Тема роботи:

«Розробка технології відновлення профілю поверхні кочення колеса колісної пари кар’єрного думпкара 2ВС-105»

Виконав: студент групи ГМБ-23ск _____ В.О. Бондар

Керівник випускної роботи: канд.техн.наук, ст.викл. _____ А.О.Хруцький

Кривий Ріг
2026 р

ВСТУП

Кар’єрні думпкари є важливою складовою технологічного транспорту відкритих гірничих робіт, оскільки вони забезпечують перевезення руди, розкривних порід та інших сипких матеріалів у межах кар’єру. Умови їх експлуатації характеризуються значними навантаженнями, рухом по тимчасових і деформованих коліях, проходженням кривих ділянок малого радіуса, гальмуванням на ухилах та впливом абразивного середовища. [1, 3, 14] У таких умовах особливо інтенсивно зношуються елементи ходової частини, зокрема колісні пари, які безпосередньо сприймають навантаження від вагона та передають його на рейкову колію. **[**1, 2, 14]

Метою бакалаврської роботи є розробка технології відновлення профілю поверхні кочення колісної пари кар’єрного думпкара 2ВС-105 методом наплавлення з подальшою механічною обробкою. Досягнення цієї мети передбачає аналіз умов роботи колісної пари, визначення характерних дефектів і найбільш зношуваних зон, обґрунтування способу відновлення, розрахунок міжопераційних розмірів, вибір обладнання, наплавних матеріалів і режимів технологічного процесу. [8, 9, 12]

Об’єктом дослідження є колісна пара кар’єрного думпкара 2ВС-105 як відповідальний вузол ходової частини рухомого складу. Колісна пара забезпечує передачу навантаження від вагона на рейкову колію, напрямлення руху думпкара та стійкість його переміщення під час експлуатації на відкритих гірничих роботах. [1, 2, 7]

У межах роботи основна увага приділяється колесу колісної пари, оскільки саме його робочий профіль безпосередньо взаємодіє з рейкою. Поверхня кочення та гребінь колеса сприймають контактні, бокові й ударні навантаження, тому їх технічний стан визначає працездатність колісної пари, безпеку руху та доцільність проведення відновлювального ремонту.

Предметом дослідження є технологічний процес відновлення профілю колеса колісної пари думпкара 2ВС-105. До нього належать операції підготовки

деталі до ремонту, видалення дефектного шару, наплавлення зношених ділянок поверхні кочення та гребеня, а також подальша механічна обробка до встановлених геометричних параметрів. [8, 9, 12]

У роботі розглядаються параметри, які визначають якість і ефективність відновлення: товщина наплавленого шару, припуски на обробку, міжопераційні розміри, вибір дроту, флюсу, обладнання та режимів наплавлення. Особлива увага приділяється забезпеченню такого технологічного процесу, який дозволяє відновити працездатність колеса, зберегти ресурс обода та забезпечити подальшу безпечну експлуатацію думпкара.

.

1. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАШИНИ

1.1 Коротка характеристика технологічного процесу транспортування гірничої маси у кар'єрах

Розробка родовищ корисних копалин відкритим способом являє собою комплекс взаємопов'язаних технологічних операцій, що виконуються в єдиному виробничому циклі. [14] Особливістю таких робіт є значні обсяги переміщення гірничої маси, які в умовах великих кар'єрів можуть досягати десятків і навіть сотень тисяч тонн на добу. За таких навантажень ефективність транспортної системи безпосередньо впливає на продуктивність усього підприємства. Технологічний процес починається з підготовки масиву гірської породи до виїмки. Після виконання буропідривних робіт відбувається розпушення породи з утворенням гірничої маси різної фракції. Далі виконується екскавація — навантаження матеріалу екскаваторами у транспортні засоби. При значній глибині кар'єру та великій довжині транспортних плечей доцільним є використання рейкового транспорту. [3, 14] Його застосування дозволяє забезпечити стабільне перевезення великих обсягів гірничої маси при відносно низьких енергетичних витратах, що є критично важливим для безперервного виробництва. У процесі відпрацювання кар'єру конфігурація залізничних колій постійно змінюється. У міру просування фронту робіт частина колій демонтується та переноситься на нові ділянки. Внаслідок цього транспорт працює як на стаціонарних, так і на тимчасових коліях, які часто мають складну геометрію, значні ухили та малі радіуси кривих.

Думпкари являють собою спеціалізовані вагони-самоскиди, призначені для перевезення сипучих і кускових матеріалів з можливістю механізованого розвантаження. [1, 2, 3] Використання думпкарів забезпечує скорочення часу розвантаження та підвищує ефективність транспортного циклу, що особливо важливо при великих обсягах перевезень у кар'єрі.

Швидке розвантаження думпкарів за рахунок перекидання кузова дозволяє суттєво скоротити тривалість транспортного циклу. У результаті зменшується час

простою рухомого складу під розвантаженням і підвищується загальна продуктивність перевезень у кар’єрі. [1, 2]

Робота думпкара відбувається у циклічному режимі. На початковому етапі порожній вагон подається локомотивом у зону навантаження, де виконується заповнення кузова гірничою масою за допомогою екскаватора. Після цього состав переміщується до пункту розвантаження — відвалу, дробильної установки або перевантажувального вузла. Вивантаження матеріалу здійснюється шляхом нахилу кузова на одну зі сторін, після чого вагон повертається у вихідне положення і направляється за наступною порцією вантажу.

Думпкар працює у циклічному режимі з великою кількістю повторюваних навантажувально-транспортних операцій. Протягом зміни вагон виконує десятки рейсів, що супроводжується значним пробігом і постійним чергуванням навантаженого та порожнього станів.

У таких умовах у металі конструкції виникають змінні напруження, які з часом призводять до розвитку втомних пошкоджень. Найбільш інтенсивно зношуються елементи ходової частини, зокрема колісні пари, які безпосередньо сприймають експлуатаційні навантаження. [4, 7, 11]

Додатковим фактором є значна різниця висот між зонами видобутку та пунктами розвантаження.

При гальмуванні виникають підвищені контактні напруження і локальний нагрів у зоні взаємодії колеса з рейкою, що безпосередньо впливає на інтенсивність зношування поверхні кочення.

Транспортний процес у кар’єрі функціонує як взаємопов’язана система, у якій думпкари працюють спільно з іншими видами обладнання. До складу цієї системи входять екскаватори, локомотиви, дробильні установки, перевантажувальні вузли та відвальне обладнання.

Стійкість роботи цієї системи значною мірою залежить від технічного стану думпкарів. Вихід з ладу навіть одного вагона у складі поїзда призводить до порушення ритмічності перевезень, затримок у роботі екскаваторів та зниження загальної продуктивності кар’єру.

З урахуванням великої маси вантажу, циклічного характеру навантажень та складних умов руху, до конструкції думпкарів висуваються підвищені вимоги. Вони повинні забезпечувати достатню міцність, зносостійкість і можливість багаторазового відновлення в умовах ремонтного виробництва.

Найбільш навантаженою частиною є ходова частина, яка безпосередньо сприймає статичні та динамічні навантаження і забезпечує безпечний рух вагона по рейковій колії. Саме тому до її елементів, зокрема колісних пар, пред'являються підвищені вимоги щодо міцності, точності геометричних параметрів та довговічності. [7, 11, 13]

1.2 Умови експлуатації думпкарів на відкритих гірничих роботах

Думпкари, що застосовуються на відкритих гірничих роботах, працюють у значно більш складних умовах порівняно з магістральним або пасажирським рухомим складом. Це зумовлено перевезенням великотоннажних обсягів гірничої маси в умовах змінної геометрії колій, підвищеної запиленості, нерівномірних навантажень та дії значних динамічних сил. У сукупності ці фактори призводять до інтенсивного зношування елементів ходової частини, передусім колісних пар. [1, 2, 14]

Вантажопідйомність кар'єрних думпкарів зазвичай становить 60–120 т, при цьому маса тари вагона досягає 20–30 т.

Повна маса завантаженого думпкара може перевищувати 140–150 т. Це навантаження передається на рейкову колію через колісні пари, кількість яких залежить від конструкції вагона і, як правило, становить чотири або шість.

У результаті статичне навантаження на одну вісь досягає 220–250 кН.

У реальних умовах експлуатації це навантаження змінюється. [1, 2, 3, 7]

Під час руху по нерівностях колії, проходження стиків і кривих виникають додаткові динамічні впливи, внаслідок чого навантаження на вісь може зростати на 30–50 %. Це викликає підвищення контактних напружень у зоні взаємодії колеса з рейкою та прискорює зношування поверхні кочення.

Експлуатаційні навантаження мають циклічний характер і багаторазово повторюються протягом усього строку служби вагона. У таких умовах у металі конструкції накопичуються втомні пошкодження, що особливо характерно для елементів, які безпосередньо сприймають навантаження, зокрема колісних пар. Протягом робочої зміни думпкар виконує багаторазові рейси між пунктами навантаження та розвантаження. Тривалість одного циклу становить 20–40 хвилин, а кількість циклів може досягати 25–35 за добу. У результаті колісні пари проходять значний річний пробіг у режимі постійного чергування навантаженого та порожнього станів, що додатково прискорює розвиток втомних процесів у металі. Одними з найбільш несприятливих є умови руху по кар'єрних коліях. Радіуси кривих на тимчасових коліях можуть становити лише 60–120 м, що значно менше порівняно з магістральними лініями. У таких умовах виникають значні бокові сили між гребенем колеса та рейкою. Це призводить до зростання контактного тиску, інтенсивного зношування гребенів, появи задирів і пластичних деформацій. При частому проходженні кривих граничний знос гребеня може досягатися вже після 60–80 тис. км пробігу. Поздовжні ухили кар'єрних колій також суттєво впливають на умови роботи колісних пар і можуть досягати 40–60 %. Рух завантаженого состава вниз по ухилу супроводжується інтенсивним гальмуванням, що викликає додаткові сили тертя у контакті колеса з рейкою. У результаті відбувається локальний нагрів поверхні кочення, температура якої в окремих випадках може досягати 200–300 °С. Такі температурні режими сприяють виникненню термічних напружень і утворенню поверхневих тріщин. [4, 5, 11, 13, 14]

Процес навантаження думпкарів екскаваторами також є джерелом серйозних механічних впливів. Шматки породи масою у кілька сотень кілограмів падають у кузов з висоти 2–4 м, викликаючи ударні імпульси, які передаються через раму на візки та колісні пари. Короткочасні динамічні навантаження можуть у 1,5–2 рази перевищувати статичні, що спричиняє додаткові напруження у металоконструкції та прискорює розвиток мікротріщин.

Суттєвим фактором є абразивне середовище кар’єру. Концентрація пилу у повітрі поблизу навантажувальних пунктів може досягати сотень міліграмів на кубічний метр. Абразивні частинки осідають на поверхнях коліс та рейок, потрапляють у зазори вузлів і діють як шліфувальний матеріал, прискорюючи знос поверхні кочення та гребенів. За таких умов інтенсивність зношування коліс може бути у 1,5–2 рази вищою, ніж на звичайних залізничних лініях. [4, 11]

На роботу думпкарів також впливають кліматичні умови. Експлуатація здійснюється у діапазоні температур від –30…–40 °С взимку та до +35…+40 °С влітку.

Низькі температури знижують ударну в’язкість сталі коліс, підвищуючи ризик крихкого руйнування, тоді як високі температури сприяють інтенсивнішому розвитку корозії та термічних деформацій. Додатково на стан коліс впливають волога, дощ, сніг та льодяні нарости, що погіршують умови кочення та підвищують ковзання.

Швидкість руху думпкарів у кар’єрах зазвичай не перевищує 30–40 км/год, однак навіть при відносно невеликих швидкостях великі маси поїздів створюють значні інерційні сили під час розгону, гальмування та проходження кривих. У поєднанні з нерівностями колії це викликає вертикальні коливання візків і додаткові ударні навантаження на колеса. [1, 2, 14]

1.3 Перелік існуючих думпкарів, що застосовуються на відкритих гірничих роботах в Україні.

На сучасних гірничодобувних підприємствах в експлуатації знаходиться понад 20 моделей вагонів-думпкарів, що відрізняються конструктивними параметрами, вантажопідйомністю та умовами застосування. [3]

Основу парку складають моделі 32-4079, 2ВС-105 (31-634), 33-678, 33-682, 33-9035, ВС-145 (31-631), більшість з яких була розроблена та введена в експлуатацію ще у 1970–1990-х роках. Незважаючи на тривалий термін використання, ці вагони продовжують широко застосовуватися завдяки

достатній міцності конструкції та можливості їх відновлення в умовах ремонтного виробництва.

Виробництво зазначених моделей здійснювалося на підприємствах вагонобудівної галузі, зокрема на Калінінградському та Стахановському вагонобудівних заводах, заводі «Дніпровагонмаш», а також на ряді польських підприємств. [3]

Таблиця 1. - Технічні характеристики вагонів-думпкарів [2, 3]

Найменування характеристики	Модель вагона-думпкара					
	32-4079	2ВС-105 (31-634)	33-678	33-682	33-9035	ВС-180 (31-631)
1	2	3	4	5	6	7
Вантажопідйомність, т	90	105	105	105	105	180
Об'ем кузова, м’	38	50	50	50	50	59,2
Маса тари вагона, т	38	48,5	50	57	51	67
Коефіцієнт тари	0,42	0,46	0,48	0,54	0,49	0,372
Питомий об'ем, м’/т	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48	0,33
Розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН (тс)	313,9 (32,0)	251,1 (25,6)	252,8 (25,8)	264,9 (27,0)	255,0 (26,0)	302,9 (30,9)
Розрахункове ударне навантаження	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною
Погонне навантаження, кН/м(тс/м)	не менше 0,3 м	не менше 0,3 м	не менше 0,3 м	не менше 0,3 м	не менше 0,3 м	не менше 0,3 м
Ширинаколії, мм	1520	1520	1520	1520	1520	1520
Конструкційна швидкість, км/год - на коліях промислово-го транспорту; - на магістральних коліях в порожньому стані;	40 100	70 "	70 80	60 80	55 100	70 100
База вагона, мм	7750	9340	9340	9340	9340	8120
Довжина по осях щеплення, мм	12170	14900	15040	15040	15036	14580
Кількість розвантажу-вальних циліндрів, шт	4	6	6	6	6	8
Максимальна ширина кузова, мм	3400	3520	3254	3254	3518	3464

За даними з відкритих джерел інформації відомо, що серед перелічених моделей на вітчизняних підприемствах найбільшу частку складають вагони-думпкари типу 2ВС-105 (модель 31-634), зовнішній вигляд якого зображено на рис 1.1.



а)



б)

Рис. 1.1- Зовнішний вигляд вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634): а — в порожньому стані; б — в завантаженому.

2. ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ

2.1 Призначення та область застосування думпкару

Думпкар являє собою спеціалізований залізничний вагон, призначений для перевезення гірничої маси з можливістю її швидкого розвантаження. Основною особливістю конструкції є наявність механізму бічного перекидання кузова, що дозволяє виконувати вивантаження без застосування додаткових навантажувальних засобів.

Особливістю експлуатації є робота на промислових залізничних коліях зі змінною геометрією, підвищеними ухилами та нерівностями.

