйомністю. Попит на автомобільні крани значно зріз з початком широкомасштабної війни в Україні . Ці машини потрібні при виконанні рятувальних робіт після обстрілів мирних мешканців, при виконанні технічних робіт на військових полігонах тощо. **Перевагами таких кранів є :**

маневренність – він добре працює в обмежених умовах; гідропривід забезпечує плавність роботи; універсальність можливість роботи з різними типами вантажів

У сучасному будівництві і промисловості автокран є незамінною технікою, коли потрібно піднімати і розміщувати важкі матеріали, незалежно від їхньої ваги та розмірів. Завдяки цьому можна швидко і ефективно виконувати завдання в сучасному будівництві та промисловості. Ці машини під час експлуатації мають бути надійними, мобільними, витривалими. Отже, увага до них є актуальною і своєчасною.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЕЛЕМЕНТІВ КРАНА КС 3575

КС3575 - універсальний за конструкцією автокрановий механізм.
Призначений для виконання завдань господарської, комунальної та будівельної галузей.

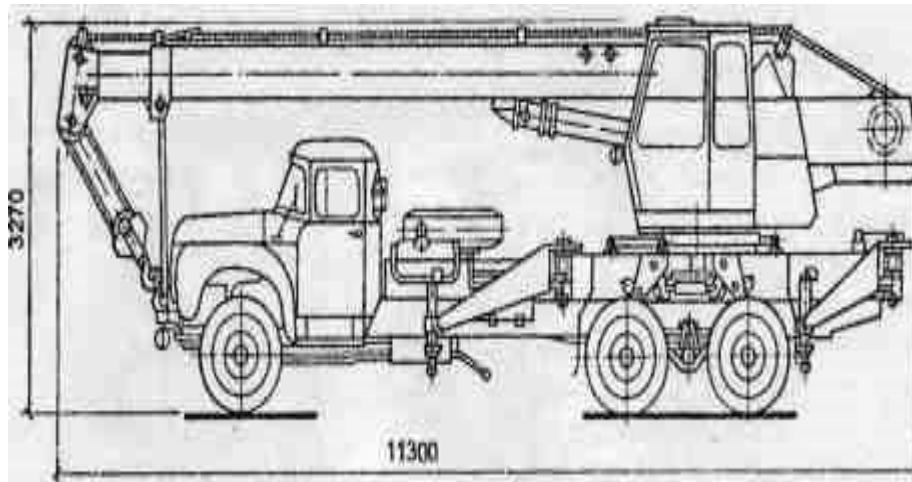


Рисунок 1.1- Загальна схема крана КС 3575

1.1. Технічна характеристика крана

Кран автомобільний КС 3575, вироблений у Дрогобичі, ТОВ "MSBUD", змонтований на шасі автомобіля **КрАЗ**, використовується для виконання вантажно- розвантажувальних та будівельно - монтажних робіт.

1.1.1. Параметри крана КС 3575

Виліт стріли при максимальній вантажопідйомності, 2 – 3 м.

Вантажопідйомність при максимальному вильоті 0,45 т.

Виліт стрели, 2,85 - 14,6 м.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КвРМТВА 23113. 02.12.00

Максимальна висота підйому крюка, 15,3 м.

Максимальна глибина опускання, 7,8 м

Довжина стріли, 15,5 м

Кількість секцій стріли 2

Швидкість подйому (опускання) вантажу, 10 м/хв.

Швидкість посадки вантажу , 0,45 м/хв.

Частота обертання, 0,6 - 1,6 об/хв.

Розмір опорного контура, 3,85 x 4,3 м.

Базове шасі КрАЗ.

Колесна формула.

Транспортна швидкість, 77 км/год.

Габаритні розміри автокрана: довжина, висота, ширина 11,6 x 2,5 x 3,9 , м.

Маса автокрана с основною стрілою, 17,2 т.

Температура експлуатації, °С +/- 40 .

Перевагами таких кранів є : маневренність – він добре працює в обмежених умовах; гідропривід забезпечує плавність роботи; універсальність можливість роботи з різними типами вантажів.

Кран використовують для вантажо - розвантажувальних робіт на будівництві.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Конструкція крана

Автомобільний кран складається з шасі (бази), поворотної платформи з кабіною кранівника, телескопічної стріли з гаковою підвіскою, опорно-поворотного пристрою та виносних опор (аутригерів). Основні системи включають гідравлічний привід, механізм підйому вантажу та прилади безпеки.

Основні елементи автокрана поділяються на три основні частини:

1. Неповоротна частина (база).
2. Поворотна частина (база).
3. Шасі автомобіля: Базовий автомобіль (наприклад, КраЗ), який забезпечує пересування.

Рама з виносними опорами (аутригерами): Забезпечують стійкість крана під час роботи.

Механізм блокування ресор: Забезпечує жорсткість заднього мосту шасі.

2. Опорно-поворотний пристрій (ОПП): З'єднувальний елемент, що забезпечує обертання поворотної частини відносно бази.

3. Поворотна частина

Поворотна рама: Металоконструкція, на якій встановлені робочі механізми.

Стріла: Телескопічна (зазвичай 2-4 секції), основний робочий орган.

Кабіна кранівника: Місце керування з панеллю приладів та органами управління.

Механізм підйому: Лебідка, вантажний канат та гакова підвіска (гак).

Противага: Забезпечує стійкість крана.

Гідравлічна система: Привід для роботи стріли, опор та механізмів.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 23113. 02.12.00				

Крім цього, автокран оснащений приладами безпеки (обмежувачі вантажопідйомності, креноміри, рис.1.3) .



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд крана KC3575

1.3. Основні елементи автокрана

Будова автомобільного крана дає можливість виконувати різноманітні завдання з підйому та переміщення вантажів, які часто перевищують можливості людської сили. Основною функцією крана є підйом та переміщення вантажів на різні висоти та відстані. Це дозволяє використовувати крани в будівництві, на складах, в портах та інших галузях промисловості. Типовий автомобільний кран складається з кількох основних компонентів, включаючи стрілу, кабіну оператора, опорну базу та гальма. Крім того, він може бути оснащений додатковими пристроями, такими як лебідка або спеціальні гаки для підйому вантажів певної форми чи розміру.

1. Головна деталь обладнання - **шасі**. Шасі складається з: двигуна;
2. коробки передач;
3. коліс та інших елементів, що забезпечують рух.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 23113. 02.12.00				

Для максимально коректної роботи автокрана та всіх його вузлів на шасі повинні бути встановлені такі елементи: ходова опорна рама; додаткова коробка відбору потужності; опорна стійка (для стріли); проміжний редуктор; стабілізатори (для роботи пристрою безпеки автокрана) [2,3].

Двигуни, як правило, вирізняються високою потужністю, оскільки обладнання часто працює з великогабаритними вантажами. Кількість коліс може відрізнятися залежно від призначення пристрою.

Опори - використовуються для забезпечення стабільності автокрана під час підняття важких вантажів. Вони висуваються на землю перед підняттям і закріплюються, щоб уникнути перекидання.

Поворотний елемент - дає змогу автокрану повертати стрілу і вантажопідйомну частину навколо вертикальної осі. Це важливо для точного позиціонування вантажу. Поворотна частина надійно фіксується на шасі, основа для всіх вузлів. Складається з рами, двонової стійки, захисного кожуха та противаги;

Механізм підйомної конструкції - вантажна лебідка, що включає: гідроциліндрів, розподільник, поворотний круг, коробку відбору потужності, вузлів повороту та систему гідравліки.

Сама робота виконується за допомогою **стріли**, яка використовується для підняття вантажу. Вона може бути фіксованою або телескопічною, що дозволяє змінювати її довжину. Виліт стріли, як і вантажопідйомність у тоннах, є однією з найважливіших технічних характеристик.

Додатковою деталлю є **троси та блоки**. Вони використовуються для забезпечення механічного перенесення сили з гідравлічної системи на

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 23113. 02.12.00				

вантажозахоплювальну частину, бо так як множать силу підняття і дають змогу крану піднімати важкі вантажі.

У кабіні оператора є все не тільки для комфортного перебування там, а й наявність кнопок для виконання базових і специфічних завдань. Наприклад, там є педалі газу і гальма, джойстики для управління, витягування стріли, повороту кабіни, активації стійок тощо. У кабіні також можуть бути додаткові елементи управління, як - от важелі для висувних стійок, лебідка, світлові та звукові сигнали для забезпечення безпеки під час роботи.

Загальний устрій автокрана підпорядковується стандартній схемі, виділяють дві частини:

1) Верхня частина крана.

Поворотна рама, що несе на собі механізми, за допомогою яких здійснюються всі маніпуляції з переміщення вантажів. На платформі знаходяться: кабіна оператора з керуючими і контролюючими приладами; телескопічна, решітчаста або баштова стріла автокрана; підйомний механізм для переміщення вантажів (лебідка) – оснащена гідромотором, який передає крутний момент барабану через двоступеневий редуктор; гідроциліндри для підйому стріли і зміни її довжини; редуктор із циліндричними косозубими колесами – забезпечує обертання платформи, укладений у чавунний корпус, у торці якого розташований фланець і гідромотор; противага – сталевий вилівок, забезпечує стійкість машини під час роботи навантаженої стріли автокрана. Поворотний механізм дає змогу автокрану повертати стрілу і вантажопідйомну частину навколо вертикальної осі. Це важливо для точного позиціонування вантажу.

2) Нижня частина крана.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КвРМТВА 23113. 02.12.00

Неповоротна частина, основа для поворотної платформи. Складається з декількох вузлів: *шасі*.

У загальному устрої автомобільного крана передбачена ходова частина, що відповідає за самостійне переміщення техніки. Кран має повнопривідну систему з роздавальною коробкою з функцією блокування міжосьового диференціала, ефективною в умовах поганої прохідності.

