

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Дослідження технологічного процесу електродугового
нарощування робочих поверхонь деталей машин»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 5
Тристан Вадим Олександрович
Керівник: Келемеш А. О.
Рецензент: Флегантов Л. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми. Площини і кромки відвалів плугів піддаються в процесі експлуатації нерівномірному абразивному зношуванню, що викликає доцільність додаткового зміцнення найбільш навантажених зон. Як критерій технічної оптимальності застосовуваної технології зміцнення доцільно прийняти забезпечення рівної інтенсивності зношування всієї робочої поверхні відвалу. Такий підхід дозволяє, з одного боку, мінімізувати площу зон, що піддаються зміцненню, а з іншого боку, виключити додаткові витрати на формування зміцнених шарів з надлишковою зносостійкістю.

Одним з ефективних способів підвищення зносостійкості деталей плугів є дугова наплавка неперекриваючими валиками. При наплавленні тонколистових деталей, до яких відносяться відвали плугів, з метою зниження тепловкладення в основний метал, запобігання зварювальних деформацій і пропалів кромки доцільне застосування вібродугового наплавлення в струменях води [1]. Однак складна геометрія відвалів ускладнює їх механізовану наплавку, а існуючі конструкції вібродугових головок виключають можливість ручного маніпулювання зварювальним пальником. Це викликає необхідність розробки способу і технологічного обладнання для напівавтоматичного вібродугового наплавлення.

На підставі вищевикладеного, розробка технології зміцнення відвалів плугів напівавтоматичним вібродуговим наплавленням є актуальним завданням.

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності поверхневого зміцнення відвалів плугів шляхом напівавтоматичного вібродугового наплавлення найбільш навантажених зон і підвищення рівномірності зношування робочої поверхні відвалу.

Об'єкт дослідження даної дипломної роботи є відвали корпусів плугів і технологія їх зміцнення напівавтоматичним вібродуговим наплавленням.

Предмет дослідження. Закономірності формування рівної зносостійкості поверхні відвалів корпусів плугів при зміцненні напівавтоматичним вібродуговим наплавленням.

Методика досліджень передбачає використання теорії ймовірності та надійності, методів математичного аналізу і системного підходу, що забезпечують аналітичне опис ефективного використання ґрунтообробної техніки при виконанні технологічних процесів, застосування стандартних методик стендових і експлуатаційних випробувань на сучасному обладнанні.

Наукова новизна. Технологія напівавтоматичного вібродугового наплавлення тонкостінних деталей, що відрізняється зменшенням термічного впливу на основний метал відвалів плугів, запобіганням пропалів на кромках відвалу, вирівнюванням інтенсивності зношування його робочих поверхонь.

Практична значимість. Значення результатів досліджень полягає у виявленні впливу зон зміцнення і схем вібродугового напівавтоматичного наплавлення на особливості зношування робочих поверхонь відвалів плугів.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Конструктивні особливості відвалів плугів

Для виконання технологічного процесу вирощування сільгосппродукції необхідно проводити механічну обробку ґрунту: оранку, глибоке розпушування, культивацію, фрезерування, боронування та ін. Основним обробітком ґрунту, як відомо, є оранка [2,3]. У загальних витратах енергії при вирощуванні сільськогосподарських культур частка оранки становить понад 35% [4].

При проведенні технологічних операцій в сільськогосподарському виробництві широко використовуються тонкі плоскі деталі у вигляді робочих органів ґрунтообробних машин (лемеші плугів, польові дошки, відвали корпусів плугів). Ці деталі працюють в умовах абразивного зношування і значних статичних і динамічних навантажень [5]. Ресурс деталей робочих органів плугів в значній мірі визначає продуктивність і агротехнічні терміни. Робочі органи плугів повинні мати високу міцність і зносостійкість, так як в процесі роботи відбувається затуплення лез через безперервну взаємодію металу з ґрунтом і рослинами, а також зміна їх форми і розмірів.

Відвали є однією з найбільш металомістких і дорогих деталей корпусу плуга. Відвал являє собою вигнуту сталеву пластину, що розташовується під кутом до стінки борозни. В процесі роботи відвалу корпусу плуга відбувається відрізання пласта ґрунту від стінки борозни, його деформування, зрушення в бік і обертання верхнього шару вниз. При цьому відбувається сколювання, деформація і переміщення ґрунту по робочій поверхні корпусу плуга. Одночасно відбувається закладення дернини, пожнивних залишків і бур'янів в основу борозни [3].