Думпкари зберігають працездатність у складних умовах — при високій запиленості, впливі атмосферних факторів та значних перепадах температур. Це обумовлює підвищені вимоги до міцності, зносостійкості та ремонтопридатності їх основних елементів. 1, 2 , 3, 14]

2.2 Технічна характеристика думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634)

Вагон-думпкар типу 2ВС-105 (модель 31-634) виконаний у вигляді суцільнометалевої зварної конструкції, що включає нижню раму, кузов та два трьохвісних візки. Нижня рама призначена для сприйняття ударно-тягових зусиль і передачі навантажень від кузова на візки. Вона є основним несучим елементом конструкції та забезпечує жорсткість і міцність вагона при експлуатації. [1, 2]

Кузов вагона формується верхньою рамою з настилом підлоги, двома відкидними поздовжніми бортами та лобовими стінками. У лобових стінках розміщені механізми відкривання бортів, які забезпечують їх синхронну роботу під час розвантаження.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики думпкару типу 2ВС-105 (модель 31-634) [1, 2]

Найменування характеристики	Модель вагона-думпкара
	2ВС-105 (31-634)
1	2
Вантажопідйомність, т	105
Об'ем кузова, м’	50
Маса тари вагона, т	48,5
Коефіцієнт тари	0,46
Питомий об'ем, м’/т	0,48
Розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН (тс)	251,1-25,6
Розрахункове ударне навантаження	3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною
Погонне наванта›кення, кН/м(тс/м)	не менше 0,3 м
Ширина колії, мм	1520
Конструкційна швидкість, км/год - на коліях промисло- вого транспорту; -на магістральних коліях в порожньомустані; База вагона, мм	 70 " 9340
Довжина по осях кріплення, мм	14900
Кількість розвантажу-вальних циліндрів, шт Максимальна ширина кузова, мм	6 3520

2.3 Опис конструкції думпкару модель 2ВС-105 (модель 31-634)

Конструкцію вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634) доцільно розглядати за кресленням, наведеним на рис. 2.1. Нижня рама (1) включає хребтову балку (2), шворневі (3), циліндрові (4) та інші допоміжні кронштейни. Вона виконує функцію основного несучого елемента, який сприймає експлуатаційні навантаження та передає їх на візки. Хребтова балка має коробчастий переріз і сформована з двох двотаврів, з’єднаних між собою верхнім і нижнім листами.

Шворневі кронштейни також виконані коробчастими та складаються з двох вертикальних листів товщиною 12 мм, перекритих зверху і знизу сталевими листами товщиною відповідно 14 і 16 мм. Подібне конструктивне виконання

дозволяє ефективно сприймати локальні навантаження у зоні з’єднання з візками. *[1, 2]*

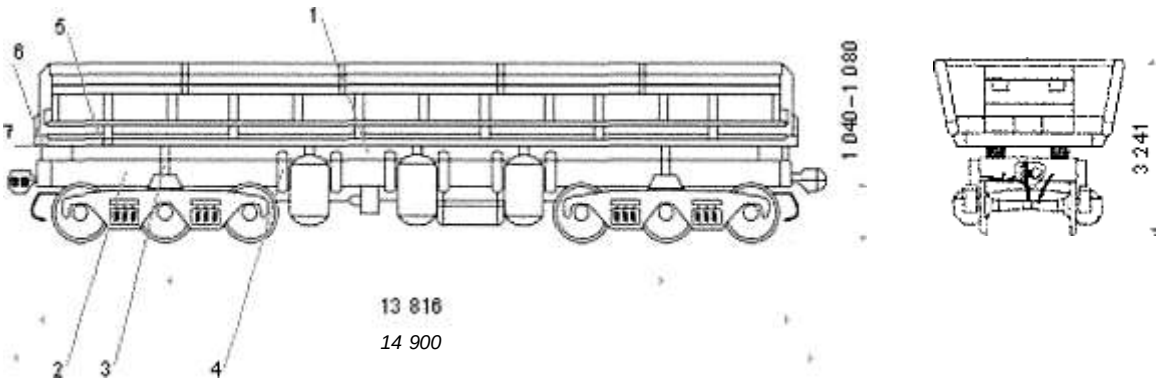


Рис.2.2 - Креслення вагона думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634)

Верхня рама (5) включає дві поздовжні центральні балки (6), два крайні поздовжні швелери, підсилені козирками, а також крайні поперечні швелери. Центральні балки сформовані з чотирьох швелерів, з’єднаних між собою поперечними балками з крайніми елементами рами.

Настил підлоги (7) верхньої рами виконаний тришаровим. Нижній шар представлений сталевим листом товщиною 4 мм, середній — дерев’яним прошарком із брусів товщиною 75 мм, укладених у поздовжньому напрямку, а верхній — сталевим листом товщиною 14 мм.

Дерев’яний прошарок виконує демпфуючу функцію, знижуючи ударні навантаження під час завантаження гірничої маси. Кріплення брусів здійснюється з обох сторін верхньої рами за допомогою дерев’яних колодок і клинів товщиною 75 мм, що забезпечує їх надійну фіксацію та спрощує заміну в процесі експлуатації.

Пневматична система думпкара включає дві функціонально незалежні підсистеми: гальмівну та систему пневматичного розвантаження. Кожна з них виконує окрему задачу, але працює в єдиному комплексі забезпечення експлуатації вагона.

До її складу входять гальмівна магістраль, резервуар, повітророзподільник, гальмівний циліндр, роз’єднувальний кран і кінцеві крани. Робота системи

забезпечує створення необхідного тиску в гальмівному циліндрі та передачу зусилля на гальмівні елементи. Система пневматичного розвантаження використовується для нахилу кузова під час вивантаження гірничої маси. Вона дозволяє виконувати розвантаження на будь-яку сторону колії залежно від умов роботи. [1, 10, 13]

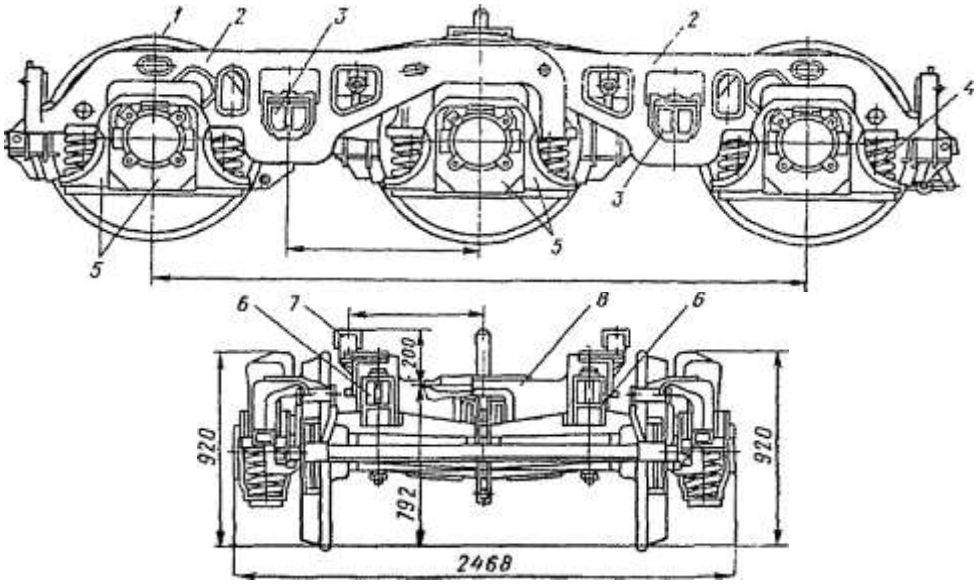


Рис. 2.3 - Зовнішній вигляд трьохвісного візка для вагона-дуипкара типу 2ВС-105 (модель 31-634)

До складу системи входять живильна магістраль, повітророзподільник, циліндри нахилу кузова, а також крани керування розвантаженням. Нахил кузова здійснюється за рахунок роботи пневматичних циліндрів, які забезпечують його поворот відносно нижньої рами на кут до 45°. Таке конструктивне рішення дозволяє швидко виконувати розвантаження без застосування додаткових механізмів.

Циліндр нахилу кузова являє собою зварну конструкцію, що включає корпус із цапфами, кришку, днище, поршень з ущільненнями та шток. У циліндрах одинарної дії використовується повстяне ущільнювальне кільце, тоді як у циліндрах подвійної дії застосовуються гумові манжети. Відмінністю поршня циліндра подвійної дії є наявність двох ущільнювальних манжет, що забезпечує роботу в обох напрямках.

Колісна пара є одним із ключових елементів ходової частини рухомого складу, через який здійснюється передача навантажень від вагона на рейкову колію та забезпечується його напрямлений рух. Конструктивно колісна пара складається з осі та двох суцільнокатаних коліс, які напресовуються на вісь у холодному стані з утворенням жорсткого з'єднання. Через буксові вузли та ресорне підвішування навантаження від рами візка передається на колісну пару. [7, 12] *З одного боку обода, зверненому всередину колісної пари*

У процесі експлуатації колісна пара виконує функцію основного елемента взаємодії між рухомим складом і рейковою колією, сприймаючи дію статичних, динамічних та ударних навантажень.

Особливо це характерно для думпкарів, що працюють у кар'єрних умовах, де додатково присутні абразивні частинки гірської породи, нерівності колії та часті зміни режимів руху.

Основними режимами роботи колісної пари думпкара є рух у складі навантажених поїздів із масою вагона понад 140–150 т, проходження кривих ділянок малого радіуса, експлуатація на тимчасових і деформованих кар'єрних коліях, а також гальмування на ухилах. [4, 7, 11]

Найбільш несприятливими умовами є рух у кривих, де виникають значні бічні сили, що призводять до інтенсивного зношування гребеня колеса та порушення геометрії профілю.

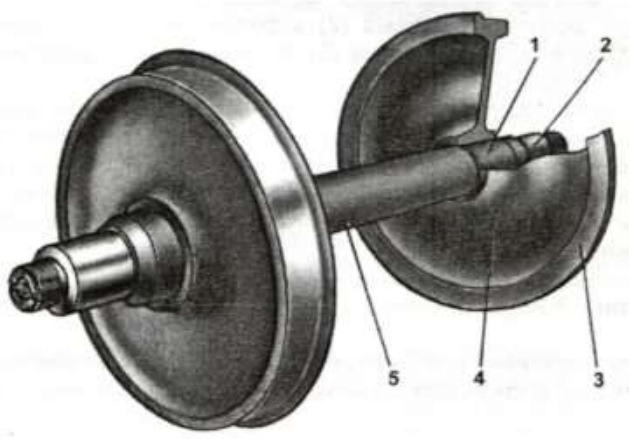


Рис 2.4 - Основні складовві колісноx пари 1 – підматочинна частина осі; 2 – шийка; 3 – обід колеса; 4 – колесо; 5 – середня частина осі

З одного боку обода, зверненому всередину колісної пари, є гребінь, що захищає її від сходження з рейок. Поверхні кочення колеса надається конічність для усунення нерівномірного прокату по ширині поверхні кочення і для полегшення руху по рейках. Вагонна вісь складається з шийок з підшипниками кочення або ковзання, а також підступних частин, на які напресовуються колеса. Для пом'якшення переходу від підступних частин до шийок служать передпідступні частини. [4, 7, 12]



Рис 2.5 - Колісна пара з роликовими буксовими вузлами

Циліндричний стрижень (вісь) нерухомо встановлені (напресовані) на певній відстані два колеса, а на кінцевих частинах осі (шийках) змонтовані буксові вузли. Маса однієї колісної пари становить 1250 кг.

Колісна пара є найбільш відповідальною частиною вагона, оскільки передає всі навантаження від кузова на залізничну колію і забезпечує безпечний рух по ній із заданою швидкість. [1, 4, 7, 11]

.

3. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТУ ВУЗЛА

3.1 Технологічний процес ремонту вузла

Для забезпечення безпечної експлуатації рухомого складу, а також з метою подовження строку його служби на підприємствах гірничодобувної галузі використовується система планово-попереджувальних ремонтів. Кар'єрні думпкари типу 2ВС-105, працюють у складі технологічних поїздів на колії шириною 1520 мм і піддаються значним осьовим навантаженням, впровадження такої системи є необхідною умовою надійної роботи транспорту при перевезенні гірничої маси. Згідно з існуючою класифікацією, ремонти поділяються на поточні, середні та капітальні. Кожен із цих видів відрізняється між собою обсягом виконуваних робіт, а також ступенем відновлення технічного стану вузлів і деталей. [10, 12, 13]

Поточний ремонт (ПР) проводиться з метою підтримання справного стану думпкара 2ВС-105 у період між більш складними видами ремонту. Основне його завдання — своєчасне усунення окремих несправностей без повного розбирання вузлів.У процесі виконання поточного ремонту здійснюється регулювання механізмів, перевірка та підтяжка кріпильних з'єднань, а також заміна окремих деталей, що мають незначний ступінь зносу. Крім того, може виконуватися часткова механічна обробка робочих поверхонь. Що стосується колісної пари, то в більшості випадків проводиться профільна обточка поверхні кочення без розпресування коліс з осі. Це дає можливість швидко відновити допустимі геометричні параметри профілю.Разом із тим, такий вид ремонту не забезпечує повного відновлення ресурсу колісної пари, а лише дозволяє продовжити її подальшу експлуатацію до проведення більш глибокого ремонту. [8, 9, 10, 12]

Середній ремонт (СР) передбачає більш глибоке втручання в конструкцію вузлів і виконується з їх частковим розбиранням. Як правило, його проводять після досягнення встановленого пробігу або у випадку, коли окремі параметри зносу наближаються до граничних значень. Під час середнього ремонту колісної пари думпкара 2ВС-105 можуть виконуватися такі операції, як розпресування

коліс, відновлення посадочних поверхонь, локальне наплавлення гребеня, а також усунення кільцевих випрацювань. Конкретний перелік робіт визначається за результатами дефектації. У випадках, коли має місце значне зношування поверхні кочення або суттєве зменшення товщини обода, проведення середнього ремонту є недостатнім і потребує застосування більш глибокого відновлення. [10, 12]

Капітальний ремонт (КР) є найбільш складним і повним за обсягом видом ремонту та застосовується у випадках значного зношування колісних пар думпкара 2ВС-105. Він передбачає повне розбирання вузла, проведення детальної дефектації всіх елементів, а також відновлення або заміну деталей, що втратили працездатність. У процесі капітального ремонту відновлюються основні геометричні параметри поверхні кочення та гребеня колеса. Окрему увагу приділяють контролю технічного стану осі, а також перевірці відповідності вузла встановленим нормативам і вимогам безпеки руху. Використання наплавлення з подальшою механічною обробкою дозволяє компенсувати втрати металу, що виникли внаслідок зношування, і таким чином суттєво подовжити строк служби колісної пари. Саме капітальний ремонт забезпечує найбільш повне відновлення технічних характеристик вузла та підвищує надійність роботи думпкара в умовах кар’єрної експлуатації. Технологічний процес ремонту колісної пари думпкара 2ВС-105 являє собою комплекс взаємопов’язаних операцій, які виконуються у визначеній послідовності та спрямовані на повне відновлення працездатності вузла. [4, 8, 9,10, 12]

Операція 1: Зняття колісної пари з думпкара

Ремонт колісної пари передбачає повне відновлення поверхні кочення та гребеня колеса. Роботи починаються зі зняття колісної пари після встановлення думпкара на ремонтну позицію. Кузов піднімають гідравлічними домкратами до розвантаження осей, після чого демонтують елементи гальмівної системи та від’єднують буксові вузли. Далі колісну пару викочують за допомогою рейкового пристрою або підкатного візка. Усі операції виконуються з дотриманням вимог безпеки. Після демонтажу колісну пару транспортують на дільницю очищення та дефектації.