Жорстка зварна рама з поперечними поперечинами для встановлення виносних опор. Сприймає навантаження від поворотного блоку, перенаправляючи їх на майданчик через балки коробчастого перерізу (опори).

Гідравлічна система призначена для управління механізмами машини і складається з насоса, гідробака, трубопроводів і гідроапаратури. Цей пристрій автомобільного крана працює так: насос забирає масло з гідробака, передає гідророзподільнику, звідки трубопроводами транспортує до виконавчих гідроциліндрів.

Між верхньою і нижньою частинами автомобіля розташовується опорне сполучне пристосування.

Опорно-поворотний пристрій автокрана.

Опорно-поворотний пристрій автокрана закріплюється на нижній платформі і виконує такі завдання: з'єднує поворотний блок зі стаціонарною платформою; забирає на себе і розподіляє навантаження під час роботи кранової установки, підвищуючи стійкість і запобігаючи перекиданню; забезпечує легке обертання поворотної рами навколо вертикальної осі.

Кульковий опорно-поворотний пристрій у вигляді підшипника збирається з обойм (зовнішньої і внутрішньої) з 2-ма рядами кульок між ними. Зовнішня обойма з пари кілець (нижнього і верхнього) прикручується до поворотної рами. Внутрішня, що має зубці, пригвинчується до

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КвРМТВА 23113. 02.12.00

стаціонарної платформи. Якщо зубчастий вінець розташовується на зовнішній обіймі, то саме вона прикріплюється до ходової рами.

Роликовий опорно-поворотний пристрій являє собою сукупність 3-х кілець із роликами між ними. Внутрішнє прикріплюється до нижньої частини автомобіля (ходової рами) і оснащується зубчастим вінцем, з яким контактує шестерня поворотного механізму. Зовнішні кільця скріплюються болтами і приєднуються до поворотної платформи крана. Така конструкція забезпечує рівномірність розподілу навантаження і має більшу вантажопідйомність, ніж кулькова. Основним робочим інструментом крана є – стріла, телескопічної моделі.

Будова телескопічної стріли автокрана

Будова телескопічної стріли автокрана передбачає наявність основи і декількох сталевих секцій, що виїжджають одна з одної. Висувний механізм виштовхує першу секцію за допомогою гідроциліндра, а решту переміщують додатковим гідроциліндром (у деяких моделях) і поліспастом. Кількість секцій телескопічних стріл класифікується залежно від вантажопідйомності спецтехніки:

до 10 тон – достатньо двосекційних модифікацій;

до 60 тон класикою вважаються трисекційні різновиди;

понад 60 тон – комплектуються чотирьохсекційними агрегатами.

Для збільшення радіусу дії та зміни вильоту стріли з вантажем використовується керований гусьок, який закріплюється на кінці останньої секції.

Під час експлуатації телескопічної стріли автокрана важливо знизити тертя при ковзанні висувних елементів відносно один одного. З цим успішно справляються сковзуни – плити з поліаміду, оброблені графітовим мастилом.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найважливішою характеристикою є вид профілю секцій: коробчастий, трапецієподібний, овоїдний. Найкраща вантажопідйомність забезпечується овоїдною конструкцією. Вона дає змогу подовжувати стрілу, додавати секції та використовувати тонший метал. Пристрій з профілем такого типу застосовується не тільки європейськими виробниками, його установка налагоджена і для українських автокранів [3].

1.4. Класифікація автокранів

Автокрани класифікують за вантажопідйомністю. Саме від неї залежить можливість застосування автокрана в певній галузі. Від вантажопідйомності також залежать інші показники: витрата пального, швидкість роботи і складність керування.

Виділяють три основні групи:

1. Автокрани малої вантажопідйомності (від 4 до 8 т, підходять для фасадних робіт або для праці комунальних служб з елементами інфраструктури).
2. Автокрани середньої вантажопідйомності (до 50 т, використовуються для прибирання будівельного сміття або переміщення будівельних побутовок).
3. Автокрани з великою вантажопідйомністю (до 250 т, виконують різні завдання на великих будівельних об'єктах. Будова таких автокранів дозволяє підіймати вантажі на висоту вище 50 м).

1.5. Основні вузли крана

Основними елементами кранової установки – це зварні металоконструкції, різні гідравлічні та механічні системи.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умовно будь-яку кранову установку, незалежно від її вантажопідйомності, вантажного моменту, типу, кількості секцій та максимального вильоту стріли, можна розділити на:

- Поворотна частина
- Неповоротна частина
- Опорно-поворотний пристрій (скорочено ОПП) – сполучний елемент між поворотною та неповотною частиною.

1.6. Поворотна частина автокрана: основні елементи

У поворотну частину входять такі елементи, як: **кранова стріла** що складається із секцій. В даний час модельні ряди провідних виробників автомобільних кранів комплектуються 3–7 секційними стрілами - із зростанням вантажопідйомності крана збільшується тривалість стріли, тобто зростає кількість секцій, а також збільшується максимальна висота підйому вантажу та виліт стріли.

Стріла конструктивно може висуватися за рахунок сталевого троса або за допомогою гідроциліндрів. Тросовий механізм – це гарантія гнучкості, тоді як гідравліка найкраща для робіт, у яких потрібно забезпечити підвищену жорсткість (міцність) при підйомі багатотонних вантажів.

Стріла використовується для виконання роботи. Вона може бути фіксованою або телескопічною, що дозволяє змінювати її довжину. Виліт стріли, як і вантажопідйомність у тоннах, є однією з найважливіших технічних характеристик.

Стріли телескопічного типу складаються з основи, механізму зміни тривалості стріли, стрілових секцій, стрілового поліспа (вантажопідйомного пристрою, що складається з системи, що огинається стріловими канатами) та пристрою для захвату вантажів (гакові підвіски,

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ковшові грейфери для сипких продуктів). Багато моделей кранів комплектуються «гуськом» – подовжувачем стріли. Стріли телескопічного типу мають різний переріз: у вигляді

- Прямокутника
- Трапеції
- Багатогранника
- Овоїду (крива замкнута, гладка і випукла, має лише одну вісь симетрії).

Овоїдний переріз, завдяки своїй найбільшій стійкості та міцності, надає стрілі здатності витримувати великі навантаження при її максимальному вильоті. Окремі моделі стріл відрізняються за такими характеристиками:

- вантажопідйомність, що вказує на вагу вантажу, який може підняти стрілу;
- кут руху стріли – співвідноситься з кутом конкретного транспорту, яким стріла може рухатися в горизонтальному напрямку;
- довжина стріли – параметр, який враховується для висотних робіт (починаючи від п'яти до крайньої точки головки стріли);
- виліт стріли – проміжок від осі кранової установки до осі вантажу (при найбільшій вантажопідйомності крана найменший виліт стріли);
- швидкість пересування вантажу – вимірювання здійснюється в метрах за 60 секунд руху;
- висота підйому конфігурації гака – залежить від вильоту стріли, її підйому, залежить від того, чи застосовуються опори;
- час модифікації вильоту самої стріли – період часу, який потрібний для переміщення вильоту в протилежний напрямок.

Поворотна платформа є базою для приварювання всіх вузлових елементів, що належать до поворотної частини. Це металева конструкція, до складу якої включено поворотну раму (база поворотної частини крана),

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що монтується на ОПП, противага, двонога стійка, кожух (капот) для захисту виконавчих механізмів кранової установки від впливу зовнішнього середовища.

1.7. Виконавчі механізми

Підйомний механізм є основним робочим механізмом крана, який в основному складається з системи підвіски та лебідки. Іноді важкі предмети піднімаються за допомогою гідравлічної системи. Вантажна лебідка піднімає або опускає вантаж (рис.1.4).

Механізм зміни вильоту стріли (гідроциліндр зміни кута нахилу стріли). Для зміни вильоту використовується один або кілька гідроциліндрів (кількість гідроциліндрів залежить від максимальної вантажопідйомності крана).



Рисунок 1. 4 – Піднімальна лебідка

Механізм для обертання поворотної частини (поворотний механізм), до складу якого входить гідромотор, зубчастий вінець поворотної опори та редуктор (може бути 2-ступінчастий або планетарний, як у техніки Palfinger Sany, для безступінчастого обертання (360 градусів , рис.1.5).

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – Поворотний механізм



Рисунок 1.6 – Кабіна оператора

Кабіна оператора-кранівника – ергономічна. Крита кабіна кранівника використовується для дистанційного керування краном (рис.1.6). Тут розташовані основні елементи, що регулюють роботу кранової установки (приладова панель для контролю ходових характеристик, управління установкою крана виконується джойстиком). У сучасних кранових установках від провідних виробників спецтехніки кабіни просторі, зручні та безпечні: пневмосидіння регулюється і з підголівником, є освітлення,

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автономний обігрів кабіни, вентиляція, працює система склоочисників та склоомивачів, сонцезахисний козирок, вогнегасник, ремінь безпеки, термоізолюючі накладки на поручнях, мультимедійна підтримка (CD/MP3 радіомагнітола).

Противага, тобто додатковий вантаж для врівноваження поворотної частини, забезпечує стійкість працюючої кранової установки – конструктивно це лиття зі сталі або набір подібних виливок (наприклад, у кранових установках Палфінгер Сани з вантажопідйомністю 50 і 80 т є основною та додатковою противагою).

1.8. Неповоротна частина автокрана

У неповоротній частині базовий конструктивний елемент – це вантажне шасі.

На шасі монтується опорна рама з аутригерами (чотири виносними опорами, що збільшують опорний контур, тобто забезпечують стійкість кранової установки у розкладеному, робочому стані). Взагалі опорна рама – це жорстка конструкція, що зварена з балок. У центрі опорної рами розміщується спеціальний фланець для монтажу опорно-поворотного пристрою. Балки, які розташовані поперечно, використовуються для того, щоб розмістити аутригери. Опорну раму під час монтажу кранової установки на базовому шасі фіксують болтами. Щоб запобігти зсуву кранової установки щодо центру ваги шасі, проводиться установка спеціальних лонжеронів.