Як відомо, вплив відвалу на ґрунт залежить від геометричної форми його поверхні, кута розташування і елементів конструкції [6]. Основними елементами конструкції плуга з класичним культурним відвалом (рис. 1.1) є

[5,7]: леміш 1, груди відвалу 4 – розташовані вище лемеша в передній частині, крило 7 – задня частина, з лівого боку відвал обмежений польовим обрізом 3 для того, щоб груди відвалу не зачіпали стінку борозни. З правого боку корпус обмежений борозним обрізом 8, щоб відвал повністю обертав пласт і при цьому крило не зачіпало пласт. У верхній частині відвалу верхній обріз 6 запобігає пересипанню ґрунту.

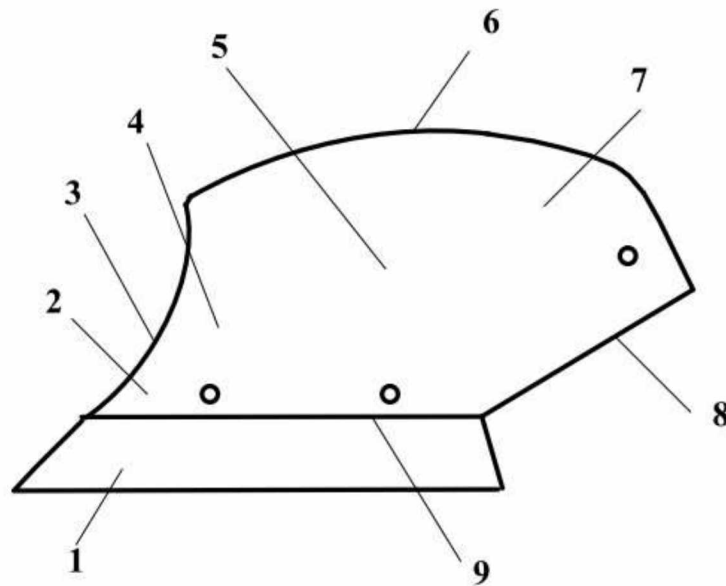


Рис. 1.1 – Корпус плуга: 1 – леміш; 2 – носок; 3 – польовий обріз; 4 – груди; 5 – робоча область; 6 – верхній обріз; 7 – крило; 8 – борозний обріз; 9 – стикового обріз

У сучасних технологіях обробітку ґрунту використовуються чотири основні групи форм відвалів: гвинтові, напівгвинтові, циліндричні, культурні (рис. 1.2) [8].

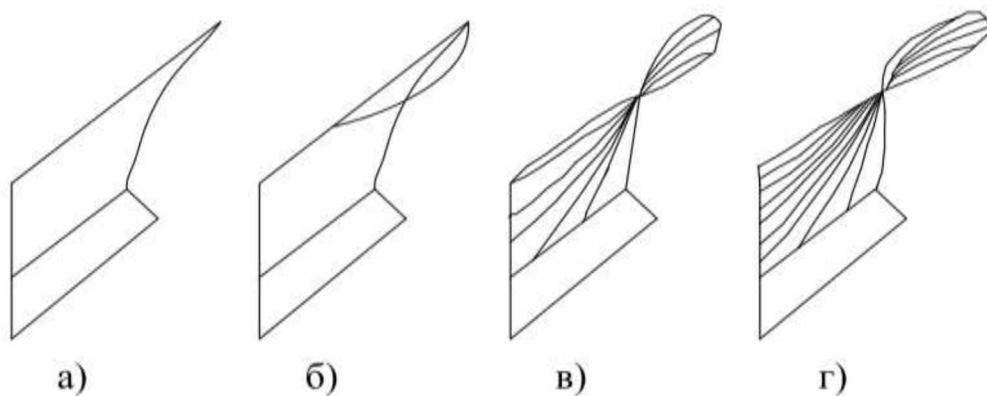


Рис. 1.2 – Схема форм робочих поверхонь відвалів: а) циліндричний; б) культурний; в) напівгвинтовий; г) гвинтовий

У циліндричних відвалів поверхня відповідає частині циліндра і викликає сильне напруження ґрунту, що сприяє його розпушенню. На відміну від гвинтових, він піднімає пласт на себе і скручує в косу трубку. Такі відвали адаптовані для гребеневої глибокої оранки.

Профіль циліндро-гвинтових відвалів розділений на дві частини: циліндричну і гвинтову. Така форма геометрії забезпечує певну універсалізацію відвалів і робить їх багатоцільовими.