Операція 2: Очищення та підготовка до дефектації

Після демонтажу колісну пару очищають від забруднень, що утворилися під час роботи в кар'єрних умовах. На поверхні обода і гребеня зазвичай накопичуються абразивні частинки, гальмівний пил і залишки мастила.

Очищення виконують струменем води під тиском без використання агресивних хімічних засобів. Особливу увагу приділяють зоні контакту колеса з рейкою, де найчастіше виникають дефекти.

Після миття колісну пару висушують і передають на дефектацію.

Операція 3: Розбирання колісної пари (за необхідності)

Розбирання колісної пари виконують лише у разі виявлення дефектів осі або пошкодження посадочних поверхонь. Перед початком робіт вузол встановлюють на пресове обладнання з точним центруванням.Демонтаж коліс здійснюється на гідравлічному пресі з контролем прикладеного зусилля, що дозволяє уникнути деформації металу. Після розпресування проводиться огляд посадочних місць, а вісь перевіряється на наявність тріщин і зносу шийок.У разі виявлення дефектів вісь направляють на ремонт, а колеса маркують для подальшого правильного складання.

Операція 4: Відновлення поверхні кочення обода

Відновлення поверхні кочення є ключовою операцією капітального ремонту. Після дефектації визначають ступінь зносу та глибину прокату. Якщо товщина обода дозволяє, профіль відновлюють шляхом обточування на колесотокарному верстаті. У разі значного зношування або наявності дефектів застосовують наплавлення.

Перед наплавленням поверхню очищають і підігрівають. Наплавлення виконують автоматичним способом з рівномірним нанесенням металу. Після охолодження проводять чорнову, а потім чистову механічну обробку з формуванням профілю відповідно до нормативного шаблона.

У процесі обробки усуваються нерівномірний прокат і сідлоподібність, контролюється співвісність і радіальне биття. Особливу увагу приділяють формуванню правильних переходів між поверхнею кочення та гребенем.

Після завершення робіт перевіряють відповідність діаметра встановленим нормам, після чого колесо допускається до наступних операцій.

Операція 5: Відновлення гребеня колеса

Відновлення гребеня виконують у разі його зношування або появи вертикального підрізу. При незначному зносі достатньо профільної обточки. Якщо товщина гребеня менша за допустиму, застосовують наплавлення з необхідним припуском.

Перед наплавленням поверхню готують механічно, а нанесення металу виконують з урахуванням термічних напружень. Після охолодження проводять механічну обробку з формуванням профілю гребеня.

У процесі контролю перевіряють висоту, товщину та кут нахилу робочої поверхні, а також правильність переходу до поверхні кочення. Після завершення операції профіль перевіряють за допомогою шаблонів.

Операція 6: Контроль після відновлення та складання вузла

Після завершення всіх відновлювальних операцій колісна пара підлягає комплексному контролю. Визначається остаточний діаметр колеса та рівномірність його профілю. Перевіряється відсутність овальності та радіального биття. Виконується магнітопорошковий контроль наплавлених зон. Додатково перевіряється твердість поверхні обода. У разі складання колісної пари контролюється відстань між внутрішніми гранями коліс. Усі результати фіксуються в технічній документації. За відповідності нормативним вимогам вузол допускається до складання.

Наступним етапом після контролю виконується складання колісної пари або її встановлення у візок думпкара. Посадочні поверхні очищаються та перевіряються на відповідність розмірам. Колісна пара встановлюється під візок із дотриманням правильного положення осі. Монтуються буксові вузли та гальмівні елементи. Проводиться перевірка моментів затягування кріпильних деталей. Після монтажу кузов опускається з домкратів. Перевіряється легкість обертання коліс і відсутність перекосів. Виконується пробний рух вагона на малій швидкості. За відсутності відхилень думпкар вводиться в експлуатацію. Відомості

про виконаний капітальний ремонт заносяться до облікової документації. [4, 10, 12]

Таблиця 3.1 - Технологічний процес ремонту вузла. [10, 12]

№ з/п	Операція	Обладнання, інструмент, режими, персонал
1	2	3
1	Підготовка думпкара до викочування колісної пари	Гальмівні башмаки, переносні упори, домкрати ДГ-50 (50 т).
2	Підйом вагона та викочування колісної пари	Кран-балка 10 т, траверса для колісних пар, рейковий візок для транспортування. Гідравлічні домкрати. Лом монтажний 1,2 м.
3	Транспортування в ремонтну дільницю	Візок колісних пар ВКП-750, електротягач.
4	Очищення від бруду та мастила	Мийна установка струменевого типу. Насос 0,6 МПа. Миття холодною водою. Витрата води 1 м³. Потужність 4 кВт. 1 мийник. Час – 0,5 год
5	Очищення від старої фарби та корозії	Металеві щітки, пневмошліфмашина ІП-2014, абразивні круги.
6	Дефектація осі	Ультразвуковий дефектоскоп УД2-102, магнітопорошкова установка МД-12П, лупа 4×, індикатор ІЧ-10.
7	Контроль геометричних параметрів коліс	Скоба ДК-1 для вимірювання діаметра, шаблон профілю СДК, штангенциркуль ШЦ-500.
8	Наплавлення поверхні кочення та гребеня	Наплавлювальний верстат У-653. Джерело живлення ВДУ-1201. Дріт Св-08Г2С Ø2,0–3,0 мм. Флюс АН-348А.
9	Охолодження після наплавлення	Природне охолодження на стелажі. Час – 0,5 год
10	Обточка колісної пари	Колесо-токарний верстат КЖ20. Різець Т15К6.
11	Контроль після обробки	Шаблон профілю, індикатор биття, ультразвуковий контроль.
12	Сушіння	Сушильна камера. Температура 60 °С.
13	Монтаж буксових вузлів	Гідравлічний прес П6330 (зусилля 100 т), ключі 24–36, гайковерт ІП-3121.од
14	Підкатка колісної пари під думпкар	Кран-балка 10 т, домкрати, монтажні ломики.
15	Випробування та здача з ремонту	Прокатка, контроль нагріву букс, перевірка вільного обертання.

3.2. Технологічний процес розбирання колісної пари думпкара 2ВС-105

Розбирання колісної пари є важливим етапом капітального ремонту, оскільки саме на цьому етапі з’являється можливість детально перевірити стан усіх елементів вузла. У зібраному вигляді частина дефектів, зокрема тріщини осі

або зношування посадочних поверхонь, можуть бути непомітними, тому розбирання дозволяє своєчасно їх виявити та прийняти рішення щодо подальшого ремонту.У даній роботі розбирання розглядається як обов’язкова операція при підозрі на пошкодження пресових з’єднань або осі. Роботи виконуються на спеціалізованій дільниці, оснащеній підйомними механізмами та гідравлічними пресами. Перед початком колісну пару попередньо очищають і встановлюють на стенд або прес із надійною фіксацією. Далі відповідно до технологічної послідовності знімають буксові вузли, демонтують підшипники та готують вузол до розпресування. Для спрощення подальшого складання всі деталі маркуються. Ключовою операцією є розпресування коліс з осі. Воно виконується на гідравлічному пресі з контролем прикладеного зусилля, що дозволяє уникнути деформації металу та пошкодження посадочних поверхонь. Процес проводиться плавно, без ударних навантажень. При цьому фіксується величина зусилля, що також дає можливість оцінити стан пресового з’єднання. Після демонтажу колеса проводиться первинний огляд посадочних місць, за результатами якого визначається подальший обсяг відновлювальних робіт. [4, 10, 11, 12]

Для виконання розбирання використовують гідравлічні домкрати, кран-балки або мостові крани для переміщення колісної пари, а також гідравлічний прес, знімачі підшипників і стандартний слюсарний інструмент. Контроль розмірів здійснюється за допомогою вимірювальних приладів. За потреби застосовують спеціальні оправки та напрямні пристрої, які забезпечують точне центрування деталей. Вибір обладнання залежить від маси та конструкції вузла.

Під час виконання робіт обов’язково дотримуються вимог техніки безпеки. Обладнання має бути справним, а колісна пара — надійно зафіксованою. Забороняється перебування персоналу в зоні переміщення вантажів. Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, рукавиці, захисні окуляри та каски. Особливу увагу приділяють роботі з пресом, оскільки порушення технології може призвести до зриву деталі. [12, 13]

3.3. Технологічний процес миття колісної пари думпкара 2ВС 105

Миття колісної пари є обов’язковим підготовчим етапом перед дефектацією та подальшим ремонтом. У процесі експлуатації думпкара 2ВС-105 в умовах кар’єру на поверхні коліс накопичуються пил, абразивні частинки породи, залишки мастила, гальмівний наліт і продукти корозії. Наявність таких забруднень ускладнює контроль і може приховувати дефекти, тому якісне очищення є необхідною умовою подальших робіт. Очищення виконується водяним способом без застосування агресивних реагентів. Зазвичай використовується струмінь холодної води під тиском, за потреби — з додаванням нейтральних або слабколужних мийних засобів, які не викликають корозії. Після миття поверхні обов’язково промивають чистою водою. Продукти корозії видаляють механічно за допомогою металевих щіток, абразивних кругів або пневматичного інструменту. Особливу увагу приділяють зоні контакту поверхні кочення і гребеня, а також посадочним місцям осі. За необхідності виконують додаткове очищення або видалення старих покриттів. Сам процес миття починається з попереднього очищення від грубих забруднень. Далі колісну пару розміщують на мийній позиції та обробляють струменем води під тиском по всій поверхні.

Після завершення очищення поверхню висушують природним способом або стисненим повітрям. За потреби виконують додаткове знежирення перед контролем. Заключним етапом є візуальна перевірка якості очищення, після чого колісна пара допускається до дефектації. [10, 11, 12]

Таблиця 3.2 - Технологічний процес миття деталей машин [10, 12]

№ п/п	Операція	Обладнання, пристрої та інструмент
1	Подача колісної пари на мийну дільницю	Кран-балка 10 т, траверса для колісних пар, рейковий транспортний візок
2	Встановлення колісної пари на позицію миття	Металева підставка для колісних пар, роликові опори
3	Попереднє очищення від бруду	Металеві щітки, скребки, шпателі, лопати
4	Обмивання поверхні холодною	Установка струменевого миття, насос високого

	водою	тиску (0,5–0,8 МПа), шланги високого тиску
5	Очищення важкодоступних місць	Ручний пістолет високого тиску типу 199-ГАРО або аналог
6	Видалення залишків мастила	Лужний мийний розчин, ручні щітки, розпилювач
7	Повторне ополіскування	Насос високого тиску, мийна установка
8	Продування та видалення вологи	Пістолет для стисненого повітря 199-ГАРО або аналог, компресор 0,6–0,8 МПа
9	Сушіння колісної пари	Природне сушіння на стелажі або теплова гармата електрична ТЭ-9
10	Контроль якості миття	Лупа 4×, переносна лампа, металеві щітки для локальної доробки
11	Подача на дільницю дефектації	Кран-балка, траверса, транспортний візок

3.4 Зношення машини та її складових частин

У процесі роботи думпкара 2ВС-105 його вузли постійно зазнають впливу різних навантажень — механічних, динамічних, а в окремих випадках і термічних. З часом це неминуче призводить до поступового зношування деталей. Найбільш навантаженими є елементи ходової частини, зокрема колісні пари, які працюють у безпосередньому контакті з рейкою.Швидкість і характер зносу визначаються умовами експлуатації: станом колії, режимами гальмування та рівнем технічного обслуговування. В умовах кар’єрних робіт ці фактори зазвичай діють більш інтенсивно, що прискорює зношування. Дослідження причин і видів зносу дає можливість визначити найбільш уразливі елементи конструкції та обґрунтовано підійти до вибору способів їх відновлення. [1, 4, 7, 11]

Таблиця 3.3 – Основні розміри колісних нар немоторного рухомого складу відповідно ДСТУ ГОСТ 4835:2008 [7]

Основні розміри	Значення, мм
Відстань між внутрішніми боковими поверхнями ободу коліс	1440
Різниця відстаней між внутрішніми боковими поверхнями ободів коліс	не більше 1,5
Різниця діаметрів коліс по колу кочення в одній колісній парі	не більше 1,0
Різниця відстаней від торців передпідступичних частин осі до внутрішніх бокових поверхонь ободу коліс з одного та іншого боку колісної пари	не більше 3,0
Відхилення від співвісності кіл кочення коліс відносно осі базової поверхні	не більше 1,0

Таблиця 3.4 – Основні розміри суцілокатних коліс [7]

Основні розміри	Значення, мм
Діаметр (D)	957±7

Відстань від внутрішньої базової грані до кола кочення (b)	70
Ширина обода (a)	130+3
Товщина обода (t)	147
Діаметр маточини (d)	263±3
Ширина гребеня (g)	33
Висота гребеня (h)	28
Відстань від вершини гребеня для виміру його ширини (q)	18

Під час експлуатації на колісну пару діє комплекс навантажень різного характеру. До основних належать вертикальні сили від маси навантаженого вагона, динамічні навантаження, що виникають через нерівності колії та удари під час руху, а також бічні сили, які з’являються при проходженні кривих ділянок колії та взаємодії гребеня колеса з рейкою.

Значний вплив мають гальмівні сили, які створюють додаткові контактні напруження в зоні кочення, а також вібраційні навантаження, що передаються від рами і візка вагона.

Сумарна дія цих факторів формує складний напружений стан у конструкції колісної пари, зокрема в осі та ободі колеса. Найбільш навантаженими ділянками є галтелі осі, внутрішня частина диска колеса та зона контакту гребеня з рейкою. Саме в цих місцях найчастіше спостерігається розвиток втомних тріщин і підвищене зношування. [4, 5, 12]

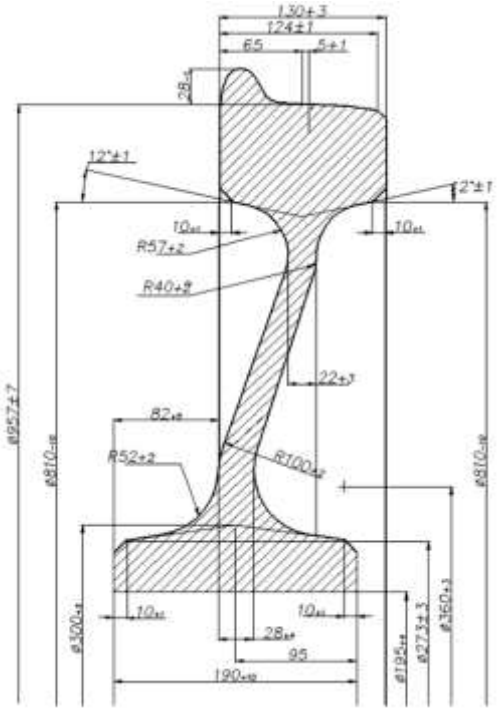


Рис 3.1 - Суцільно катенне колесо

До основних недоліків роботи колісної пари в умовах кар'єру можна віднести підвищене зношування гребенів, що пов'язано з частим проходженням кривих малого радіуса. Крім того, через ударні навантаження виникає нерівномірний знос поверхні кочення.