Також до неповоротної частини установки входять:

Привід насосу. Бак гідравлічної рідини, що зберігає та компенсує її об'єм под час роботи кранової установки. **Гідравлічна система** (у Палфінгер Сани встановлюються аксіально-поршневі та 3-секційні шестерні насоси). **Трубопроводи**. Базові шасі, що використовуються для монтажу кранових установок.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КвРМТВА 23113. 02.12.00

1.9. Базові шасі, що використовуються для монтажу кранових установок.

У кранових установок, будь то стандартний автомобільний кран, короткобазний або всюдихід, ходова частина – це базове вантажне шасі.

Для роботи кранової установки на шасі монтують:

Ходову опорну раму (зварна конструкція для монтажу ОПП). За допомогою ходової рами передається навантаження від поворотної частини крана на основу через базове шасі або аутригери.

Додаткову коробку відбору потужності (КОМ, РТО) для роботи гідравліки крана.

Проміжний редуктор.

Опорна стійка для стріли.

Стабілізатори або так звані вимикачі пружних підвісок.

Привід крана служить для переміщення ваги по вертикалі або регулювання робочого положення крана. Зазвичай він складається з двигуна, редуктора, гальма та колеса (рис.1.7). Якщо є необхідність, конструктивно змінюють розташування паливного бака та «запасок».

[3,4].



Рисунок 1.7- Кран з усіма елементами

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КвРМТВА 23113. 02.12.00

1.10. Принцип роботи автокрана

Після прибуття автокрана до місця роботи встановлюються опори (висувні стійки) для забезпечення стабільності. Після чого кабіна оператора перевіряється на безпеку і надійність. Кран виносить стрілу і приземляє вантажопідйомну частину на необхідний майданчик.

Оператор починає виконувати роботу з підняття і переміщення вантажів. Гідравлічна система в автокрані використовується для підняття і опускання вантажу шляхом створення тиску в гідравлічних циліндрах. Під дією тиску циліндри витягуються, піднімаючи вантаж. Гідравлічна система дає змогу точно керувати підняттям і опусканням вантажу з великою силою і контролем, роблячи процес ефективним і безпечним. Пристрій телескопічної стріли автокрана дає змогу виконувати універсальні завдання.

Поворот стріли і маніпуляції з вантажем в автокрані зазвичай виконуються за допомогою гідравлічних механізмів і управління оператором. Оператор використовує джойстики для точного управління напрямком і кутом повороту стріли. Гідравлічні циліндри приводять у рух механічні частини, що обертають стрілу в потрібний напрямок. Також за допомогою гідравлічних систем вантаж може підніматися, опускатися, виноситися і втягуватися зі стріли для точного розташування вантажу на робочому майданчику. Усе це дає змогу оператору ефективно і безпечно керувати роботою крана і вантажем.

1.11. Інновації і сучасні технології в автокранах Незважаючи на те, що робота автомобільного крана вже зараз є досить ефективною, інновації і сучасні технології також впроваджуються в це обладнання. Зараз можна зустріти моделі, які мають такий функціонал/оновлені характеристики:

1. автоматизація і дистанційне керування - для підвищення ефективності і комфорту під час експлуатації;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КвРМТВА 23113. 02.12.00

2. системи діагностики та моніторингу стану обладнання - гарантують безпеку під час використання, а також значно спрощують процес діагностики;
3. поліпшені матеріали та дизайн для збільшення ефективності та безпеки значно посилюють міцність, роблять експлуатацію тривалішою та стійкішою до механічних пошкоджень.

Виконання роботи буде легше з такими додатковими інноваціями як системи управління вантажопідйомністю, використання сучасних більш міцних матеріалів, більш сучасні гідравлічні системи, ефективність палива, антикорозійні технології тощо.

Розділ 2 . АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1. Функції поворотної платформи крана КС 3575

Поворотна платформа є основою для всього робочого обладнання і внаслідок цього є головним робочим органом крана. Вона з'єднується з неповоротною частиною (шасі) за допомогою ОПП (опорно- поворотного пристрою). На цій платформі розміщуються та кріпляться до неї такі елементи.

- Конструктивні елементи стріли: основа стріли, гідроциліндр підйому стріли.
- Вантажна лебідка, яка складається з гідромотора та редуктора, барабана для намотування каната, гальмівної системи.
- Кабіна кранівника з органами управління, прилади безпеки, опалювальна система.
- Гідравлічне обладнання та привід.
- Механізм повороту, який складається з редуктора з гідромотором. Цей вузол відповідає за обертання всієї конструкції на заданий кут.
- Противага (металева) плита, що закріплена у хвостовій частині платформи. Вона забезпечує стійкість крана під час роботи.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 23113. 02.12.00					

- Допоміжні елементи: захисні кожухи та огорожі; електрообладнання, освітлювальні фари, інформаційні датчики, вимикачі (2.1 – 2.3) [2,3].

Загальний вид опорної платформи показано на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Опора поворотна

Поворотна платформа показана на рис.2.2



а



б)

Рисунок 2.2 - Поворотна платформа (а); поворотний круг платформи (б)

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

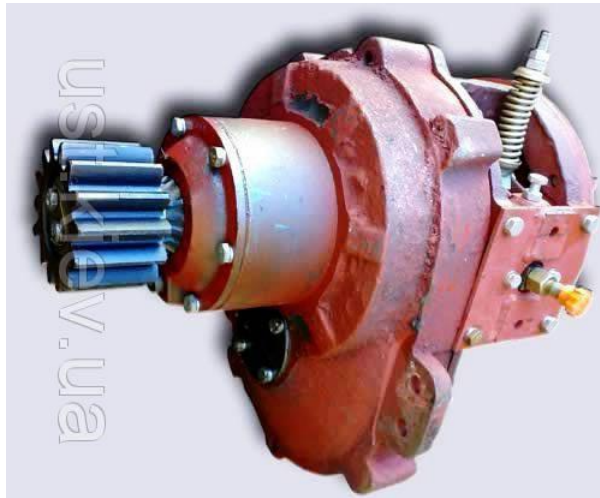


Рисунок 2.3 – Редуктор поворотної платформи

2.2. Матеріали для поворотної платформи

Поворотна платформа є базовим несучим елементом, який знаходиться під дією вантажу, що переносить стріла, маси стрілового вузла, тому виготовляти її потрібно з матеріалів, які володіють високою межею плинності, достатньою в'язкістю та міцністю.

Основними матеріалами для виготовлення поворотної платформи є низьколеговані сталі, хімічний склад яких наведено в (табл. 2.1). Із цих сталей виготовляють елементи зварних металоконструкцій, різні деталі, які повинні мати підвищену міцність, корозійну стійкість для роботи в інтервалі температур $+40 - -70^{\circ}\text{C}$ (табл 2.2), крім цього добре зварюватись [4].

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Високих механічних властивостей ці сталі набувають завдяки складу та впливу легуючих елементів на процеси, які відбуваються при термічній обробці.

Сталі переважно постачають в термічно- поліпшеному стані – після гартування та високого відпуску. В такому стані властивості сталі мають відповідати значенням табл. 2.2.

2.2.1 Вплив легуючих елементів на структуру та властивості сталей.

Легуючі елементи вводять до складу сталі для підвищення конструктивної міцності сталі. Покращення мехнічних властивостей зумовлено впливом легуючих елементів на властивості фериту, дисперсність карбідної фази, стійкість мартенситу під час відпуску, прогартуваність, розмір зерна.

В конструкційних сталях ферит- основна структурна складова, яка складає до 90% за об'ємом сталі і тому переважно ферит визначає властивості сталей. Легуючі елементи, розчиняються в фериті, зміцнюють його. Кремній, марганець і нікель, розчиняючись в фериті суттєво підвищують його твердістластивь. Незначно на властивості фериту впливають хром, вольфрам, молібден. Зміцнюючи ферит і мало впливаючи на пластичність, легуючі елементи знижують його ударну в'язкість. Нікель не знижує цей показник. Маганець і хром, якщо їх концентрація більше 1 % суттєво знижують ударну в'язкість. Карбідотвірні елементи – марганець, хром, вольфрам, ванадій і частково кремній уповільнюють виділення та коагуляцію карбідів під час відпуску. Вони також уповільнюють знеміцнення загартованого фериту та зниження міцності сталі під час відпуску. При легуванні зменшується критична швидкість охолодження при гартуванні. Найбільш ефективно підвищує прогартуваність уведення в сталь декількох елементів, наприклад, Cr + Mo; Cr + Ni ; Cr + Ni + Mo тощо. Для комплексно легованих сталей зона прогартуваності значно зростає. Для забезпечення

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високої конструктивної міцності кількість легуючих елементів в сталі має бути раціональним.

Вуглець (0,10 - 15%) – його вміст в сталі є достатнім для забезпечення достатньої міцності без втрати пластичності. Сталь добре зварюється.

Хром додають в сталі до 2%. Він розчиняється в фериті цементиті, підвищує механічні характеристики сталі : міцність, зносостійкість, сприяє утворенню захисного шару при контакті з агресивним середовищем. Недорогий легуючий елемент.

Нікель – додають в сталі від 1 до 6 %, забезпечує високу пластичність і в'язкість, особливо при низьких температурах. Є дефіцитним легуючим елементом.

Кремній – кількість в сталі обмежують 2 %. Карбідів з вуглецем не утворює. Кремній сильно підвищує межу текучості, уповільнює знеміцнення сталі під час відпуску, змінює в'язкість сталі, підвищує поріг холодноламкості при концентрації більшій за 1%. Кремній і мідь сприяють формуванню захисної оксидної плівки.