Робоча поверхня у культурного відвалу має груди з малою кривизною для кришення. У міру підйому пласта ґрунту по деталі відбувається поліпшення кришення і зростає оборотність. Відвали з такою робочою поверхнею найбільш поширені і встановлюються практично на всіх плугах загального призначення.

Напівгвинтові відвали забезпечують недостатнє подрібнення пласта ґрунту, але хорошу його оборотність. Вони застосовуються при оранці важких зв'язних ґрунтів. Але в той же час необхідна установка додаткового подовжувача-пера для довалювання в борозну ґрунтового шару.

При оранці гвинтовими відвалами перевертання пласта відбувається по гвинтовій траєкторії з невисокою швидкістю обороту. Відвали такої форми рекомендовані до застосування при оранці, яка потребує великої глибини, тому що основним фактором є оборот пласта, а не його подрібнення. Вибір форми гвинтового відвалу (увігнута, опукла або прямолінійна) ґрунтується на мінімальній витраті енергії на деформацію пласта і максимальному зниженні залипання ґрунту.

Ґрунтові умови дуже впливають на інтенсивність зношування ґрунтообробних машин, на витрату запасних частин і, відповідно, на витрати по підтримці працездатності ґрунтообробних машин в процесі їх експлуатації [9].

Процес переміщення ґрунту по відвалу залежить від його складу і фізико-механічних властивостей. Більшість фізичних і фізико-механічних властивостей ґрунтів залежить від їх механічного складу [10].

Механічний склад ґрунту є важливою характеристикою, необхідною для визначення виробничої цінності ґрунту, його родючості, способів обробки і т.д. Від механічного складу ґрунту залежать майже всі фізичні і фізико-механічні властивості ґрунту: вологостійкість, водопроникність, пористість, повітряний і тепловий режим, водопідйомна сила і ін. Значною мірою він визначає родючість ґрунтів і важкість обробки.

Відвали працюють в умовах абразивного зношування і можуть відчувати удари каменів. З цієї причини робоча поверхня відвалів повинна мати певну зносостійкість. У вітчизняному виробництві матеріалом для виготовлення відвалів корпусів плугів в основному використовується низьковуглецева сталь марки Ст.2 або тришарова сталь [11]. Відвали, виготовлені зі сталі Ст.2 повинні піддаватися цементації на глибину 1,5-2,2 мм з наступним загартуванням до твердості HRC 50-62. При використанні для виготовлення відвалів тришарової сталі, вона має поверхневі шари зі сталі 65Г і внутрішній шар зі сталі Ст.2. Поверхневі шари з більш високою твердістю надають відвалу достатню зносостійкість, а менш твердий внутрішній шар надає міцності – стійкості до згинального моменту і ударам ґрунту. Товщина кожного шару приблизно однакова. Формоутворення і зміцнюючу термообробку проводять як один технологічний процес. Твердість гарячекатаних листів і смуг повинна бути не більше 269 НВ, а виміряна на загартованих зразках – не менше HRC 56. Шорсткість робочої поверхні відвалів повинна бути не вище $R_a = 2,5$ мкм і відповідати шорсткості поверхні прокату. Відомі відвали, що виготовляються з тришарової сталі за допомогою прокатки. Для зовнішніх шарів використовується сталь 10, а для внутрішнього – сталь 60. Застосовується також штампування з монометалу (сталь 32Г2Р, сталь 36ГР). Виготовлені таким способом відвали для забезпечення необхідної твердості (HRC 47...63) і абразивної стійкості піддаються подальшій термообробці.

Для поліпшення якості обробки ґрунту, забезпечення відвалам достатньої довговічності та напрацювання, вони можуть виконуватися з

різними зміцнюючими покриттями [5,12]. Застосування матеріалів, що сприяють підвищенню зносостійкості відвалів, призводять до зростання ресурсу плуга. Однак, найчастіше, через нерівномірне зношування по робочій поверхні відбувається нераціональне використання дорогих присадних матеріалів.

1.2. Аналіз причин виходу з ладу відвалів плугів

Знос робочих органів ґрунтообробних машин відбувається в процесі безперервної взаємодії з ґрунтом [3,6,7,8]. На інтенсивність і характер зносу впливає природа і властивості ґрунту, а також умови взаємодії ґрунту і робочих органів. В процесі експлуатації в деталях ґрунтообробних машин і агрегатів відбувається значна зміна технологічних характеристик і конструктивних параметрів [9, 12]. Ці процеси виникають, в основному, на найбільш навантажених поверхнях деталей в результаті тертя в абразивному середовищі.