У процесі експлуатації також можливе утворення поверхневих дефектів, таких як раковини та вибоїни, а в зонах концентрації напружень може розвиватися втомне руйнування осі.

Дефекти колісних пар. Несправним вважається такий стан колісної пари (КП), при якому хоча б один із її параметрів не відповідає встановленим вимогам. Перехід у цей стан відбувається внаслідок події, що призводить до часткової або повної втрати працездатності вузла. Під дефектом розуміють будь-яке порушення нормального стану колісної пари, яке виникає в результаті зношування, пошкодження або механічного руйнування. Дефекти, що виявляються під час експлуатації або ремонту, умовно поділяють на допустимі та неприпустимі.

Допустимі дефекти не заважають подальшій експлуатації в межах встановлених норм, тоді як неприпустимі призводять до відмови вузла.

У разі виникнення відмови колісна пара підлягає або відновленню під час ремонту, або списанню залежно від ступеня пошкодження.

Найбільшу небезпеку для безпеки руху становлять тріщини, особливо поперечні в осях і ободі коліс, зсув коліс відносно осі, а також злами елементів колісної пари.

Далі розглянемо основні види дефектів, причини їх виникнення та граничні значення, при яких колісна пара вважається непридатною до експлуатації. [4, 5, 6, 8, 11, 12]

Граничний знос. Знос — це процес поступового руйнування поверхневого шару матеріалу, який виникає під час тертя і призводить до зміни розмірів, форми та стану поверхні деталей. Інтенсивність зносу залежить від умов роботи, властивостей матеріалу та конструкції вузла. Найбільшому зношуванню

піддаються поверхні кочення коліс, шийки осей та інші елементи, що працюють у контакті. До категорії граничного зносу відносять такі дефекти, які визначаються безпосереднім вимірюванням величини зношування. Інші пошкодження, що виникають у процесі зносу, розглядаються окремо.

За характером розрізняють круговий і локальний знос. Круговий знос виникає на поверхнях, що обертаються, і може бути як рівномірним, так і нерівномірним. У випадку рівномірного зношування формується так званий прокат, тоді як при нерівномірному — з'являється нерівномірний прокат по колу або за профілем.

Нерівномірний знос може призводити до утворення ступінчастого прокату, підрізу гребеня, появи задирів і рисок на шийках осі, а також зношування окремих її ділянок. Локальний знос характеризується виникненням окремих пошкоджень, зокрема плоских ділянок на поверхні кочення, які називаються повзунами. [4, 5, 6, 8]

Круговий знос. Рівномірне кругове зношування колеса в площині кочення (h), яке називається прокатом (рис. 3.2 а), є одним із найбільш поширених видів зносу. Механізм його утворення є досить складним і залежить від ряду факторів, пов'язаних з умовами експлуатації.Зношування поверхні кочення відбувається внаслідок одночасної дії двох основних процесів: пластичного зминання металу під дією контактного тиску та його стирання в результаті сил тертя. Останні виникають під час гальмування, коли відбувається часткове ковзання колеса по рейці, а також взаємодія гальмівних колодок з ободом.

Збільшення величини прокату пов'язане не лише зі стиранням, але й з пластичною деформацією металу та тепловими процесами, що виникають у поверхневому шарі обода при контакті з рейкою і гальмівними елементами. У результаті цього відбувається відокремлення деформованих і структурно змінених частинок металу, що й призводить до поступового зношування.

Вертикальний підріз гребеня є різновидом нерівномірного кругового зносу, при якому змінюється поперечний профіль гребеня. У такому випадку кут нахилу його бокової поверхні наближається до 90°, а радіус переходу до конічної частини

(1:20) зменшується приблизно до 8–12 мм (рис. 3.2, в).

Основні причини виникнення цього дефекту подібні до причин утворення ступінчастого прокату. Додатково вертикальний підріз може з’являтися при нестійкому русі вагона (вилянні), а також під час експлуатації на ділянках із великою кількістю кривих малого радіуса.

Наявність такого дефекту є небезпечною, оскільки може призвести до сходу вагона з рейок, особливо при проходженні стрілочних переводів у протишерстному напрямку.

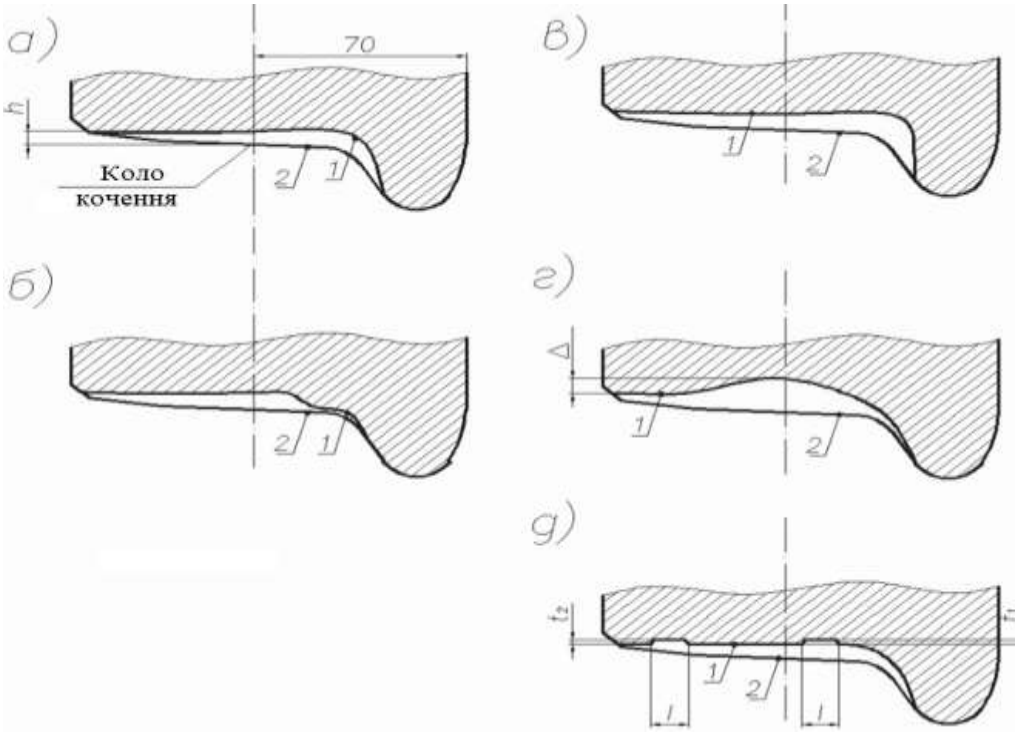


Рис 3.2 – Види зносу поверхні обода коліс: а – зношений профіль, б – вихідний профіль, h – прокат, д- t_1, t_2 – глибина кільцевого випрацювання, l– ширина кільцевого випрацювання, Δ– величина сідлоподібності

Сідлоподібний прокат - це різновид нерівномірного зношування обода колеса по поперечному профілю. У цьому випадку на поверхні кочення утворюється увігнута форма. Ступінь сідлоподібності визначається різницею (Δ) між поверхнею з ухилом 1:7 та найнижчою точкою зношеної ділянки (рис. 3.2, г).Такий дефект найчастіше виникає у колісних парах, що працюють у візках із порушенням складання або регулювання. Якщо сідлоподібність перевищує 1 мм,

це призводить до появи ударів і поштовхів під час руху, особливо при проходженні стрілочних переводів.

Кільцеві випрацювання проявляються у вигляді окремих заглиблень на поверхні кочення колеса, які мають різну ширину та розташовані по колу (рис. 3.2, д). Такий характер зносу не є рівномірним і пов'язаний із особливостями взаємодії колеса з гальмівними елементами.

Найчастіше цей дефект виникає при використанні композиційних гальмівних колодок. У процесі гальмування по ширині контакту створюються різні температурні умови, через що метал зношується нерівномірно. У результаті по краях робочої зони формуються локальні заглиблення.

Нерівномірний прокат характеризується тим, що зношування розподіляється по колу колеса не однаково. У результаті форма поверхні кочення відхиляється від правильної круглої, що призводить до появи різних значень прокату в окремих ділянках. Оцінка цього дефекту проводиться шляхом порівняння величини зносу в зоні максимального значення з іншими перерізами, розташованими на відстані до 500 мм по колу. Чим більша ця різниця, тим більш виражений нерівномірний прокат. [4, 5, 6, 8]

Механічні пошкодження, що спричиняють деформацію колеса. Гострокінцевий накат гребеня колеса – механічне пошкодження, яке характеризується утворенням виступу по круговому периметру гребеня у місці переходу його зношеної бокової поверхні до вершини (рис. 8, а). Гострокінцевий накат виникає в результаті пластичної деформації поверхневих шарів металу гребеня у бік його вершини через високий контактний тиск та інтенсивне тертя у місці взаємодії з головкою рейки. Цьому сприяє ненормальна робота колісної пари, викликана тими самими причинами, які призводять до виникнення підвищеного зносу та підрізу гребеня колеса.

Круговий наплив на фаску колеса – допустиме в експлуатації механічне пошкодження, яке характеризується зміщенням металу обода у бік фаски та утворенням напливу від 3 до 8 мм, що виступає над зовнішньою поверхнею обода (рис. 8, б). Круговий наплив утворюється в результаті пластичної деформації

верхніх шарів металу обода, що виникає під дією нормальних та бокових зусиль найчастіше у кривих ділянках колії. Утворення напливу починається, як правило, у колісних пар із прокатом близько 5 мм, а зі збільшенням прокату наплив зростає. На колесах з малою товщиною обода, твердість металу яких нижче, наплив утворюється з меншим прокатом і зростає інтенсивніше.

Місцеве розширення обода колеса відноситься до механічних пошкоджень і проявляється у вигляді напливу металу в зоні фаски. Його наявність визначається за різницею вимірів ширини обода по колу. Причиною такого дефекту є пластична деформація металу під дією повторюваних навантажень, яка, як правило, пов'язана з наявністю внутрішніх дефектів — неметалічних включень, раковин або розшарування на певній глибині обода. Окремо слід розглянути процес руйнування, який є більш небезпечним видом пошкодження. Руйнування виникає під дією зовнішніх і внутрішніх сил і супроводжується порушенням цілісності металу. Зазвичай йому передують накопичення пошкоджень, зміна структури матеріалу та розвиток тріщин.

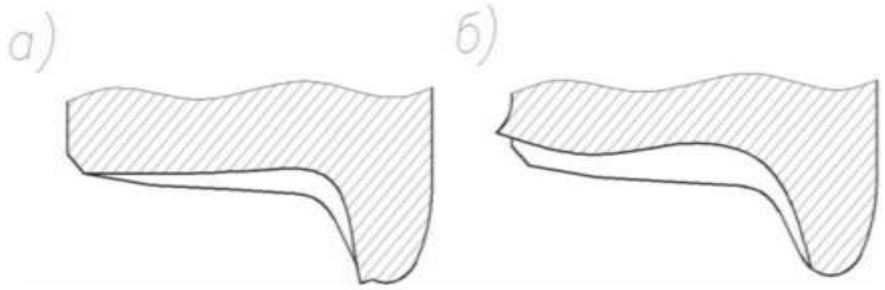


Рис 3.3 – Механічні пошкодження колеса: а – гострий накат гребеня; б – круговий наплив металу на фаску колеса

На практиці руйнування проявляється у вигляді вищербин, відколів і зламів. Вищербини являють собою відокремлення дрібних частинок металу, які вже зазнали деформації та структурних змін. Вони можуть виникати в зонах термомеханічного впливу, а також у місцях розвитку втомних або термічних тріщин.

Відколи — це відділення більших фрагментів металу. Найчастіше зустрічаються поверхневі відколи біля зовнішньої грані обода або відриви кругових напливів.

Найбільш небезпечним є злам, при якому деталь повністю втрачає цілісність і розділяється на частини. У колісних парах це може проявлятися як злам колеса або осі, зокрема в місцях розвитку тріщин або в зоні шийок осі при перегріві. [4, 5, 6, 8]

Вищерблення металу. Вищерблення — це локальне руйнування поверхні обода колеса, яке проявляється у вигляді окремих заглиблень різної форми та розміру. Такі пошкодження найчастіше виникають у зонах термомеханічного впливу або в місцях розвитку тріщин.

Невеликі вищербини (глибиною до 2–3 мм) зазвичай утворюються під час гальмування внаслідок дії контактних навантажень і підвищених температур. Вони можуть розташовуватись групами та мати характерну орієнтацію поперек поверхні кочення. Їх поява пов’язана з утворенням мікротріщин у зміцненому поверхневому шарі, які з часом з’єднуються між собою і призводять до відшарування металу.

Більш глибокі вищербини (до 20 мм) виникають у результаті втомного руйнування. Вони розвиваються з дрібних тріщин у поверхневому шарі, який зазнав значних деформацій під дією багаторазових контактних навантажень. Глибина таких пошкоджень визначається аналогічно до повзунів. [4, 5, 6, 8]

Відкол. Відкол зовнішньої грані обода являє собою місцеве руйнування у вигляді відриву частини металу в зоні фаски. Такі дефекти можуть мати значну довжину (іноді до 200 мм по колу) і виникають внаслідок розвитку втомних тріщин під дією повторюваних навантажень. Як правило, їх утворення пов’язане з наявністю внутрішніх дефектів, які виступають концентраторами напружень. На практиці подібні пошкодження зустрічаються відносно рідко.

Окремо виділяють відкол кругового напливу обода, який проявляється у вигляді руйнування виступаючого шару металу по всьому колу або на окремих ділянках.

Відкол кругового напливу відбувається або через втомні процеси, що протікають у місці напливу, або під дією гіркових уповільнювачів при розпуску вагонів на механізованих гірках. До колісних пар з відколами зовнішньої грані та круговим напливом обода висуваються ідентичні вимоги. [4, 5, 6, 8]

Злам. Злам колеса — це повне руйнування деталі, яке відбувається внаслідок розвитку тріщин у найбільш навантажених зонах, зокрема в області маточини або обода. Подібні пошкодження є одними з найнебезпечніших, оскільки можуть призвести до аварійних ситуацій під час руху.

Як правило, злам не виникає раптово, а є результатом поступового розвитку дефектів, які не були своєчасно виявлені. [4, 5, 6, 8]

Порушення геометричного параметру. Порушення геометричних параметрів, характеризуються невідповідністю розмірів, форми та розташування поверхонь внаслідок зносу або пошкодження колісних пар встановленим нормам. Контроль таких параметрів виконується як під час експлуатації, так і в процесі ремонту відповідно до нормативних вимог

Порушення розміру виникає в результаті зносу, зсуву маточини та багаторазового обточування внутрішніх граней коліс. Вимірювання ширини обода проводиться поза місця розташування маркування колеса. [4, 5, 6, 8]

Товщина обода колеса. Порушення розміру відбувається в результаті зношування та пошкоджень поверхні кочення та подальшого багаторазового відновлення профілю шляхом обточування обода колеса. Товщина обода (рис. 16) вимірюється по колу кочення. За наявності на колесі повзуна або вищербини товщину обода необхідно визначати у місці розташування дефекту. Товщина гребеня колеса.