Мідь – атоми міді розчиняються в залізі, утворюючи твердий розчин заміщення, що сприяє викривленню кристалічної ґратки, та зумовлює підвищення границі текучості та тимчасового опор усталі. При вмісті міді до 0,4 – 0,5 % пластичність сталі знижується мінімально.

Сталі з міддю здатні до дисперсійного твердіння. Мідь в фериті розчиняється обмежено: від 0,02% при температурі 20°C до 2% при 850°C. Під час старіння з пересиченого твердого розчину виділяються дрібні частинки δ - фази (практично чистої міді), які підвищують твердість та міцність феритної матриці. Мідь також є головним елементом, який підвищує корозійну стійкість сталей в атмосферних умовах, утворюючи на поверхності феритної сталі щільної, адгезійної оксидної плівки, яка уповільнює корозію. Навіть

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КвРМТВА 23113. 02.12.00

невеликі концентрації міді в сталі) 0,2 - 0,4% значно покращують стійкість до корозії у вологому середовищі та при контакті з виробничими середовищами. Температура плавлення міді 1083°C, значно нижча ніж у заліза, при гарячій обробці тиском (куванні, штампуванні) мідь може накопичуватись під шаром окалини у вигляді рідкої фази по границям зерен фериту та провокує появу тріщин. З цієї причини сталі з міддю мають погіршену зварюваність, схильні до утворення тріщин в зоні термічного впливу [6].

За наведеними властивостями низьколеговані сталі 10ХСНД, 09Г2С доречно використовувати для елементів будівельних та транспортних машин. Вони мають досить високі показники міцності, в'язкості, і що важливо, добре зварюються.

Однак, практика виявила невідповідність характеристик цих сталей в стані постачання з характеристиками готових виробів з них. Ця проблема пов'язана з високою анізотропією механічних властивостей вихідного металу уздовж та поперек Z - напрямку прокату після зварювання. Структура листового прокату сталей 10ХСНД, 09Г2С досліджена неодноразово. Вона вирізняється досить розвиненою смугастістю ферито-перлітної структури, яка закладається при виробництві сталі. Вплинути на анізотропію на машинобудівних заводах практично неможливо. Це треба робити на етапі отримання сталі ще на металургійному комбінаті.

З метою підвищення ефективності металопродукції з використанням низьколегованих сталей 10ХСНД, 09Г2С для виготовлення таких складних конструкцій як поворотна платформа була поставлена задача досліджень.

Актуальність теми. В роботі розглянуті причини недостатньо широкого використання сталі 09Г2С для виготовлення елементів автокрану таких як поворотна платформа. За функціональним призначенням поворотна

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 23113. 02.12.00				

платформа є базою для приварювання до неї усіх елементів поворотної частини. Отже, матеріал, з якого виготовляють поворотну платформу повинен мати високу міцність, достатню в'язкість, твердість та добре зварюватись. Сталь 09Г2С задовольняє машинобудівників як за складом, властивостями так і за ціною. Однак, при її одержанні потрібно вжити деяких технологічних заходів, які зроблять цю сталь надійною у таких виробках як поворотна платформа крану КС3575 та інших зварних конструкцій. З метою підвищення ефективності металопродукції з використанням низьколегованих сталей 10ХСНД, 09Г2С для виготовлення таких складних конструкцій як поворотна платформа були поставлені задачі досліджень

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1. Дослідити та проаналізувати вплив способу одержання сталі 09Г2С та способу її розливання на якість прокату і анізотропію структури.**
- 2. Проаналізувати вплив виду та режиму зварювання на властивості зварної конструкції.**
- 3. Дослідити структуру зварної конструкції з високими показниками міцності та надійності.**
- 4. Визначити основні технологічні заходи для ефективного використання листової сталі 09Г2С для виготовлення складних зварних конструкцій типу поворотної платформи.**

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.

3.1. Вибір та обґрунтування матеріалу для поворотної платформи.

Для виготовлення поворотної платформи вантажного крана, базуючись на даних літературного огляду, вибираємо **сталь 09Г2С**. Обґрунтування вибору полягає в наступному.

Склад та властивості зазначених сталей наведено в таблицях 2.1; 2.2.

Одна з цих сталей містить мідь (10ХСНД), інша – ні (09Г2С). Ці сталі мало відрізняються за механічними і технологічними властивостями.

Мідь в сталі 10ХСНД дозволяє підвищити показники міцності при одночасному збереженні відносно низького вмісту вуглецю та пластичності. Мідь подрібнює зерно та зміцнює ферит, границя текучості підвищується до 20%. Якщо сталь піддати термічному старінню, показники твердості зростають без значного зменшення в'язкості. Підвищується стійкість до атмосферної корозії. Дуже важливий недолік сталі з міддю – погіршення зварюваності сталі, причина якого описана вище.

Сталь 09Г2С - міцність забезпечується легуючими елементами – марганцем та кремнієм, не погіршуючи в'язкість сталі. Холодостійкість цих сталей однакова - 40 до – 70 °С. Це особливо важливо для обладнання, що працює на відкритих майданчиках, таких як вантажні крани.

Сталь 09Г2С не така вразлива до високих температур і перегрівання (як сталь 10ХСНД), що виникає під час зварювання. Сталь 09Г2С не схильна до гартування в зоні зварного шва. Сталь зберігає високі показники в'язкості при низьких температурах, що необхідно для вантажної техніки.

Низьколегована сталь 09Г2С має досить високі показники межі плинності, що дозволяє конструкції витримувати динамічні навантаження без деформації. Така сталь добре зварюється без обмежень усіма видами

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зварювання: ручне дугове зварювання; автоматичне дугове зварювання під флюсом та газовим захистом; електрошлакове зварювання.

3.2. Вибір способу зварювання поворотної платформи

При виготовленні поворотної платформи перевагу віддають одному з двох найбільш поширених способів зварювання: ручне дугове та напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів.

Характеристика зварного з'єднання, одержаного ручним дуговим зварюванням.

Структура наплавленого металу має дендритну будову. Зона термічного впливу досить широка, внаслідок чого виникають більші внутрішні напруження. Спостерігається досить великий розмір зерна внаслідок перегріву. Формується більш рівноважна структура. В шві можуть міститись включення шлаку. Для формування структури акікулярного фериту треба використовувати якісні матеріали та оптимальні режими зварювання. Після ручного зварювання великих вузлів платформи потрібна термічна обробка.

Характеристика зварного з'єднання, одержаного способом напіваавтоматичного зварювання.

Структура шва має більш однорідну та дрібнозернисту структуру, з вузькою зоною перегріву. В наплавленому металі менше неметалевих включень. В структурі швидше формується структура акікулярного фериту, можливе також утворення метастабільних структур. Зона термічного впливу вужча, ніж при ручному зварюванні, деформація платформи менша, краще зберігається геометрія посадочних місць під поворотний круг.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поворотна платформа складається з багатьох зварних балок та ребер жорсткості. Залежно від конкретного вузла платформи (лонжерони, поперечні балки) товщина листів цих елементів від 8 до 20 мм. Елементи поворотної платформи теж виготовлені із сталі 09Г2С. Сталь добре зварюється при використанні електродів УОНИ 35/55, які забезпечують високі показники міцності, як металу шва, так і зони термічного впливу. Під час наварювання масивних несучих елементів (балок, кронштейнів) виникає локальне нерівномірне нагрівання металу до температури плавлення. Охолодження шва відбувається швидко, що зумовлює великі внутрішні напруження в кристалічній структурі сталі. Після зварювання основних вузлів платформи проводять термічну обробку, найчастіше, відпуск для зняття внутрішніх напружень в металі. Без термічної обробки платформу може пожелобити, через що місця під опорно-поворотний пристрій або стрілу втратять співосність. Під час робочих навантажень залишкові напруження додаються до зовнішніх і спричиняють появі тріщин в зоні термічного впливу. Основні види термічної обробки поворотної платформи після зварювання показані в таблиці 3.1.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1. Основні види термічної обробки поворотної платформи.

Метод	Опис процесу	Результат
Високий відпуск	Нагрівання всієї конструкції в печі до температури 550 – 650 °С, витримка, повільне охолодження.	Спосіб дозволяє повністю зняти внутрішні напруження та стабілізувати геометрію виробу.
Місцевий відпуск	Нагрівання зони зварного шва індуктором чи газовим пальником.	Застосовується при ремонті, коли відсутнє обладнання для нагрівання всієї платформи.
Нормалізація	Нагрівання всієї конструкції в печі до 850 – 860°С, витримка і охолодження на повітрі.	Спосіб дозволяє вирівняти та подрібнити структуру зони зварювання та зони термічного впливу.
Природне старіння	Витримка конструкції на відкритому повітрі протягом тривалого часу (декілька місяців).	Спосіб практично не використовується у кранобудуванні через низьку продуктивність.

На сучасних ремонтних виробництвах замість термічної обробки після зварювання проводять віброобробку. Зварну конструкцію піддають впливу вібрацій з певною частотою. Це значно швидше та дешевше, ніж проводити термічну обробку.

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 23113. 02.12.00						

3.3. Вплив металургійних факторів на надійність поворотної платформи.

Надійна робота поворотної платформи залежить від багатьох факторів: складу сталі, способу зварювання, якості матеріалів для зварювання, термічної обробки після зварювання і ще багато інших. Однак найбільш важливу роль в забезпеченні надійності відіграє структура листового прокату, з якого виготовляють платформу. Переважна більшість листового прокату має чітко виражену анізотропію властивостей (механічних, технологічних тощо). Анізотропія властивостей зумовлена шаруватою структурою листа. Шарувата структура виникає внаслідок витягування зерен та неметалевих включень вздовж напрямку прокатування (рис.3.1).

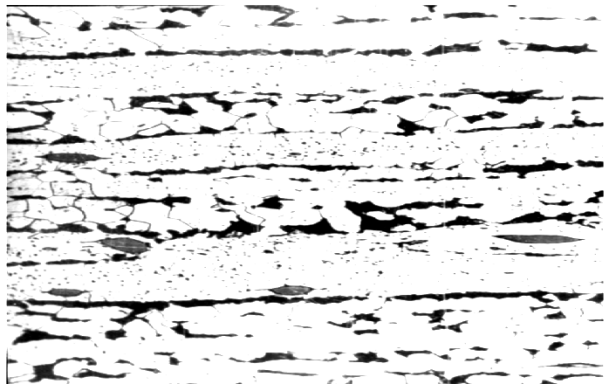


Рисунок 3.1 – Шарувата структура листового матеріалу після прокатування.

Метал з шаруватою структурою має максимальну пластичність та ударну в'язкість вздовж волокон і меншу (у 2-3 рази) поперек волокон.

Поворотна платформа має складні зварні з'єднання (кутові, таврові), в яких вертикальні стінки з'єднуються зварюванням з горизонтальними листами. Під час роботи крана виникають напруження, які діють перпендикулярно до площини листа з анізотропною структурою, викликають відрив шарів. Метал розшаровується вздовж витягнутих включень, що

						КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

призводить до утворення тріщин. Тріщини легше поширюються вздовж волокон прокату. Тому при пректуванні платформи треба враховувати напрямок прокатки головних балок, щоб не допустити зменшення опору втомі.

Гнуті елементи поворотної платформи виготовляють з урахуванням анізотропії. Лінія згину має бути перпендикулярною до напрямку прокатки. Ризик появи мікротріщин на зовнішньому радіусі зменшується. Згин вздовж волокон різко знижує несучу здатність платформи.

Розкрій листа здійснюють так, щоб в несучих балках платформи основне розтягуюче навантаження співпадало з напрямком прокатки.

Використовувати високоякісні сталі з малим вмістом сірки та фосфору.

Використовувати для підготовки кромомок зварного з'єднання спеціальні типи кромок, які зменшують концентрацію напружень в шві.

Враховуючи, що анізотропія властивостей, яка є наслідком сформованої анізотропної структури, не може бути усунена при виготовленні платформи.

Вона формується під час гарячої прокатки ще на металургійних комбінатах.

Проте при закупівлі листів із сталі 09Г2С можна контролювати деякі фактори, які забезпечать зменшення анізотропії, а саме:

1. Вибір якісної сталі. Замовляти прокат із сталі, яка для очищення - зменшення неметалевих включень (а відтак анізотропії) піддавалась вакуумно-дуговому переплавлянню чи оброблялась в ківші інертними газами. Така обробка суттєво зменшує вміст сірки (менше 0,005%), кисню в сталі, сприяє однорідності структури (табл.3.2). Віддавати перевагу сталям, які піддавались під час кристалізації модифікуванню кальцієм (Ca) чи - цезієм (Cs). Модифікування кальцієм перетворює сульфіди марганцю на тверді глобулярні часточки окисульфіди кальцію, змінює форму включень подрібнює їх. Такі включення при прокатуванні не деформуються, покращують пластичність у Z – напрямку (по товщині листа).

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КвРМТВА 23113. 02.12.00

Таблиця 3.2. Вплив способу виплавки сталі на вміст шкідливих домішок

Спосіб виплавки	Сірка, %	Фосфор, %	Кисень, %	Азот, %	Водень, %
Киснево конверторна сталь	0,02-0,03	0,02-0,03	0,005- 0,008	0,002- 0,005	0,0001- 0,0005
Мартенівська сталь	0,025- 0,035	0,025- 0,035	0,005- 0,008	0,003- 0,007	0,0002- 0,0007
Електросталь	0,01-0,02	0,01-0,02	0,002- 0,004	0,007- 0,01	0,0004- 0,0006
Електрошлаковий переплав	0,002- 0,008	0,01-0,02	0,003- 0,004	0,007 - 0,015	0,0002
Вакуумно-дуговий переплав	не змінюється	не змінюється	0,002- 0,003	0,006- 0,008	0,0002
Вакуумноіндукційна плавка	не змінюється	не змінюється	0,0015- 0,0025	0,006- 0,008	0,0002
Вміст фосфору при переплавах не змінюється (0,01 - 0,02 %)					

Саме електрошлаковий переплав дозволяє зменшити вміст сірки в сталі виплавленій в кисневому конверторі чи в мартенівській печі з 0,025% до 0,002-0,008%. Вміст кисню також зменшується з 0,005 - 0,008 % до 0,003 - 0,004%; водню - з 0,0005 - 0,0007% до 0,0002%.

Розливання сталі є важливим етапом виробництва сталі. Традиційні способи розливання сталі такі як розливання зверху та сифонне розливання сприяють формуванню в злитку структурної неоднорідності (спостерігається

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 23113. 02.12.00				

скупчення неметалевих включень в центрі злитку). Спосіб безперервного розливання сталі дозволяє подрібнити зону крупних дендритів, сприяти більш рівномірному розподілу вуглецю та марганцю в об'ємі металу, отже зменшується осьова рихлість та ліквацийна смугастість в готовому прокаті (рис.3.2).

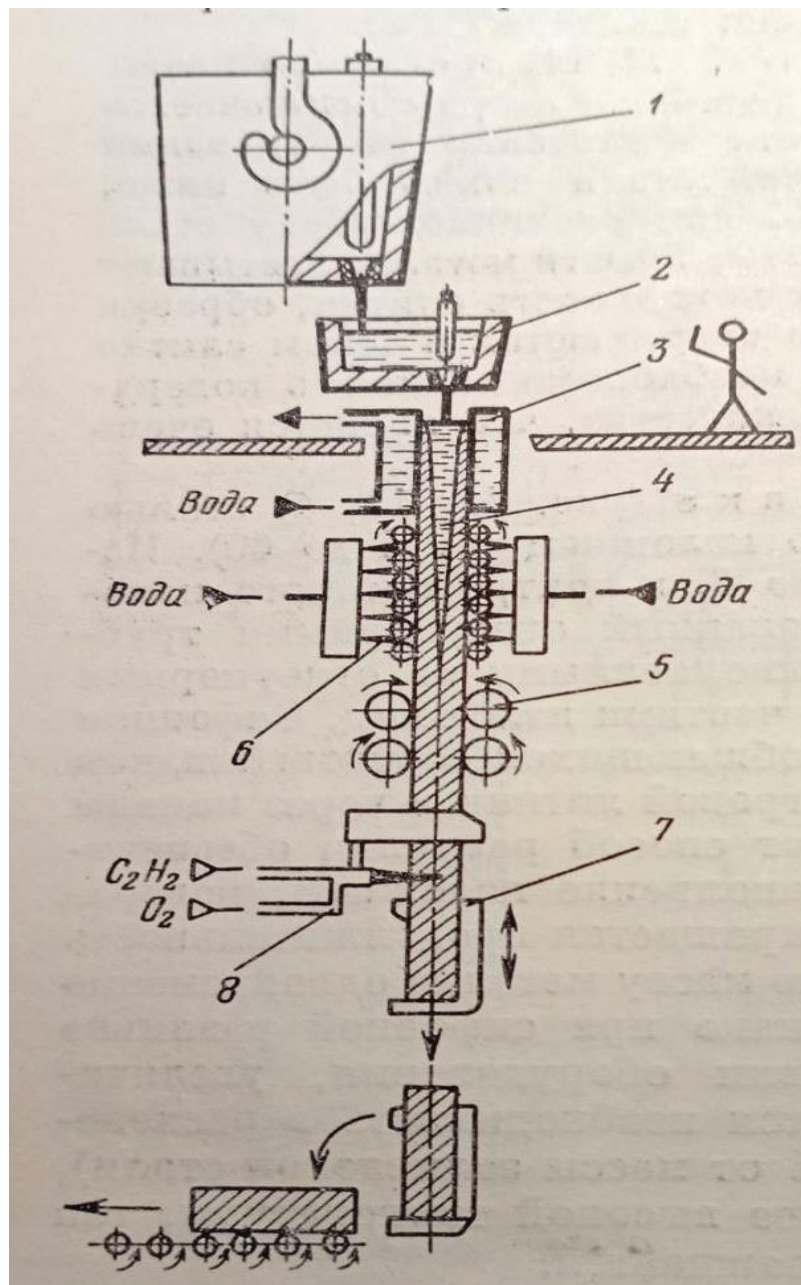


Рисунок 3.2. Схема установки для неперервного розливання сталі

1 – ківш, 2 – проміжний розливочний пристрій, 3 – кристалізатор, 4 – злиток,
5 – валки, 6 – вторинний охолоджувач, 7 – різак, 8 – пруток.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КвРМТВА 23113. 02.12.00

При неперервному способі розливання рідку сталь із ківша через проміжний розливочний пристрій неперервно подають у водо охолоджувальну виливницю без дна - кристалізатор, з нижньої частини якого витягують тверднучий злиток. Перед заливанням металу в кристалізатор уводять затравку, яка утворює його дно. Затравка має головку у формі ластівкового хвоста. Рідкий метал, який попадає на затравку, охолоджується, твердне, утворює шкірку. Затравка валками витягується із кристалізатора разом з закристалізованим злитком, серцевина якого знаходиться ще в рідкому стані. Швидкість витягання злитка із кристалізатора залежить від перерізу злитка. На виході з кристалізатора злиток охолоджується водою, яка подається через форсунки в зоні вторинного охолодження. Із зони вторинного охолодження злиток виходить повністю охолодженим та закристалізованим і попадає в зону різання, де його розрізають газовим пальником на прутки потрібної довжини.