Порушення розміру відбувається внаслідок інтенсивного зносу гребеня через ненормальну роботу колісної пари, що викликається тими самими причинами, в результаті яких утворюється вертикальний підріз гребеня колеса внутрішніми гранями коліс при складанні колісної пари або за наявності зігнутої осі. Такі відхилення визначаються різницею при вимірі відстані між внутрішніми

гранями коліс у вільних від навантаження колісних пар у чотирьох точках, розташованих у двох взаємно перпендикулярних площинах. [4, 5, 6, 8]

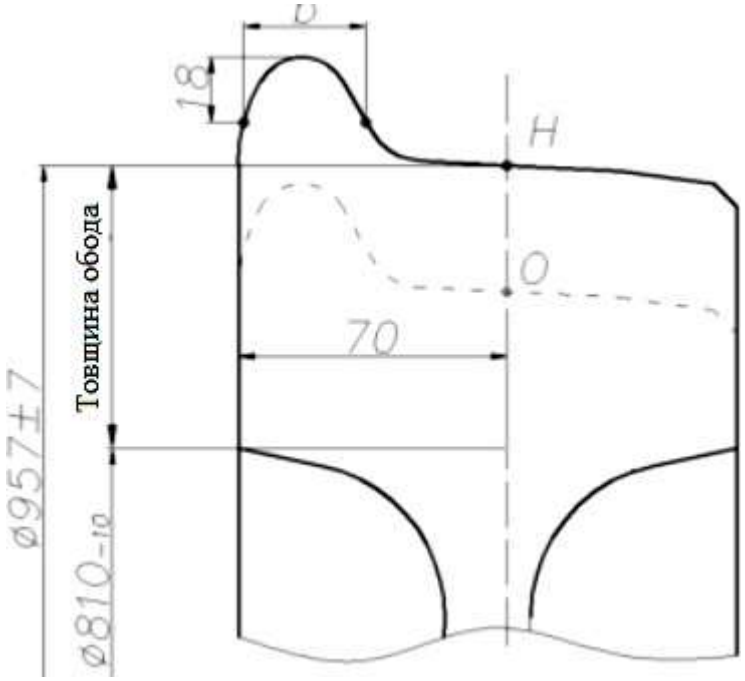


Рис 3.4 – Суцільно-катане колесо

Різниця діаметрів коліс колісної пари. Різниця діаметрів коліс однієї колісної пари з'являється при нерівномірному за профілем круговому зносі поверхні кочення через ненормальну роботу колісної пари під час руху рейковою колією. Зазначене відхилення визначається різницею діаметрів коліс однієї колісної пари.

Технологічний процес дефектації деталей колісної пари думпкара 2ВС-105. Дефектація колісної пари думпкара 2ВС-105 є обов'язковим етапом капітального ремонту вона виконується з метою визначення фактичного технічного стану деталей вузла.

Основним завданням дефектації є виявлення дефектів, оцінка ступеня їх розвитку та прийняття рішення щодо можливості відновлення або вибракування деталей. Дефектація проводиться після очищення вузла і є підставою для визначення обсягу ремонтних робіт. Процес контролю розпочинається з візуального огляду поверхні кочення обода та гребеня. Виявляються прокат, вищербини, відколи, тріщини, гострокінцевий накат і сліди перегріву. Особлива

увага приділяється зоні переходу від поверхні кочення до гребеня, де найчастіше виникають втомні пошкодження. Виявлені дефекти фіксуються у дефектній документації із зазначенням їх розташування. Після візуального огляду проводиться вимірювання геометричних параметрів колеса. Визначається фактичний діаметр по колу кочення, величина прокату та товщина гребеня у контрольній точці. Перевіряється профіль колеса за допомогою шаблона та контролюється радіальне биття індикатором. Отримані результати порівнюються з нормативними значеннями, після чого приймається рішення щодо обточування або наплавлення. Для виявлення поверхневих тріщин застосовується магнітопорошковий контроль, який дозволяє визначити порушення суцільності металу. Вісь колісної пари додатково перевіряється ультразвуковим методом з метою виявлення внутрішніх дефектів.

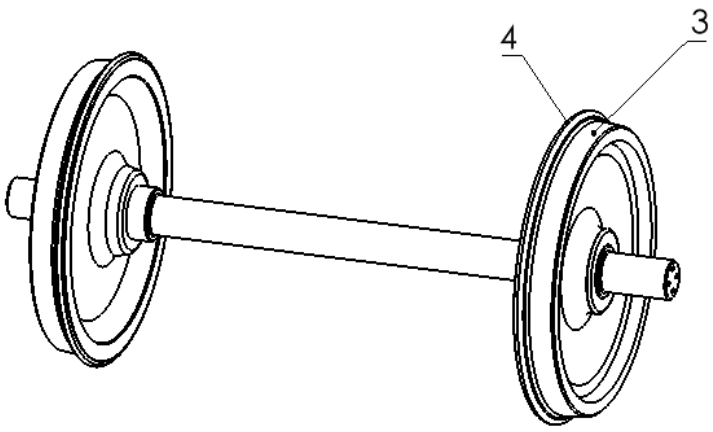
За результатами проведених перевірок складається дефектна карта, у якій зазначаються всі виявлені дефекти та рекомендований спосіб їх усунення. На підставі цієї карти визначається технологічний маршрут капітального ремонту колісної пари думпкара 2ВС-105 [4, 5, 6, 8, 11, 12]

Таблиця 3.5 - Технологічний процес дефектації деталей машин.

№ п/п	Операція, переходи та технічні умови	Обладнання, пристрої та інструмент
1	Встановити колісну пару на стенд дефектації	Роликовий стенд для колісних пар, кран-балка 10 т, траверса
2	Візуальний огляд поверхні кочення та гребеня	Переносна лампа 36 В, лупа 4–6×, металеві щітки
3	Вимірювання діаметра коліс	Скоба для вимірювання діаметра коліс ДК-1 або аналог
4	Перевірка товщини гребеня	Шаблон профілю СДК, штангенциркуль ШЦ-500
5	Контроль овальності та радіального биття	Індикатор годинникового типу ІЧ-10, призми вимірювальні
6	Перевірка зносу поверхні кочення	Профілометр або шаблон контрольний
7	Ультразвуковий контроль осі	Ультразвуковий дефектоскоп УД2-102 або аналог, контактна рідина
8	Магнітопорошковий контроль шийок осі	Магнітопорошкова установка МД-12П, феромагнітний порошок
9	Контроль різьбових частин осі	Різьбові калібри, різьбовий шаблон
10	Перевірка посадочних поверхонь	Мікрометр МК-100, нутромір НИ-100

	під підшипники	
11	Контроль твердості обода	Твердомір типу ТК-2 або портативний твердомір
12	Оформлення дефектної відомості	Журнал дефектації, маркер технічний, штамп контролера
13	Маркування придатних/непридатних деталей	Клеймо ударне, фарба технічна

Таблиця 3.6 - Дефектна карта

ДВНЗ «КНУ», кафедра гірничих машин і обладнання						Дефектна карта
						Найменування вузла Номер вузла Найменування деталі Номер деталі Кількість на вузол Матеріал деталі Термообробка Твердість
Номер позиції на ескізі	Найме-нування дефекту	Спосіб встановлення дефекту та вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб ремонту
			Номінальний	Без ремонту	Для ремонту	
1	2	3	4	5	6	7
3	Прокат (рівномірний знос)	Скоба ДК-1, шаблон профілю	D = 950	h ≤ 5	5–10	Обточка
3	Мінімальний діаметр колеса	Скоба ДК-1	950	≥ 880	880–900	Обточка
3	Нерівномірний прокат	Індикатор ІЧ-10	0	≤ 1	1–3	Обточка
3	Сідлоподібність (Δ)	Профілометр, шаблон	0	≤ 1	1–2	Обточка
3	Кільцеві випрацювання	Візуально, глибиномір	0	≤ 2	2–5	Наплавлення + обточка
3	Повзун	Лінійка, глибиномір	0	≤ 1	1–3	Обточка
4	Товщина гребеня (b)	Шаблон СДК, ШЦ	33	≥ 25	22–25	Наплавлення

4	Вертикальний підріз гребеня	Шаблон профілю	профіль нормативний	допустиме незначне відхилення	кут близький до 90°	Обточка
4	Гострокінцевий накат	Візуально, шаблон	відсутній	не допускається	не допускається	Наплавлення + обточка
3	Круговий наплив на фасці	Лінійка, візуально	0	≤ 8	8–10	Обточка
3	Місцеве розширення обода	Вимір ширини по колу	згідно креслення	відхилення ≤ 2	> 2	Бракування
3,4	Тріщини	Магнітопорошковий контроль	відсутні	не допускаються	не допускаються	Бракування
3	Вищерблення	Візуально, МПК	0	≤ 3	3–20	Наплавлення
3	Вищерблення глибоке	УЗК	0	≤ 20	> 20	Бракування

3.5. Розробка технології збирання машини або вузла

Збирання колісної пари думпкара 2ВС-105 є завершальним етапом капітального ремонту та визначає якість і надійність подальшої експлуатації вузла. Від правильності комплектування та дотримання технологічної послідовності складання залежить міцність пресових з’єднань, точність геометричних параметрів та безпека руху. Технологія збирання повинна забезпечувати відновлення нормативних посадок, співвісність елементів та відповідність встановленим допускам. Процес складання виконується відповідно до технологічної карти. [10, 12]

Перевіряється стан посадочних поверхонь осі та маточин коліс, відсутність задирів і залишкових деформацій. Деталі підбираються з урахуванням допусків та посадок, визначених конструкторською документацією. При необхідності виконується остаточна доводка посадочних поверхонь.

Технологічний процес складання розпочинається з підготовки осі, яка встановлюється на пресовий стенд з точним центруванням. Поверхні очищаються та знежирюються. Колеса орієнтуються відповідно до маркування та напряму руху. Запресування коліс на вісь здійснюється на гідравлічному пресі з контрольованим зусиллям. Під час операції фіксується величина прикладеного тиску, що дозволяє оцінити правильність посадки. Забороняється застосування ударних методів з'єднання, оскільки це може призвести до пошкодження металу. [7, 12]

Після запресування перевіряється відстань між внутрішніми гранями коліс, яка повинна відповідати встановленим нормативам для колії 1520 мм. Додатково контролюється співвісність коліс та відсутність перекосів.

Радіальне та торцеве биття перевіряється індикатором годинникового типу. У разі відхилення параметрів виконується коригування або повторне складання.

Загальна схема складання колісної пари включає такі основні операції: підготовка та комплектування деталей, встановлення осі на пресовий стенд, запресування першого колеса, контроль базових розмірів, запресування другого колеса, перевірка геометрії та оформлення документації.

Кожна операція виконується у визначеній послідовності з обов'язковим проміжним контролем. Технологічна карта складання містить перелік операцій, обладнання, інструменту та контрольних параметрів.Після завершення складання проводяться випробування вузла.

Основним видом випробування є контроль геометричних параметрів та перевірка міцності пресового з'єднання. Визначається відсутність осьового зсуву коліс на осі. Перевіряється радіальне биття та плавність обертання колісної пари. Результати випробувань фіксуються у відповідному журналі.

Завершальним етапом є оформлення акта приймання зібраної колісної пари та її передача на дільницю встановлення під думпкар 2ВС-105. [7, 11, 12]

Таблиця 3.6 - Технологічний процес складання.

№ п/п	Операції, переходи та технічні умови	Обладнання, пристрої та інструмент
ПІДГОТОВКА		
1	Прийняти відремонтовані деталі (вісь, колеса) з дільниці ремонту	Візок транспортний
2	Перевірити наявність клейма ВТК та маркування	Журнал обліку, маркер
3	Очистити посадочні поверхні осі та маточин коліс	Щітка металева, ганчір'я, розчинник
4	Перевірити посадкові діаметри осі та маточини	Мікрометр МК-300, нутромір НМ-300
5	Усунути задирки, зачистити дрібні дефекти	Напилки, шліфувальна шкурка
Технічні умови	До складання допускаються деталі з клеймом ВТК. Посадочні поверхні повинні бути без рисок, задирок, корозії. Відхилення розмірів — згідно креслення.	
КОМПЛЕКТУВАННЯ		
6	Підібрати комплект: вісь + 2 колеса відповідно до відомості	Комплектувальні корзини
7	Перевірити величину натягу посадки	Індикатор ІЧ-10, калібри
8	Встановити вісь на складальний стенд	Стенд СКП-2
Технічні умови	Натяг посадки 0,18–0,25 мм. Температура деталей не нижче +15°С. Різниця діаметрів коліс однієї пари ≤ 1 мм.	

СКЛАДАННЯ		
9	Нагріти колесо до 250–300°С	Індукційний нагрівач ІН-800 або термопіч
10	Запресувати колесо на вісь до контрольної мітки	Прес гідравлічний П6334 (до 400 т)
11	Запресувати друге колесо з контролем відстані між внутрішніми гранями	Прес гідравлічний, лінійка контрольна
12	Виміряти відстань між внутрішніми гранями коліс	Штангенциркуль 1000 мм
13	Перевірити радіальне биття та співвісність	Індикатор ІЧ-10 на стійці
14	Охолодження колісної пари до температури цеху	Природне охолодження

Технічні умови	Відстань між внутрішніми гранями ≈ 1440 мм (для колії 1520 мм). Радіальне биття ≤ 0,5 мм. Перекіс не допускається.	
КОНТРОЛЬ		
15	Провести магнітопорошковий контроль зон посадки	Дефектоскоп МД-12ПШ
16	Перевірити твердість обода після ремонту	Твердомір ТК-2
17	Нанести маркування дати ремонту	Клейма, ударний маркер
18	Передати вузол у відділ технічного контролю	Візок транспортний
Технічні умови	Тріщини, зсув колеса на осі не допускаються. Колісна пара повинна відповідати вимогам нормативної документації.	