Розділ 4 . КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

4.1. Контроль якості зварного шва

1. Візуальний оглід зони сплавлення. Перевірка на відсутність підрізів та не проварів.
2. Ультразвуковий контроль на наявність внутрішніх дефектів (тріщин, раковин). Ультразвуковий контроль є обов'язковим для усіх стикових швів несучих балок [7].
3. Контроль твердості шва і основного металу. Контроль твердості зварних з'єднань є обов'язковим етапом технічного контролю при виготовленні відповідальних металоконструкцій, до яких на лежить поворотна платформа. Результати вимірювання твердості дозволяють оцінити стан структури металу шва та зони термічного впливу без руйнування деталі [8].

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевищення твердості свідчить, що в процесі зварювання відбулись процеси, які призвели до утворення більш твердих та крихких структур. Якщо швидкість охолодження була занадто високою (це можливо взимку), у сталі 09Г2С може утворитися мартенситна чи мартенситно-трититна структура. Внаслідок цього метал шва стає крихким і здатним утворювати тріщини при навантаженні. **Зниження твердості** зони шва свідчить про перегрів під час зварювання. Була завищена величина струму, зерно металу росте, а твердість падає. Вимірювання твердості після відпуску дозволяє швидко упевнитись, що всі залишкові напруження після зварювання усунуті, а структура металу стабілізувалась.

4.1.1. Методи вимірювання твердості

Поворотна платформа – це великогабаритна конструкція, яка не може бути встановлені на на столик приладів для вимірювання твердості за методом Бринелля. Для вимірювання твердості використовують переносні твердоміри, або ультразвуковий метод (UCI), чи динамічний (метод Ліба).

Ультразвуковий метод вимірювання твердості (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Прилад для вимірювання твердості ультразвуковим методом (UCI) Т-У2/Т-У3.

Метод базується на вдавлюванні алмазної пірамідки, що знаходиться на кінці датчика в матеріал із заданим зусиллям, а прилад вимірює зміну частоти ультразвукових коливань, яка залежить від глибини відбитка

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(твердості матеріалу). Вимірювана поверхня має бути ретельно підготовлена: шліфувана та калібрована під конкретний тип металу. Неруйнівний метод контролю..

Динамічний – метод Ліба (рис. 4.2)

Пристрій для вимірювання твердості металів методом Ліба (динамічний твердомір), ударний пристрій. Зонд D, вагою 75 г. Визначає твердість на основі відношення швидкості відскоку індентора (бойка) від поверхні матеріалу до швидкості його падіння. Джерелом живлення є акумулятор, габарити пристрою – 120 x 62 x 30 мм, вага 164 г. Вимірювання триває декілька секунд. Принцип роботи приладу – вимірювання ЕРС, що наводиться в котушці індуктивності постійним магнітом на бойку. Дозволяє контролювати великогабаритні або стаціонарні вироби, які не можливо розмістити у стаціонарному твердомірі.



Рисунок 4.2 - Твердомір для вимірювання твердості металів (за Лібом) з виносним датчиком WALCOM HM-6560

Твердомір використовують для вимірювання твердості різних матеріалів: сталь, чавун, мідь, алюміній. Конструкція приладу дозволяє проводити тестування зразків чи деталей під будь – яким кутом. Можлива зміна шкал

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

твердості HRC, HRB, HV, HB, HS, HL. Внутрішня пам'ять пристрою дозволяє зберігати 50 груп даних (вимірні значення, напрямок удару, шкалу вимірювання твердості). В таблиці 4.1 показано відповідність між значеннями твердості, визначеними за методом Ліба (HL), Бринелля (HB), Шора (HS), Віккерса (HV) та Роквелла (HRC, HRB) [10].

Таблиця 4.1. Відповідність значень твердості, вимірними різними методами

Матеріал	Перетворення діапазонів						
	HL	HRC	HRB	HB		HS	HV
				30D ²	10D ²		
Сталь та чавун	300-900	20,0 68,0	38,4 – 99,5	80 -647		32,5	80 -940
Нержавіюча сталь	300-800	19,6 - 62,4	46,5 - 101,7	85 - 655			80 - 802
Сірий чавун	360 - 650			93 -334			
Високоміцний чавун	400 - 600			131- 387			
Алюміній в чушках	174 - 560				20-159		
Латунь	200- 550		13,5 - 95,3		40 -173		
Бронза	300 - 700				60-290		
Мідь	200- 690				45-315		

При вимірюванні твердості зварної зони заміри проводяться у трьох зонах: основний метал (для сталі 09Г2С, твердість м має бути в межах HB130 - 170); зона шва (зона наплавленого металу); зона термічного впливу (ділянки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 23113. 02.12.00				

на відстані 2-5 мм від шва, де метал зазнав найбільшого нагрівання). Згідно з нормативними документами твердість зварного з'єднання не повинна бути більшою за твердість основного металу понад 15 – 20%. Для сталі 09Г2С твердість не може бути більшою за НВ 220- 250.

4. 2. Мікроструктурний аналіз зварної конструкції.

Після наварювання на поворотну платформу потрібних елементів конструкції обов'язковим є контроль мікроструктури в зоні зварювання.

Мікроструктурний аналіз проводять на зразках – свідках, які виготовлені із того ж матеріалу, що і поворотна платформа (сталі 09Г2С), тієї ж товщини, яку зварювали за тими ж режимами і на тому ж обладнанні, що і основний виріб. Основна мета аналізу перевірити структуру в трьох основних зонах: метал шва; зона термічного впливу; зона сплавлення [11].

Метал шва перевіряють на наявність мікротріщин, неметалевих включень та газових пор. Визначають форму та розмір кристалів. Структура шва у сталі сталі 09Г2С має бути дрібнозернистою і складатись з фериту та перліту.

Зона термічного впливу після зварювання може мати грубозернисту структуру (Відманшеттову), метастабільні структури (тросит, мартенсит).

В зоні сплавлення визначають ступінь та якість дифузійного зчеплення металів. Наявність цих визначених дефектів робить зварну конструкцію крихкою і схильною до крихкого руйнування при незначних навантаженнях, тому мікроструктурний аналіз є обов'язковим.

4.2.1. Методика підготовки та виконання мікроструктурного аналізу.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікроструктурний аналіз проводиться згідно методики, яка затверджена державними стандартами, з використанням металографічних мікроскопів (рис.4.3)



Рисунок 4.3 – Металографічний мікроскоп ММР

Як правило, дослідження мікроструктури проводять при впровадженні нового виду зварювання чи нової марки дроту чи флюсу, які відрізняються від затвердженої технології; при виникненні аварійних ситуацій, коли тріщини виявлені при роботі інших кранів. Дослідження мікроструктури дозволяє визначити причину поведінки металу та переконатись, що термічне нагрівання під час зварювання не зіпсувало структуру металу та його властивості, особливо такі як в'язкість [12].

4.2.2. Структура наплавленого металу.

Для забезпечення максимальної надійності поворотної платформи крана КС-35, виготовленої зі сталі 09Г2С, структура металу після зварювання повинна бути дрібнозернистою та в'язкою. Оскільки кран працює в умовах значних динамічних навантажень та змінних температур, наявність грубих зерен чи крихких фаз не допускаються. Недопустимим є зростання зерна, бальність зерна за стандартом не має бути нижче 5 - 6 балу. Бажаними структурами для кожної зони є наступні. *Структура металу шва* – відповідає структурі литого металу, яка складається з дрібнозернистих

						КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

кристалів фериту та перліту. Кращі показники міцності і в'язкості має наплавлений метал з структурою голчастого фериту, який ще називають акікулярним (акікула - по латині –це голка). Дрібні голки фериту, орієнтуються хаотично, створюючи «кошикове плетіння», яке ефективно блокує розвиток тріщин. Небажаним є наявність суцільної сітки фериту, що збільшує схильність сталі до крихкого руйнування вздовж цієї сітки.

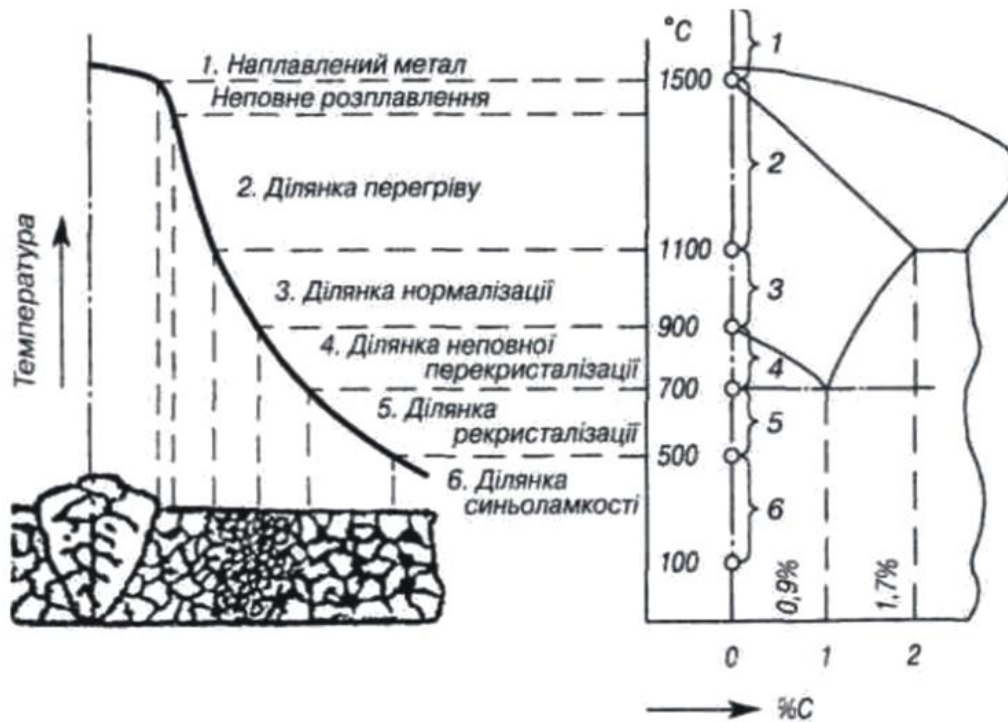


Рисунок 4.4 – Схема розподілу температур і фаз в зоні термічного впливу зварного шва низьковуглецевої сталі

Для низьковуглецевої сталі за зоною розплавленого металу (I) знаходиться ділянка 2, яка нагрівалась до температур, близьких до температур плавлення. Ця зона має грубозернисту структуру і є зоною перегріву (рис. 4.4). Внаслідок неповного розплавлення структура характеризується хімічною неоднорідністю. Після охолодження структура цієї ділянки нагадує Відманштеттову структуру (рис. 4.5). Ця зона невелика і для дугового

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

зварювання становить від 0,1 до 0,5 мм. Ділянка 3 нагрівалась дещо вище за точку A_{c3} і має нормальну дрібнозернисту структуру з рівновісними зернами фериту. Така структура відповідає структурі сталі після нормалізації. Це найбільш якісна частина зварного з'єднання. Структура в цій зоні рівноважна дрібнозерниста, за механічними властивостями вона може бути кращою за основний метал.