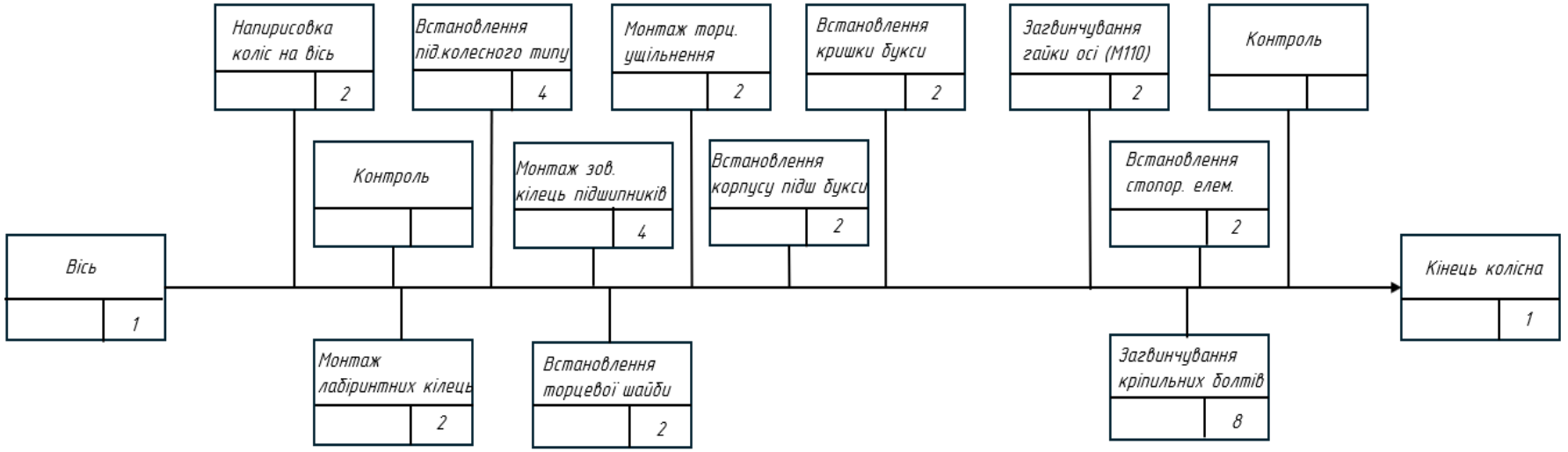


Рис. 3.5 Схема складання колісної пари думпкара

4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛА

4.1. Аналіз процесу зношування деталей вузла з метою визначення найбільш зношуваних деталей;

У процесі експлуатації рухомого складу геометрична форма коліс поступово змінюється від взаємодії колеса та рейки. Профіль колеса, що формується під час виготовлення колісної пари, розрахований, щоб забезпечити оптимальні умови контакту з головкою рейки, мінімізувати контактні напруження та гарантувати стійкість руху вагона. Під час тривалої експлуатації профіль колеса змінюється внаслідок механічного зношування поверхні кочення, деформації металу та утворення локальних дефектів. У результаті фактична форма профілю колеса може суттєво відрізнятися від проектної, що призводить до зміни характеру контакту з рейкою та збільшення інтенсивності зношування.

Форма зношеного профілю колеса залежить від факторів, які визначають умови роботи колісної пари. До таких факторів належать план та профіль рейкової колії, радіуси кривих ділянок, конструктивні особливості підвішування вагонів, режими тяги та гальмування, а також технічний стан рейок. Значний вплив має також наявність або відсутність систем змащування рейок, які застосовуються для зменшення сил тертя між гребенем колеса і боковою поверхнею рейки. У кар’єрних умовах експлуатації думпкарів ситуація ускладнюється ще й тим, що на поверхню коліс постійно потрапляють частинки пилу та гірської породи, які діють як абразив.

У результаті відбувається інтенсивне стирання металу з поверхні кочення та бокової поверхні гребеня.

Зі збільшенням прокату змінюється положення колеса відносно рейки, що призводить до перерозподілу контактних навантажень у зоні контакту.

При значному прокаті поверхня кочення поступово змінює свою форму і може ставати увігнутою. Це призводить до зростання контактних напружень у зоні взаємодії колеса з рейкою.

У таких умовах верхній шар металу працює в більш жорсткому режимі: виникають пластичні деформації, з’являються напливи, а з часом починають розвиватися мікротріщини, пов’язані з контактною втомою матеріалу. [4, 8, 11]

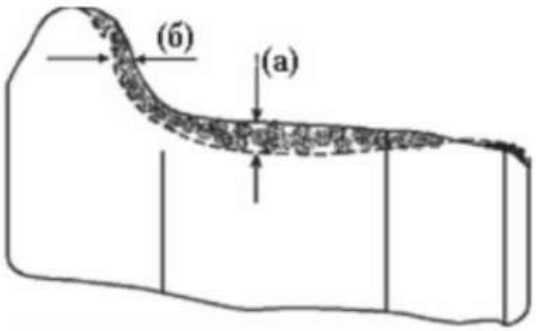


Рисунок 4.1 – Зношування по колу кочення (а) і боковий знос гребеня (б)

У процесі зношування поверхні кочення змінюється також геометрія гребеня колеса. У міру стирання металу з поверхні кочення висота гребеня відносно кола кочення збільшується. У граничному випадку це може призвести до небажаного контакту гребеня з елементами стрілочних переводів або іншими конструктивними елементами колії. Такі явища негативно впливають на безпеку руху і можуть призводити до аварійних ситуацій. Крім того, у процесі інтенсивного зношування відбувається зменшення товщини гребеня, що супроводжується зміною кута нахилу його бокової поверхні.

Зменшення товщини гребеня знижує його міцність і може призвести до сходу колеса з рейки під час проходження кривих ділянок колії або стрілочних переводів.

Контактні умови визначаються формою профілів колеса та рейки, а також положенням колісної пари відносно осі колії.

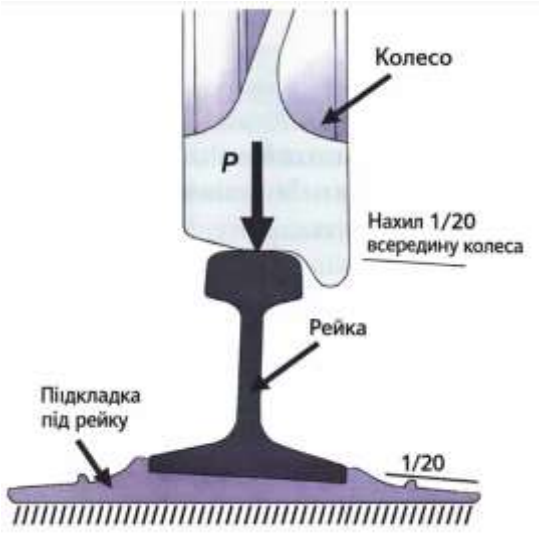


Рисунок 4.2 – Схема взаємодії колеса з рейкою

У місці взаємодії колеса з рейкою формується невелика контактна ділянка, через яку передаються як сили тиску, так і сили тертя. Саме в цій зоні зосереджується основне навантаження.



Рисунок 4.3 – Різні ситуації при контакті колеса та рейки: а – одноточковий контакт; б – двоточковий контакт; в – конформний контакт

Як видно з рисунка 4.3, взаємодія колеса з рейкою може відбуватися за різними схемами. Найчастіше зустрічається одноточковий контакт, характерний для руху на прямих ділянках колії.

У цьому випадку конічна поверхня кочення колеса контактує із закругленою частиною головки рейки лише в одній обмеженій зоні, через яку і передається основне навантаження.

Такий режим взаємодії сприяє більш рівномірному розподілу навантаження в зоні контакту і, відповідно, знижує рівень контактних напружень.

Інакша картина спостерігається при двоточковому контакті. У цьому випадку колесо одночасно взаємодіє з рейкою поверхнею кочення та гребенем. Найчастіше це відбувається під час руху в кривих, коли зовнішнє колесо додатково торкається бокової поверхні рейки.

Через різницю радіусів кочення між цими зонами виникає проковзування, яке супроводжується збільшенням сил тертя. У результаті цього зношування гребеня значно прискорюється. Саме тому при експлуатації на ділянках із великою кількістю кривих гребені коліс зношуються швидше, ніж поверхня кочення.

Ще один можливий варіант взаємодії — це конформний контакт. Він має місце тоді, коли форма профілю колеса близька до профілю головки рейки. У такому випадку зона контакту збільшується по довжині профілю, що дозволяє зменшити рівень контактних напружень.

Однак на практиці такий тип контакту зустрічається нечасто. Це пояснюється тим, що профіль рейки з часом змінюється внаслідок зношування, а також відрізняється на різних ділянках колії.

Під впливом контактних навантажень у поверхневому шарі металу колеса виникають значні напруження, які можуть перевищувати межу текучості матеріалу. У результаті цього відбувається пластична деформація металу та поступове руйнування поверхневого шару.

Особливо небезпечним є розвиток контактної втоми металу, що супроводжується утворенням мікротріщин. У подальшому ці тріщини можуть розширюватися та призводити до викришування металу, утворення вищербин і локальних дефектів поверхні кочення.

Таким чином, аналіз умов взаємодії колеса з рейкою показує, що найбільш інтенсивному зношуванню піддаються поверхня кочення обода колеса та гребінь. [4, 5, 6, 8, 11, 12]

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Параметр	Позначення	Од.вим.	Значення

1. Максимальне значення діаметра нового колеса	dн.max	мм	950
2. Мінімальне значення діаметра нового колеса	dн.min	мм	949,7
3. Число одиниць допуску на ремонт	αр	–	5
4. Нижнє відхилення допуску на виготовлення	δн.в	мм	-0,3
5. Верхнє відхилення допуску на виготовлення	δв.в	мм	0
6. Номінальний діаметр колеса	dн	мм	950
7. Допуск на ремонт	βр	мм	0,1
8. Шорсткість зношеної поверхні	Rzз	мкм	2040
9. Дефектний шар зношеної поверхні	Тз	мм	0,1…0,8
10. Шорсткість поверхні після чорнової обробки	Rzч.о	мкм	320
11. Дефектний шар після чорнової обробки	Тч.о	мм	0,05…0,20
12. Шорсткість поверхні відновленої деталі	Rzв	мкм	80
13. Дефектний шар відновленої поверхні	Тв	мм	0,02…0,05

4.2. Опис базового технологічного процесу відновлення деталей вузла з указанням його переваг та недоліків.

У результаті проведеного аналізу зношування колісної пари встановлено, що найбільш інтенсивному зносу піддаються поверхня кочення обода та гребінь колеса.

Втрата геометричних параметрів цих елементів призводить до погіршення умов взаємодії колеса з рейкою та збільшення динамічних навантажень під час руху рухомого складу. Для забезпечення подальшої надійної експлуатації колісної пари необхідно виконувати відновлення зношених поверхонь із застосуванням відповідних ремонтних технологій.

У сучасній ремонтній практиці залізничного транспорту для цієї мети широко застосовуються методи наплавлення, які дозволяють відновити втрачений шар металу та забезпечити відновлення необхідного профілю колеса з подальшою механічною обробкою. [8, 9, 12]

Одним із найбільш ефективних способів відновлення колісних пар є наплавлення зношених поверхонь коліс. У процесі експлуатації думпкарів найбільш інтенсивному зношуванню піддаються поверхня кочення обода та гребінь колеса. Зношування цих елементів призводить до зміни геометричного профілю колеса, що погіршує умови взаємодії колеса з рейкою та може викликати збільшення динамічних навантажень на елементи ходової частини. Тому відновлення початкової геометрії колеса є основною метою ремонтних робіт.

Традиційним способом відновлення профілю колеса є обточування. Однак цей метод має суттєвий недолік — кожне обточування супроводжується зменшенням товщини обода колеса. У результаті багаторазових обточувань ресурс колеса значно зменшується, що призводить до необхідності його дострокової заміни. Саме тому у ремонтній практиці все більшого поширення набувають технології відновлення із застосуванням наплавлення металу на зношені ділянки. Наплавлення дозволяє відновити втрачений шар металу та повернути профілю колеса його проектну форму. Після наплавлення поверхня кочення та гребінь підлягають механічній обробці, у результаті якої формується необхідний профіль колеса. Таким чином, на відміну від звичайного обточування, наплавлення дозволяє не тільки усунути дефекти поверхні, але й відновити початкові розміри деталі. [8, 12]

Одним із сучасних методів відновлення гребенів коліс є наплавлення під шаром флюсу. Цей метод забезпечує стабільність процесу, високу продуктивність та добру якість наплавленого металу. Під час наплавлення використовується зварювальний дріт і флюс, які формують захисне середовище для дуги та забезпечують необхідні властивості наплавленого шару.

Разом з тим відновлення коліс методом наплавлення має певні технологічні особливості. Колісна сталь містить значну кількість вуглецю, що ускладнює процес зварювання. Високий вміст вуглецю підвищує ймовірність утворення гарячих та холодних тріщин у зоні термічного впливу. Під час наплавлення виникають значні температурні градієнти, що призводить до появи внутрішніх

напружень у металі. Якщо ці напруження перевищують допустимі значення, у наплавленому шарі або в основному металі можуть утворюватися тріщини.

Для зменшення ймовірності виникнення таких дефектів застосовуються спеціальні технологічні режими наплавлення. Зокрема, перед наплавленням може проводитися попередній підігрів колеса до температури приблизно 200–250 °C. Такий підігрів дозволяє зменшити різницю температур між наплавленим шаром і основним металом, що сприяє зниженню внутрішніх напружень.

Для відновлення гребенів коліс застосовуються спеціальні зварювальні дроти легованого складу, які забезпечують високу зносостійкість наплавленого шару. У поєднанні з відповідними флюсами вони дозволяють отримати наплавлений метал з необхідними механічними властивостями.

Технологічний процес відновлення колісної пари думпкара включає кілька основних етапів. На першому етапі виконується очищення колісної пари від забруднень та залишків мастила. Після цього проводиться дефектація, під час якої визначаються види та ступінь зношування поверхні кочення і гребеня колеса. На основі результатів дефектації приймається рішення про доцільність відновлення деталі.

Наступним етапом є наплавлення зношених ділянок. У процесі наплавлення на поверхню колеса наноситься шар металу, товщина якого забезпечує можливість подальшої механічної обробки. Після наплавлення проводиться обточування колеса на спеціалізованих токарних верстатах, у результаті чого формується необхідний профіль поверхні кочення та гребеня.

Завершальним етапом технологічного процесу є контроль якості відновленої поверхні. Для цього проводиться візуальний огляд, вимірювання геометричних параметрів, а також неруйнівний контроль. Зокрема, застосовуються магнітопорошковий та ультразвуковий методи контролю, які дозволяють виявити можливі тріщини або інші дефекти металу.

Застосування технології наплавлення має низку суттєвих переваг. Насамперед вона дозволяє значно продовжити термін служби колісних пар, оскільки дає можливість відновлювати зношені поверхні без істотного зменшення

товщини обода колеса. Крім того, наплавлення дозволяє зменшити витрати на виготовлення нових деталей та скоротити час простою рухомого складу під час ремонту.

Разом з тим цей метод має і певні недоліки. До них належать складність технологічного процесу, необхідність використання спеціалізованого обладнання та підвищені вимоги до кваліфікації персоналу.

Крім того, при порушенні технологічних режимів наплавлення можливе виникнення внутрішніх напружень, що може призвести до утворення тріщин у наплавленому шарі. [8, 9, 11, 12]

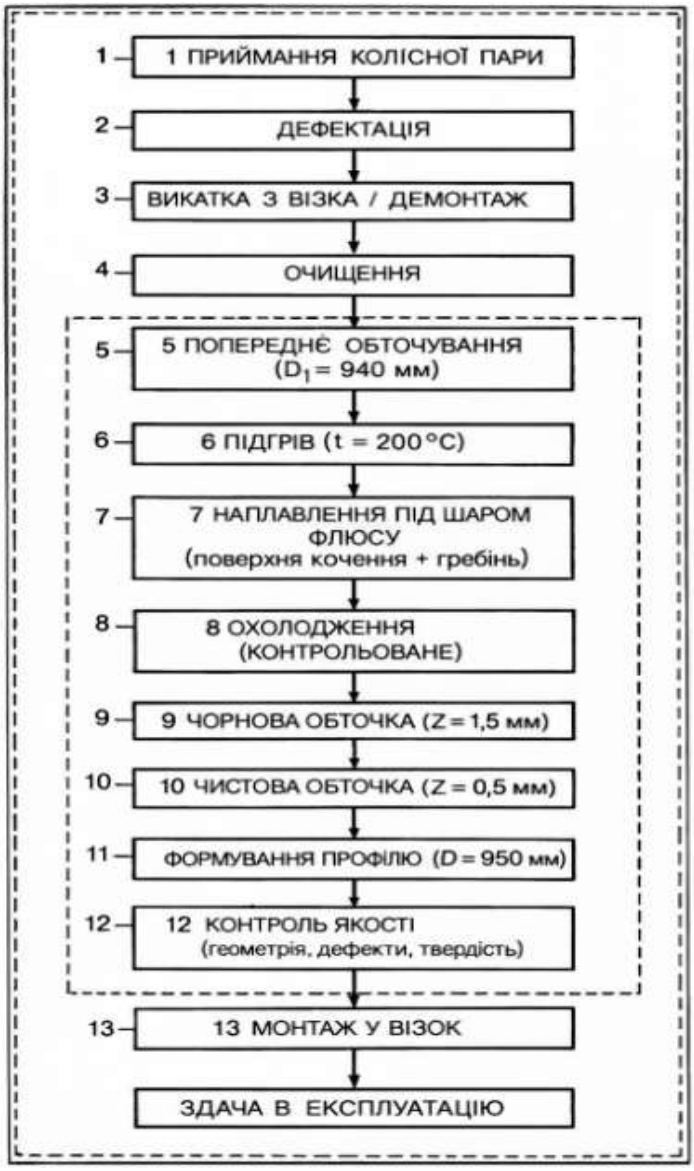


Рис 4.3 — Технологічна схема відновлення колісної пари методом наалплавлення під шаром флюсу

4.4. Визначення межопераційних розмірів відновлюваних деталей вузла

Вихідні дані для розрахунку

Номінальний діаметр нового колеса приймаємо:

$$D_{\text{н}} = 950 \text{ мм}$$

Фактичне зношування поверхні кочення за результатами дефектації приймаємо у вигляді прокату:

$$h = 4 \text{ мм}$$

Товщина дефектного шару поверхні, який необхідно повністю видалити перед наплавленням:

$$T_{\text{д}} = 1 \text{ мм}$$

Припуск на механічну обробку після наплавлення приймаємо:

$$Z = 2 \text{ мм}$$

Де

1,5 мм — припуск на чорнову обробку;

0,5 мм — припуск на чистову обробку.

Допуск на відновлений діаметр приймаємо:

$$\Delta D = \pm 0.5 \text{ мм} \qquad (4.1)$$

1. Визначення фактичного діаметра колеса після зношування

$$D_{\text{ф}} = D_{\text{н}} - 2h = 950 - 2 \cdot 4 = 942 \text{ мм} \qquad (4.2)$$

фактичний діаметр колеса після експлуатації становить: $D_{\text{ф}} = 942$ мм

2. Визначення розміру після зняття дефектного шару

Перед наплавленням необхідно видалити дефектний поверхневий шар металу. Оскільки дефектний шар знімається з обох боків діаметра, міжопераційний розмір після підготовчої обробки визначається:

$$D_1 = D_{\text{ф}} - 2\text{T}_{\text{д}} = 942 - 2 \cdot 1 = 940 \text{ мм} \qquad (4.3)$$

Після попередньої механічної обробки маємо:

$$D_1 = 940 \text{ мм}$$

3. Визначення необхідної товщини наплавленого шару

Товщина наплавлення повинна компенсувати:

– втрату металу внаслідок зношування;

– знятий дефектний шар;

– припуск на подальшу механічну обробку.

Необхідна товщина наплавлення по радіусу визначається:

$$S_{\text{н}} = h + \text{Т}_{\text{д}} + Z = 4 + 1 + 2 = 7 \text{ мм} \qquad (4.4)$$

$$S_{\text{н}} = 7 \text{ мм}$$

4. Визначення міжопераційного розміру після наплавлення

Після нанесення наплавленого шару діаметр збільшується на подвійну товщину наплавлення:

$$D_2 = D_1 + 2S_{\text{н}} = 940 + 2 \cdot 7 = 954 \text{ мм} \qquad (4.6)$$

$$D_2 = 954 \text{ мм}$$

5. Визначення кінцевого розміру після механічної обробки

Після чорнової та чистової обробки відновлюється номінальний профіль колеса, а кінцевий діаметр має бути в межах допуску:

$$D_{\text{кінц}} = 950 \pm 0.5 \text{ мм} \qquad (4.7)$$

Приймаємо номінальний кінцевий розмір:

$$D_{\text{кінц}} = 950 \text{ мм}$$

Перевіримо величину металу, що знімається після наплавлення:

$$Z_{\sum} = \frac{D_2 - D_{\text{кінц}}}{2} = \frac{954 - 950}{2} = 2\text{мм} \qquad (4.8)$$

Отримане значення збігається з прийнятим припуском на механічну обробку, отже розрахунок є коректним.

За результатами розрахунку встановлено, що при номінальному діаметрі колеса 950 мм і прокаті 4 мм фактичний діаметр зношеного колеса становить 942 мм. Після видалення дефектного шару розмір зменшується до 940 мм. Для компенсації зношування та забезпечення припуску на обробку необхідно

нанести наплавлений шар товщиною 7 мм по радіусу, що забезпечує міжопераційний діаметр 954 мм.

Подальша механічна обробка дозволяє відновити номінальний діаметр 950 мм у межах прийнятого допуску.

4.5. Визначення основних параметрів режиму відновлення

Для колісної пари думпкара 2ВС-105, що надходить у капітальний ремонт, найбільш доцільним є комбіноване відновлення профілю колеса методом автоматичного наплавлення під шаром флюсу з подальшою механічною обробкою.Необхідність саме такого способу ремонту випливає з результатів попереднього розділу: при фактичному діаметрі колеса після зношування

$$D_{\text{ф}} = 942\text{мм}$$

та розмірі після зрізання дефектного шару

$$D_1 = 940\text{мм}$$

Для відновлення геометрії необхідно нанести наплавлений метал у зоні поверхні кочення та гребеня.

Для поверхні кочення прийнята товщина наплавлення

$$S_k = 7\text{мм}$$

для гребня

$$S_r = 12\ \text{мм}$$

У практиці ремонту колісних пар існують два основні підходи до відновлення профілю: без викатки колісної пари та з викаткою. Безвикатний спосіб застосовується переважно для оперативного відновлення профілю на підрейкових колесотокарних верстатах і локального наплавлення гребенів без демонтажу колісної пари з-під рухомого складу.

Даний спосіб відновлення розглядається саме капітальний ремонт із викаткою,

Колісна пара після викатки з-під думпкара встановлюється на позицію підготовчої механічної обробки, де проводиться зрізання дефектного шару та

вирівнювання профілю. Після цього колісна пара переноситься на спеціалізовану двоголовкову автоматичну наплавлювальну установку.

Такий підхід дозволяє скоротити загальний час ремонту та забезпечити однакові умови формування наплавленого шару на обох колесах. Для механічної обробки після наплавлення знову використовується колесотокарний верстат для викочених колісних пар. [12, 13]

У відновлюваного процессу приймається комбіноване відновлення профілю колеса, тобто одночасне відновлення:

- поверхні кочення;
- зони переходу від поверхні кочення до гребеня;
- гребеня.

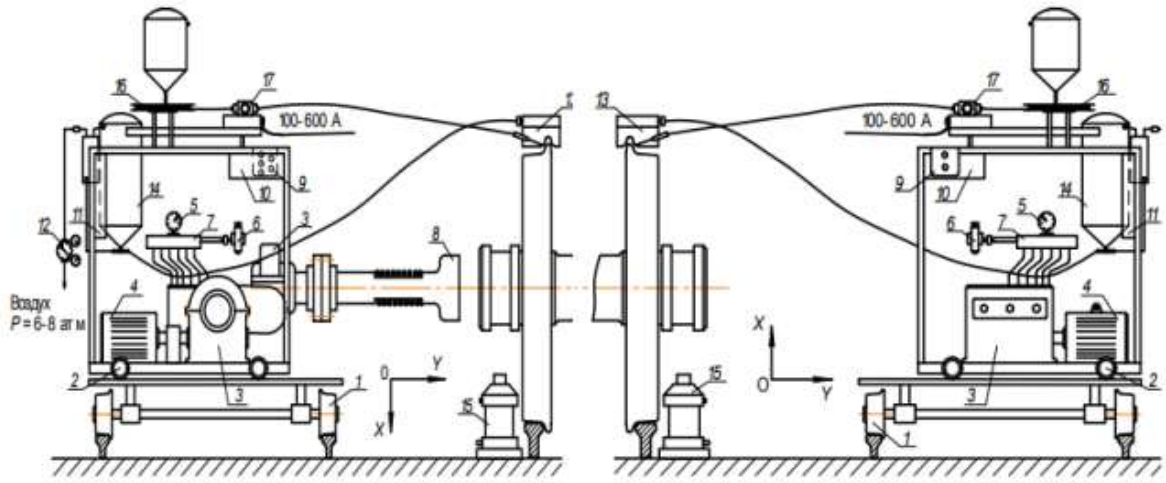


Рис 4.4 – Схема установки для наплавлення гребнів бандажів без викочування колісних пар з-під електровозу: 1 – переміщення візка установки щодо осі 0X; 2 – переміщення установки по платформі щодо осі 0Y; 3 – редуктор черв'яковий спарений; 4 – електродвигун обертання колісної пари; 5 – манометр контролю тиску масла; 6 – регулятор тиску олії; 7 – золотники докум 29 керування домкратами; 8 – муфта приводу колісних пар; 9 – пульт керування електродвигуна обертання колісних пар та насоса; 10 - маслобак; 11 – розподільний електрощит; 12 – редуктор регулювання тиску стисненого повітря; 13 - ванна горіння дроту під флюсом; 14 – бункер для флюсу; 15 – гідравлічний домкрат; 16 - барабан з бухтою дроту; 17 – механізм подачі електродного дротна якій одночасно відновлюються профілі обох коліс колісної пари. [7, 8, 12, 13]

Вибір обумовлений тим, що в умовах кар’єрної експлуатації думпкара поверхня кочення і гребінь зношуються не окремо, а як єдина контактна зона. Відновлення тільки гребеня не усуває дефекти поверхні кочення, а відновлення тільки поверхні кочення не забезпечує необхідної товщини та профілю гребеня. Тому для капітального ремонту найбільш раціональним є повне відновлення профілю.

Підготовка деталі до відновлення. Підготовка колеса до наплавлення включає очищення, дефектацію, попередню обробку та підігрів. Після миття і дефектації колесо встановлюється на колесотокарний верстат, де проводиться попереднє обточування.

Метою цієї операції є створення правильної геометричної основи для наплавлення.

Під час попереднього обточування:

- повністю видаляється дефектний шар металу;
- зрізаються вищербини, напливи, локальні западини;
- усувається наклепаний шар;
- формується плавний перехід від поверхні кочення до гребеня;
- забезпечується однакова база під наплавлення по всьому колу.

Після механічної підготовки колесо підлягає попередньому підігріву. Попередній підігрів потрібний тому, що колісна сталь має підвищений вміст вуглецю і є схильною до утворення гартівних структур і тріщин у зоні термічного впливу. За матеріалами сучасних досліджень та технологій відновлення залізничних коліс, для підвищення опірності тріщиноутворенню необхідно обмежувати швидкість охолодження і забезпечувати уповільнений термічний цикл.

$$t_{\text{п}} = 200^{\circ}\text{C}$$

Знидення цього значення не допускається, оскільки це збільшує ризик утворення холодних тріщин у зоні термічного впливу.

Вибір способу наплавлення. Для відновлення профілю приймається електродугове автоматичне наплавлення під шаром флюсу

Спосіб автоматичного наплавлення під шаром флюсу для капітального ремонту, забезпечує:

- високу продуктивність;
- стабільність горіння дуги;
- рівномірний наплавлений шар;
- захист зварювальної ванни від повітря;
- обмеження розбризкування металу;
- можливість отримання шару з наперед заданими властивостями

Ручне дугове наплавлення та напівавтоматичне наплавлення у середовищі газів не приймаються, оскільки вони поступаються за продуктивністю і важче забезпечують рівномірне формування профілю по всьому колу колеса.

Для наплавлення приймається зварювальний дріт марки 30ХГСА.

У проєкті приймається:

- марка дроту: 30ХГСА;
- діаметр дроту: 3.0 мм

Перевагою дроту 30ХГСА є те, що він дозволяє отримати наплавлений шар із більш високими експлуатаційними властивостями, ніж звичайні низьковуглецеві дроти загального призначення.

Вибір флюсу. Приймається керамічний легуючий флюс АНК-18.

Вибір цього флюсу АНК-18 обґрунтовується тим, що у поєднанні з дротом 30ХГСА він забезпечує, високу якість наплавленого шару, стабільність дуги, сприятливу структуру металу наплавлення, зниження ймовірності утворення неметалевих включень, необхідну твердість і зносостійкість відновленої поверхні.

Вибір обладнання. Для механічної обробки до та після наплавлення приймається колесотокарний верстат КЖ20.

На ньому виконують:

1. попереднє підрізання дефектного шару;
2. вирівнювання профілю перед наплавленням;

3. чорнову обробку після наплавлення;

4. чистову обробку до ремонтного профілю.

Для наплавлення приймається дводугова автоматична установка під шаром флюсу з такими основними вузлами:

1. привід обертання колісної пари;

2. два механізми подачі електродного дроту;

3. два флюсових бункери;

4. система керування подачею дроту та швидкістю обертання;

5. джерело живлення типу ВДУ-506.

Установка працює з викоченою колісною парою, встановленою на стаціонарній ремонтній позиції. При цьому в розрахунку режиму приймається одна колісна пара на установці, а наплавлення виконується одночасно на двох колесах, що дозволяє скоротити загальний час ремонту. [7, 11, 12]

Геометричні параметри зони відновлення.