Рис. 4.5 – Мікроструктура сталі 09Г2С на ділянці перегріву (Відманштетт) після автоматичного зварювання (x 100)

Ділянка 4 – нагрівалась до температур, що лежать в інтервалі $A_{c3}-A_{c1}$. При цих температурах не весь перліт перетворюється на аустеніт тому утворюється негомогенний аустеніт. При охолодженні утворюються з аустеніту дрібні зерна фериту та перліту і зберігаються досить грубі зерна вихідного фериту.

Ділянка 5 – найбільш віддалена від зварного шва зона нагрівається до температур нижчих за A_{c1} і тому тут відбуваються рекристалізаційні процеси (якщо перед зварюванням метал піддавався холодній пластичній деформації) та такі процеси, як коагуляція карбідів (особливо термозміцнених сталей),

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КвРМТВА 23113. 02.12.00

яка зменшує міцність зварного шва; розчинення надлишкових дисперсних фаз, що виділились раніше (це цементит третинний, нітриди, карбонітриди). Такий перенасичений твердий розчин з часом розпадається, а виділення надлишкової фази в дисперсному вигляді підвищує міцність та крихкість сталі, внаслідок чого можуть виникнути в зоні термічного впливу тріщини (рис. 4.6).

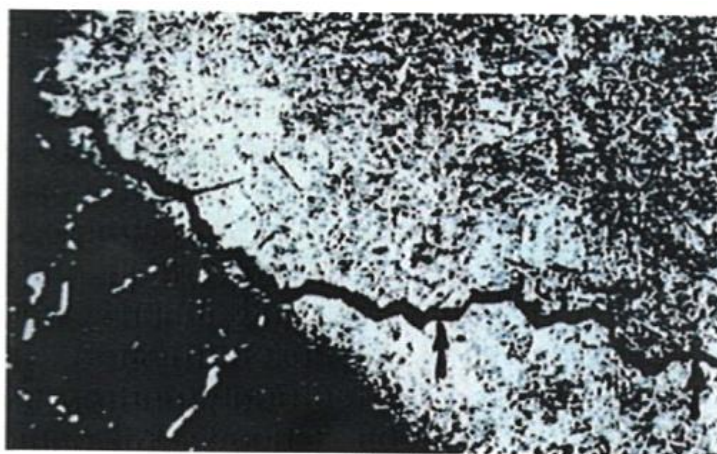


Рис. 4.6 – Мікротріщина в зоні термічного впливу ($\times 100$)

На ділянці **б**, яка нагріта до 250–450 °С можуть відбуватися процеси штучного старіння, виділення дисперсних фаз з перенасиченого твердого розчину, що також призводить до деякого підвищення міцності та крихкості метала. Структура має бути однорідною, без різких, видимих меж між фазами.

Методи зварювання, що забезпечують повільне нагрівання та охолодження зварного з'єднання (наприклад, електрошлакове) сприяють найбільшій однорідності будови та властивостей ЗТВ, а ручне дугове

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зварювання, яке проводиться з великими швидкостями нагрівання та охолодження, створює більшу неоднорідність. При автоматичному зварюванні під шаром флюсу неоднорідність менша, так як охолодження після зварювання повільніше, ніж при ручному дуговому.

В структурі зварної платформи із сталі 09Г2С не допускається:

Ділянки з мартенситною структурою. Мартенсит дуже тверда та крихка фаза, робить сталь здатною до крихкого руйнування. Структури проміжного розпаду аустеніту при охолодженні – тростит та бейніт. Сталі з такою структурою мають занижену в'язкість і не здатні витримувати ударні навантаження. небезпечними є в структурі зони шва і біля шовної зони скупчення оксидів та сульфідів, які розміщуються між межами зерен (рис.4.7, 4.8) [12].



Рисунок 4.7– Пластичні неметалеві включення сульфиду MnS в листовому прокаті сталі 10.

4.3. Технологічні заходи для формування якісного шва

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

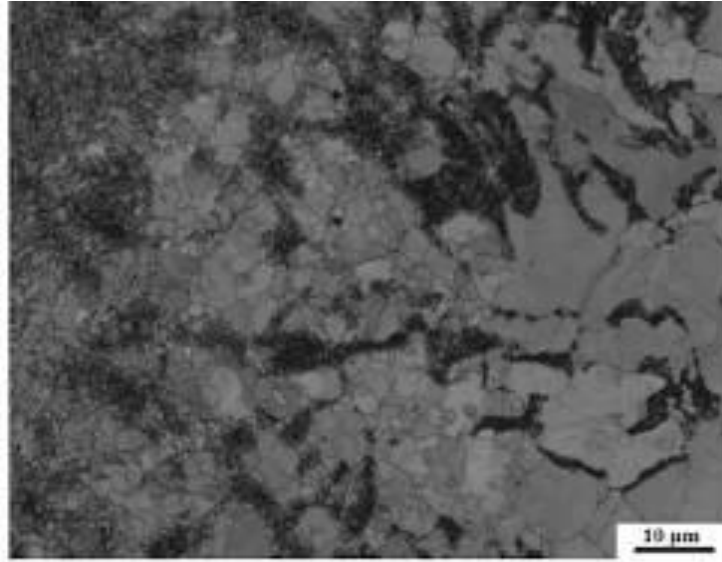


Рисунок 4.8 – Структура сталі 09Г2С після зварювання

Мікроструктура сталі 09Г2С складається із світлих ділянок межового фериту, який виділився по межах аустенітних зерен та рівномірно розподіленими темними ділянками перліту. В структурі виявляються дрібні голки акікулярного фериту, що переплетені в різних напрямках між собою.

Характерні зміни в структурі сталі 09Г2С після зварювання показані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Структура сталі 09Г2С після зварювання

Характеристика	Стан вихідного металу	Наплавлений метал (шов)
Вихідний матеріал	Деформований прокат сталі 09Г2С	Дендритна структура після зварювання.
Фазовий склад	Рівноважний ферит і перліт	Голчаста ферито-перлітна
Морфологія фаз	Округлі або витягнуті зерна	Дендрити
Властивості матеріалу	Переважно анізотропія властивостей	Висока тріщиностійкість

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для поворотної платформи структура матеріалу, з якого вона виготовлена, має велике значення на формування її властивостей після наварювання потрібних конструктивних елементів.

В стані постачання прокат із сталі 09Г2С повинен мати структуру полігонального фериту (у вигляді округлих зерен), що забезпечить високу пластичність виробу. Після зварювання в зоні шва має сформуватись структура акікулярного фериту (зерна у вигляді сплутаних голок), який забезпечить з'єднанню найвищу в'язкість, стійкість до ударів та вібрацій.

4.3.2. Особливості утворення, будови та властивостей акікулярного фериту

Акікулярний ферит утворюється в зварювальній ванні під час її охолодження. Зародками центрів кристалізації акікулярного фериту є неметалеві включення (оксиди або сульфід). Кремній та марганець уповільнюють процес утворення полігонального фериту по межах зерен, сприяють зародженню та росту голок всередині зерен аустеніту. При охолодженні внаслідок фазових перетворень аустеніт перетворюється на ферит. Зародками зерен фериту стають неметалеві включення. Зерна набувають голчастої форми і ростуть всередині зерен аустеніту, проникаючи через них у різних напрямках. Під мікроскопом акікулярний ферит має вигляд хаотично сплєтених коротких тонких голок. Таку структуру називають «кошикове плетіння». Голки розташовані під різними кутами одна до одної. Голки дуже дрібні мають довжину 1 – 3 мкм. Основна властивість такого фериту – блокування тріщин. Змінюється механізм руху тріщини, яка утворилась в металі. Якщо в полігональній структурі тріщина легко рухається по зерну, для акікулярного фериту тріщина стикається з голками, що лежать на її шляху, вона мусить постійно змінювати напрямок руху, втрачаючи енергію, що сприяє її затуханню (зупинці).

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структура з дрібних голок для поворотної платформи гарантує комплекс властивостей, коли зварний шов не зруйнується при різкому підйомі вантажу чи під час роботи за низьких температур на морозі [13].

4.4. Дефекти при виготовленні поворотної платформи

Поворотна платформа і її зварні шви під час роботи піддаються значним навантаженням. За таких умов будь-який дефект може бути причиною аварії. Дефекти, які виникають при виготовленні поворотної платформи поділяють на зовнішні та внутрішні.

Тріщини – гарячі, які виникають під час кристалізації та холодні, які з'являються через деякий час після зварювання. Причинами гарячих тріщин переважно є порушення режиму зварювання, вибір невідповідного дроту, підвищений вміст вуглецю та сірки, а також прискорене охолодження. Усувають такий дефект зварюванням, попередньо висвердливши зони з тріщинами.