Для розрахунку приймажмо:

$$D_{\text{н}} = 950 \text{ мм}$$

Діаметир після зношення:

$$D_{\text{ф}} = 942 \text{ мм}$$

Діаметр після зрізання дефектного шару:

$$D_1 = 940 \text{ мм}$$

Ширина зони відновлення поверхні кочення:

$$\text{B}_{\text{к}} = 70 \text{ мм}$$

Ширина зони відновлення гребня

$$\text{B}_{\text{г}} = 30 \text{ мм}$$

Сумарна ширина робочоз зони:

$$\text{B}_{\Sigma} = 100 \text{ м}$$

Товщина наплавлення на поверхню кочення:

$$S_{\text{к}} = 7 \text{ мм}$$

Товщина наплавлення на гребінь:

$$S_{\text{г}} = 12 \text{ мм}$$

Розрахунок маси наплавленого металу:

А) Поверхня кочення

$$V_к = \pi D \cdot В_к \cdot S_к \qquad (4.9)$$

Де

D - діаметр колеса після підготовчої обробки, м

$В_к$- ширина зони відновлення поверхні кочення, м

$S_к$- товщина наплавлення, м.

$$V_к = 3{,}14 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}07 \cdot 0{,}007 = 0{,}00146 м^3$$

Маса наплавленого металу визначається за формулою

$$m_к = pV$$

де

$$p = 7850 \text{ кг}/м^2$$

густина сталі

$$m_к = 7850 \cdot 0.00146$$

$$m_к = 11.46 \text{ кг}$$

Маса металу, необхідна для відновлення поверхні кочення одного колеса, становить

$$m_к = 11.46 \text{ кг}$$

Б) Наплавлення гребеня

Гребінь колеса також піддається інтенсивному зношуванню в процесі експлуатації, оскільки він працює в умовах контактної взаємодії з рейкою та сприймає значні бічні навантаження. Тому під час ремонту виконується його відновлення методом наплавлення.

$$V_к = \pi D \cdot В_к \cdot S_к$$

Де D - діаметр колеса після підготовчої обробки, м

$В_к$- ширина зони відновлення поверхні кочення, м

$S_к$- товщина наплавлення, м.

$$V_к = 3{,}14 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}03 \cdot 0{,}0012 = 0{,}00107 м^3$$

Маса наплавленого металу визначається за формулою

$$m_к = pV$$

де

$$p = 7850 \text{ кг/м}^2$$

густина сталі

$$m_к = 7850 \cdot 0.00107$$

$$m_к = 8.40 \text{ кг}$$

Маса металу, необхідна для відновлення гребеня одного колеса, становить

$$m_к = 8.40 \text{ кг}$$

Загальна маса наплавленого металу

Сумарна маса металу, що наплавляється на одне колесо, визначається як сума мас металу, необхідного для відновлення поверхні кочення та гребеня:

$$m_1 = m_к + m_г \qquad (4.10)$$

$$m_1 = 11.46 + 8.40 = 19.86 \text{ кг}$$

Маса наплавленого металу на одне колесо становить

$$m_1 = 19.86 \text{ кг}$$

Оскільки колісна пара має два колеса, загальна маса наплавленого металу становить:

$$m_\Sigma = 2 \cdot m_1$$

$$m_\Sigma = 2 \cdot 19.86 = 39.72 \text{ кг}$$

Врахування технологічних втрат. У процесі наплавлення частина металу втрачається у вигляді:

– розбризкування;

– втрат на шлакоутворення;

– залишків металу у ванні.

Тому вводиться коефіцієнт технологічних втрат

$$k = 1.1$$

Тоді загальна витрата зварювального дроту становить

$$m_{др} = k \cdot m_\Sigma = 43.69 \qquad (4.11)$$

Витрата зварювального дроту на одну колісну пару становить приблизно

$$m_{др} \approx 44 \text{ кг}$$

Розрахунок режиму наплавлення. Для відновлення колісної пари думпкара 2ВС-105 у проєкті приймається зварювальний дріт 30ХГСА діаметром 3 мм. Для такого дроту при автоматичному наплавленні під шаром флюсу раціональними є такі межі режиму:

Вибір зварювального струму

$$I = j \cdot F_e \qquad (4.12)$$

де: j — густина струму, А/мм2^22; F_e— площа поперечного перерізу електродного дроту,$м^2$.

Площа поперечного перерізу дроту:

$$F_e = \frac{\pi d^2}{4} \qquad (4.13)$$

де d = 3 мм.

$$F_e = \frac{3.14 \cdot 3^2}{4} = 7.07 \text{ мм}^2$$

Для автоматичного наплавлення під флюсом дротом діаметром 3 мм приймають густину струму в межах

$$J = 55/65 \text{ А/ мм}^2$$

Тоді можливий інтервал струму становить:

$$I = 55 \cdot 7.07 = 389\ A$$

$$I = 65 \cdot 7.07 = 460\ A$$

Отже, розрахунковий діапазон струму:

$$I = 389/460 \text{ А/ мм}^2$$

Для віідновлення приймаємо середнє робоче значення

$$I = 420 \text{ А}$$

Вибір напруги дуги. Напруга дуги при автоматичному наплавленні під шаром флюсу залежить від сили струму, довжини дуги та способу наплавлення.

$$U = 0.045\ I \cdot 13 \qquad (4.14)$$

$$U = 0.045 \cdot 420 + 13$$

$$U = 31.9 \text{ В}$$

Приймаємо:

$$U = 32\text{В}$$

Потужність дуги

Потужність дуги визначається за формулою:

$$P = U \cdot I \qquad (4.15)$$

$$P = 32 \cdot 420 = \ 13440 \text{ Вт}$$

$$P = \ 13.44 \text{ кВт}$$

Потужність однієї дуги становить $P_1 = \ 13.44$ кВт

Оскільки наплавлення здійснюється двома дугами одночасно, сумарна потужність установки:

$$P_\sum = \ 2P_1 = 2 \cdot 13.44 = 12.88 \text{ кВт}$$

Швидкість подачі електродного дроту

$$l_\text{в} = (8/12)d \qquad (4.16)$$

Де

D = 3мм

Тоді

$$l_\text{в} = \left(\frac{8}{12}\right) \cdot 3 = \frac{24}{36 \text{ мм}} = 36\text{мм}$$

Для проєкту приймаємо

$$l_\text{в} = 30\text{мм}$$

Це значення забезпечує стабільну подачу дроту, достатній підігрів електрода та нормальне формування валика

Довжина електродного дроту, необхідного для наплавлення. Раніше було визначено, що загальна витрата дроту на одну колісну пару з урахуванням технологічних втрат становить

$$m_\text{др} = 43.69 \text{ кг} \qquad (4.11)$$

Тоді загальна довжина дроту визначається за формулою

$$L_\text{др} = \frac{m_\text{др}}{q} \qquad (4.17)$$

$$L_\text{др} = \frac{43.69}{0.0555} = 787.2 \text{ м}$$

Отже, для наплавлення однієї колісної пари необхідно

$$L_{\text{др1}} = 393.6 \text{ м}$$

Обсяг металу, що знімається при чорновій та чистовій обточці поверхні кочення. Після наплавлення діаметр колеса дорівнює:

$$D_2 = 954\text{мм}$$

Після остаточного профілювання він має становити

$$D_3 = 95\text{мм}$$

Отже загальний припуск, що знімаєтьс з поверхні кочення, становить.

$$\Delta D = D_2 - D_3 = 954 - 950 = 4 \text{ мм}$$

Приймаємо, що цей припуск розподіляється так:

Чорнова обточка:

$$Z_{\text{чорн}} = 1.5 \text{ мм}$$

Чистова обточка:

$$Z_{\text{чист}} = 0.5 \text{ мм}$$

Сумарно:

$$Z_{\text{чорн}} + Z_{\text{чист}} = 2 \text{ мм}$$

Маса металу, що знімається з поверхні кочення. Розрахунок маси металу після обточки

А) Поверхня кочення одного колеса після обточки

$V_{\text{к-п}} = \pi \cdot \text{В}_{\text{к}} \cdot S_{\text{к-п}}$ (4.18)

Де

D = 0.95м

$\text{В}_{\text{к}} = 0.07\text{м}$

$S_{\text{к-п}} = 0.005$ м

$$V_{\text{к-п}} = 3.14 \cdot 0.07\text{м} \cdot 0.005 \text{ м} = 0.001044\text{м}^3$$

$$m_k = \rho \cdot V_{\text{к-п}}$$

$$m_k = 7850 \cdot 0.001044$$

$$m_{k-\text{п}} = 8.20 \text{ кг}$$

Б) Гребінь після обточки

$$V_{r-\text{п}} = \pi \cdot \text{В}_r \cdot S_{r-\text{п}}$$

Де

D = 0.95м

$\text{В}_r = 0.03\text{м}$

$S_{r-\text{п}} = 0.005$ м

$$V_{r-\text{п}} = 3.14 \cdot 0.95\text{м} \cdot 0.03 \cdot 0.010 = 0.000895\text{м}^3$$

$$m_k = \rho \cdot V_{\text{к}-\text{п}}$$

$$m_k = 7850 \cdot 0.000895$$

$$m_{r-\text{п}} = 7.03 \text{ кг}$$

В) Загальна маса металу, що залишиться після обточки на одному колесі

$$m_1 = m_{k-\text{п}} + m_{r-\text{п}}$$

$$m_1 = 8.20 + 7.03 = 15.23 \text{ кг}$$

Отже, після остаточної механічної обробки на одному колесі залишається:

$$m_1 = 15.23 \text{ кг}$$

Г) Для однієї колісної пари

$$m_{\sum} = 30.46 \text{ кг}$$

Швидкість наплавлення. Швидкість наплавлення визначається із продуктивності наплавлення та площі поперечного перерізу наплавленого валика.

Дійсна продуктивність наплавлення для однієї дуги з урахуванням коефіцієнта переходу металу:

$$G_{\text{н}} = G_{\text{пл}}\eta \qquad (4.19)$$

Де $\eta = 0.9$

$$G_{\text{н}} = 6.72 \cdot 0.9 = 6.05 \text{ кг/год}$$

Для автоматичного наплавлення під шаром флюсу дротом Ø3 мм приймаємо орієнтовну площу поперечного перерізу одного валика

$$F_{\text{в}} = 14 \text{ мм}^2$$

Тоді швидкість наплавлення:

$$V_{\text{н}} = \frac{G_{\text{н}}}{\rho \cdot F_{\text{в}}} \qquad (4.20)$$

Для зручності переведемо густину сталі в /мм^3

$$\rho = 7.85 \text{ г / см}^3 \ = 0.00785 \text{ г/мм}^3$$

$$V_{\text{н}} = \frac{6050}{0.00785 \cdot 14} = 55050 \text{ мм/ год}$$

$$V_{\text{н}} = 55.05 \text{ м/ год}$$

Частота обертання деталі при наплавленні. При наплавленні колеса обертання деталі повинно забезпечити лінійну швидкість на поверхні колеса, що дорівнює швидкості наплавлення.

Зв'язок між швидкістю наплавлення і частотою обертання:

$$V_{\text{н}} = \pi D n \qquad (4.21)$$

де: $V_{\text{н}}$ — швидкість наплавлення, м/хв; D — діаметр колеса, м; n — частота обертання, об/хв.

Звідси

$$n = \frac{V_{\text{н}}}{\pi D} \qquad (4.22)$$

Приймаємо

$$V_{\text{н}} = \frac{55}{60} = 0.917 \text{м/хв}$$

$$n = \frac{0.917}{3.14 \cdot 0.95} = 0.307 \text{ об/хв}$$

$$n = 18.4 \text{ об/ год}$$

За один повний оберт колесо здійснює приблизно за

$$t = \frac{1}{0.307} = 3.26 \text{ хв}$$

Основний час наплавлення

$$T_o = \frac{m_\Sigma}{G_{\text{н}\Sigma}}$$

$$T_o = \frac{m_\Sigma}{G_{\text{н}\Sigma}} = \frac{39.72}{12.10} = 3.28 \text{ год}$$

Штучно-калькуляційний час. З урахуванням допоміжних операцій вводимо коефіцієнт

$$k_{\text{д}} = 1.25$$

$$T_{\text{шт–к}} = T_o \cdot k_{\text{д}} \qquad (4.23)$$

$$T_{\text{шт}-\text{к}} = \ 3.28 \cdot \ 1.25 = 4.10 \text{ год}$$

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розглянуто актуальну задачу відновлення колісних пар думпкарів 2ВС-105, які в процесі експлуатації піддаються інтенсивному зношуванню в умовах підвищених динамічних, ударних та контактних навантажень. Надійність роботи рухомого складу значною мірою визначається технічним станом колісних пар, зокрема геометрією профілю колеса, станом поверхні кочення та гребеня. Саме тому відновлення цих елементів є важливим завданням ремонтного виробництва. [1, 2, 14]

У роботі виконано комплексний аналіз характеру та причин зношування колісної пари. Встановлено, що основними дефектами є зношування поверхні кочення, зменшення товщини гребеня, зміна геометрії профілю, а також локальні пошкодження металу у вигляді вищербин і пластичних деформацій. Ці дефекти призводять до погіршення взаємодії колеса з рейкою, збільшення динамічних навантажень та зниження безпеки експлуатації. [4, 7, 11]

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність застосування технології відновлення методом автоматичного наплавлення під шаром флюсу. Даний спосіб забезпечує високу продуктивність процесу, стабільність горіння дуги, рівномірне формування наплавленого шару, а також надійний захист зварювальної ванни від впливу навколишнього середовища. У порівнянні з ручним та напівавтоматичним наплавленням, обраний метод дозволяє отримати більш якісне і однорідне покриття, що особливо важливо для деталей, які працюють у зоні інтенсивного контакту. [8, 9, 12]

У процесі виконання роботи розроблено повний технологічний процес відновлення колісної пари, який включає дефектацію, викатку колісної пари, попередню механічну обробку, наплавлення, чорнову та чистову обточку, а також контроль якості. Особливу увагу приділено підготовці поверхні перед наплавленням, оскільки саме цей етап визначає якість зчеплення наплавленого металу з основою.

Встановлено, що перед наплавленням необхідно повністю видалити дефектний та наклепаний шар металу, сформувати правильну геометричну базу, а також забезпечити попередній підігрів деталі до температури 200°С. Це дозволяє знизити температурні напруження та запобігти утворенню тріщин у зоні термічного впливу.

У роботі обґрунтовано вибір зварювальних матеріалів. Для наплавлення прийнято дріт марки 30ХГСА діаметром 3 мм, який забезпечує підвищену міцність, зносостійкість і тріщиностійкість наплавленого металу. У якості флюсу обрано АНК-18, що сприяє стабільності процесу, покращенню структури металу наплавлення та підвищенню експлуатаційних властивостей відновленої поверхні. Виконано розрахунок геометричних параметрів процесу відновлення. Встановлено, що після видалення дефектного шару діаметр колеса становить 940 мм, після наплавлення — 954 мм, а після остаточної механічної обробки — 950 мм, що відповідає номінальному значенню. Таким чином, технологічний процес передбачає формування припуску на обточування, який забезпечує досягнення необхідної точності профілю.

У результаті розрахунків визначено обсяги наплавленого металу. На одне колесо наплавляється приблизно 19.86 кг металу, а на колісну пару — 39.72 кг. З урахуванням технологічних втрат витрата зварювального дроту становить близько 43.69 кг. Визначено також довжину електродного дроту, яка становить близько 787 м на одну колісну пару.

Окрему увагу приділено розрахунку режиму наплавлення. Встановлено раціональні параметри процесу: зварювальний струм 420 А, напруга дуги 32 В, швидкість наплавлення близько 55 м/год, швидкість подачі дроту 2 м/хв, виліт електродного дроту 30 мм. Показано, що при використанні дводугової установки сумарна потужність процесу становить близько 26.88 кВт, що забезпечує високу продуктивність і стабільність наплавлення.Після наплавлення виконується механічна обробка, яка включає чорнову та чистову обточку. У процесі обробки з однієї колісної пари знімається близько 9.3 кг металу. У результаті остаточного профілювання на одному колесі залишається

приблизно 15.23 кг наплавленого металу, що забезпечує повне відновлення геометрії.

У роботі показано, що прийнятий технологічний процес є узгодженим на всіх етапах — від підготовки деталі до отримання кінцевого результату. Розрахункові параметри взаємопов’язані та забезпечують досягнення номінальних розмірів колеса після ремонту.

У результаті виконання дипломної роботи досягнуто поставленої мети — розроблено обґрунтований технологічний процес відновлення колісної пари думпкара 2ВС-105, який забезпечує відновлен ня геометрії, підвищення зносостійкості та надійності експлуатації деталі [8, 12, 13]