Непровар – відсутність сплавлення між основним металом і металом шва, та між окремими валиками. Виникають при порушенні режиму зварювання: малий струм, велика швидкість зварювання, неправильний кут нахилу пальника.

Підрізи – заглиблення у вигляді канавок вздовж межі шва з основним металом. Вони є небезпечними концентраторами напружень. Виникають при зварюванні із завищеним струмом чи при неправильних рухах пальника. Усувають дефект зачисткою та наплавленням тонким валиком, який шліфують.

Пори, шлакові включення – порожнини в середині шва, заповнені газом чи флюсом. Причиною появи таких дефектів є погано просушені електроди, які

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зберігають підвищений вміст вологи, залишки іржі на поверхні металу, недостатній газовий захист зони зварювання. Скупчення пор видаляють механічно і повторно заварюють якісними матеріалами.

4.5. Нормативні вимоги для виявлення та усунення дефектів при виготовленні платформи.

Наявність дефектів, які можуть мати місце при виготовленні поворотної платформи контролюють і виявляють у такій послідовності.

Обов'язкова дефектоскопія для виявлення дефекту та його розмірів.

Використовують прилади ультразвукового чи капілярного контролю. Видалення дефектної зони механічним шляхом (абразивними кругами чи фрезами) [14].

Підготовка поверхні до зварювання (зачищення, видалення іржі).

Зварювання з використанням тих самих матеріалів (типу електродів, дроту) і за оптимальними режимами.

Повторний контроль виправленої діляки з використанням тих методів і приладів, які використовувались при первинному контролі. Якщо сумарна довжина виправлених ділянок перевищує 15 – 20% довжини шва, такий вузол відбракують.

4.6. Профілактичні заходи перед зварюванням для запобігання появі дефектів.

Підготовка поверхні перед зварюванням обов'язкова для одержання якісного з'єднання. Сталь 09Г2С схильна до утворення метастабільних структур та водневого окрихчення, крім того забруднення поверхні кромки може призвести до виникнення тріщин.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. *Очищення від іржі та окалини, яка присутня на поверхні сталі внаслідок попереднього вальцювання. Використовують шліфувальні круги чи піскоструминне обладнання. Кромки та прилегла зона шириною 20 мм і більше з кожного боку повинна бути звільнені від окалини і мати сріблястий металевий блиск. Присутність часточок окалини (Fe_3O_4) що має високу температуру плавлення ($1540^{\circ}C$) при зварюванні не розплавляється, сприяє утворенню таких дефектів як непровар чи шлакове включення.*

2. *Обов'язковим є видалення залишків вологи та мастила, які є носіями водню. Водень розчиняється в рідкому металі і при охолодженні є причиною появи холодних тріщин. Знежирення зони зварювання здійснюють ацетоном чи уайт – спиритом.*

3 *Для отримання якісного зварного з'єднання потрібно ретельно підготувати кромки.*

4. *Попереднє підігрівання зони зварювання до $100 - 150^{\circ}C$ є обов'язковим при товщині листа більше 20 мм (або при температурі навколишнього середовища нижче $+5^{\circ}C$). Це сприятиме зменшенню швидкості охолодження, що забезпечить більш повне видалення водню з поверхні металу платформи.*

Підготовка зварювальних матеріалів передбачає обов'язкове:

прожарювання електродів УОНІ 13/55 при $350 - 400^{\circ}C$ з витримкою 1-2 години перед початком зварювання. При використанні напівавтоматичного способу зварювання дріт Св-08Г2С перевіряють на наявність іржі чи бруду.

Кількість циклів прожарювання електродів не має перевищувати три рази, щоб не допустити розтріскування покриття. Електроди в печі мають лежати шарами не більше 5 - 8 см для рівномірного прогрівання та видалення

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КвРМТВА 23113. 02.12.00

вологи. Дріт для зварювання не прожарюють, а зберігають перед зварюванням в середовищі силікагелю.

4.7. Нагрівальні та контрольно- вимірювальні прилади.

4.7.1. Печі для прожарювання електродів

Електричні печі для прожарювання призначені для видалення вологи з електродів, флюсів, прокалювання заготовок. Температурний режим від 50 до 500°C. Для рівномірного розподілу тепла електричні нагрівальні елементи розміщені по периметру камери. Температура підтримується автоматично з використанням терморегулятора. Металевий кожух має термоізоляцію. Печі мають нескладну конструкцію (рис.4.9) – це металевий прямокутний ящик з вбудованими датчиками температури, ручками регулювання та сигнальними лампами. В середині печі є полиці – решітки для вільної циркуляції гарячого повітря між пачками електродів (4.10).

Після прожарювання електроди переносять в піч - пенал, де температура підтримується 100 – 150°C. Покриття електродів не буде вбирати вологу і зберігає прожарений стан до використання його зварювальником.

Термічну обробку зварної платформи можна проводити нагріванням усієї конструкції в печі (рис.4.11) чи проведенням місцевого нагрівання зварної зони пальником.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.9 - Загальний вигляд печі для прожарювання електродів



Рисунок 4.10 – Розміщення електродів в печі для прожарювання

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.11 - Піч муфельна СНО 19/1100В4 ПД

4.7.2. Контрольно- вимірювальні прилади.

Для перевірки несучих швів на поворотній платформі з метою виявлення внутрішніх несправів, тріщин та шлакових включень використовують ультразвуковий дефектоскоп моделей УД2 – 70, А1212 MASTER та інші (рис.4.12).



Рисунок 4.12- Ультразвуковий дефектоскоп моделі УД 3701

Дефектоскоп моделі УД3701 сучасний електронний прилад, має сенсорний дисплей, призначений для проведення якісного неруйнівного контролю.

Магнітопорошковий дефектоскоп типу ММП використовують для виявлення дрібних поверхневих та підповерхневих тріщин.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.13 – Магніто- порошковий дефектоскоп МД-4К

Магнітопорошкові дефектоскопи використовують для контролю виробів з феромагнітних матеріалів, які мають відносну магнітну проникність не менше 40 одиниць. Чутливість контролю залежить від магнітних характеристик досліджуваного матеріалу, форми, розмірів і шорсткості об'єкта контролю, напруженості прикладеного поля, розташування і орієнтації дефектів і властивостей магнітного порошку.

Для контролю геометрії та точності посадочних місць використовують лазерний рівень або оптичний нівелір. Для вимірювання діаметрів розточених отворів під пальці стріли та циліндрів використовують мікрометричні нутроміри, в інших випадках користуються переносними твердомірами, штангенциркулем тощо.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки по роботі

Умови отримання високих показників надійності при виготовленні поворотної платформи можна окреслити наступними рекомендаціями.

На етапі замовлення листової сталі 09Г2С та вхідного контролю потрібно використовувати визначені заходи, які сприяють попередженню анізотропії структури сталі. Анізотропія негативно впливає на стійкість платформи до навантажень, які діють по товщині листа. Якщо при збиранні конструкції допущена помилка в орієнтації листа, платформа не здатна витримати невелике навантаження внаслідок утомного руйнування або розшарування.

Для виготовлення поворотної платформи замовляти листову сталь 09Г2С, яка відповідає нижчезазначеним вимогам:

1. На металургійному комбінаті сталь після виплавлення має піддаватись очищенню способом вакуумної дегазації та електрошлаковому переплавленню з метою зменшення кількості неметалевих включень та газів. Саме електрошлаковий переплав дозволяє зменшити вміст сірки в сталі виплавленій в кисневому конверторі чи в мартенівській печі з 0,025% до 0,002-0,008%. Вміст кисню також зменшується з 0,005-0,008% до 0,003-0,004%; водню - з 0,0005-0,0007% до 0,0002%.
2. Розливання сталі має бути виконане способом неперервного розливання сталі.
3. Прокат для поворотної платформи замовляти згідно категоріям за Z – показниками (з гарантованими показниками в напрямку, перпендикулярному площині листа) наприклад, Z15, Z35. Цифра показує мінімальне допустиме відносне звужування при випробуванні на розрив по товщині. Чим вище число, тим менша анізотропія та ризик розшарування.

					КвРМТВА 23113.02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. При замовленні прокату віддавати перевагу листам, які після вальцювання піддавались нормалізації, тобто термічній обробці з прокатного нагрівання. Це подрібнює структуру сталі, частково зменшує анізотропію.

5. Одержаний прокат перед виготовленням поворотної платформи потрібно обов'язково піддавати ультразвуковому контролю по всій площі листа. УЗД виявить скупчення неметалевих включень та строкатість, які є основними причинами анізотропії. Хімічний аналіз прокату має показати вміст сірки (вміст сірки має бути до 0,005%).

6. За наявним сертифікатом на отриманий прокат потрібно перевірити показники ударної в'язкості. Показники результатів випробувань зразків, вирізаних поперек листа та вздовж повинні бути майже однаковими.

7. Структура сталі після зварювання поворотної платформи має складатись з голок акікулярного фериту, переплетених між собою, рівномірно розподілених дрібних зерен межового фериту з дрібними ділянками перліту. Зерна фериту забезпечують сталі високу пластичність та в'язкість. Потрібна твердість та міцність формується перлітною складовою структури.

8. Необхідні умови для формування структури акікулярного фериту:

- використовувати спосіб напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів з якісними матеріалами. Використовувати попереднє локальне підігрівання зони зварювання до 100 – 150°C.

- забезпечити помірну (достатню) швидкість охолодження зварного шва.

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роквеллом.

12. ДСТУ ISO 6506 -1 -2007. Металеві матеріали . Визначення твердості за Брінеллем.

13. ДСТУ 9074-2021. Сталь еталони мікроструктури.

14. ДСТУ 8974-2019. Металографічний метод виявлення і визначення величини зерна.

15. Віброізоляція // [Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури](#) / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ;

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КвРМТВА 23113. 02.12.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		