В якості основних факторів, що визначають знос робочих органів ґрунтообробних машин, наводяться: механічний склад, вологість, щільність і однорідність ґрунту, швидкість руху і форма робочих органів, а також властивості матеріалів, з яких вони виготовлені.

В результаті прискореного зношування робочих поверхонь лемішно-відвальних плугів відбувається зниження якості обробки ґрунту, збільшення тягового опору агрегатів, а також виникають додаткові експлуатаційні витрати, пов'язані з підвищенням витрати палива і простоями машин, пов'язаними з заміною зношених деталей, зменшується міжремонтний ресурс плуга в цілому [13].

Інтенсивність зношування деталей робочих органів ґрунтообробних знарядь, в тому числі і відвалів плугів, на різних ґрунтах буде значно відрізнятися через відмінності ґрунтів по їх зношувальній здатності, [14].

Середнє напрацювання на відмову для грудей відвалів може становити від 10 до 100 га, для крил відвалів може становити від 40 до 270 га. [15]

Аналіз літературних джерел показав, що деталі відвалів плугів зношуються нерівномірно [11, 16]. Найбільш характерні зони зносу відвалів корпусів плугів (рис. 1.3) – польовий обріз і площина відвалу.

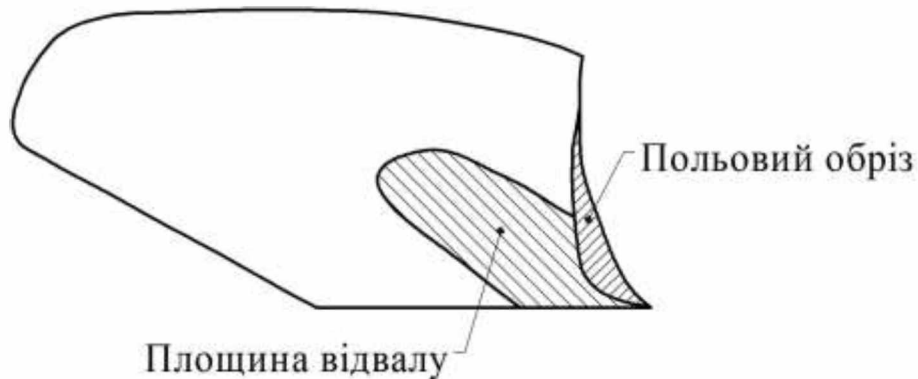


Рис. 1.3 – Характерні зони зношування відвалу

Огляд овалів плугів після експлуатації показав [17], що зношуванню піддаються як площина відвалу, аж до наскрізного стирання, так і кромки (рис. 1.4).



Рис. 1.4 – Наскрізне зношування площини відвалу плуга Gregoire Besson

Знос відвалів і викликане цим ослаблення болтових кріплень може призводити до утворення тріщин.

Найбільші значення тиску ґрунту впливають на груди відвалу, внаслідок цього знос цієї частини відвалу відбувається значно інтенсивніше,

ніж у крила відвалу. Для плугів, які працюють в особливо важких умовах, можуть використовуватися корпусу плугів зі змінними грудьми відвалу.

Для зниження сили тертя ґрунту і полегшення ковзання пласта ґрунту робочу поверхню відвалу полірують. Наявність на робочій поверхні нерівностей, вм'ятин, тріщин, корозійних ділянок призводить до залипання таких місць ґрунтом і, як наслідок, до порушення процесу оранки, збільшення тягового опору плуга. Як правило, інтенсивно зношується польовий обріз відвала. У нормального відвалу лінія польового обрізу повинна виступати від стійки на 18 мм; в зношених відвалах виступ становить зазвичай 2-6 мм.

1.3. Способи і технології зміцнення деталей ґрунтообробних машин

В даний час для підвищення зносостійкості деталей ґрунтообробних машин розроблено велику кількість технологічних процесів, часто нерівноцінних за своїми техніко-економічними показниками [3, 6, 10, 12]

Основними способами зміцнення відвалів плугів [15, 17, 18] є: ручна дугова наплавка – суцільна, або у вигляді сітки (рис. 1.5 а, б); установка керамічних пластин (рис. 1.5 в); нанесенням композиційних покриттів (рис. 1.5 г).

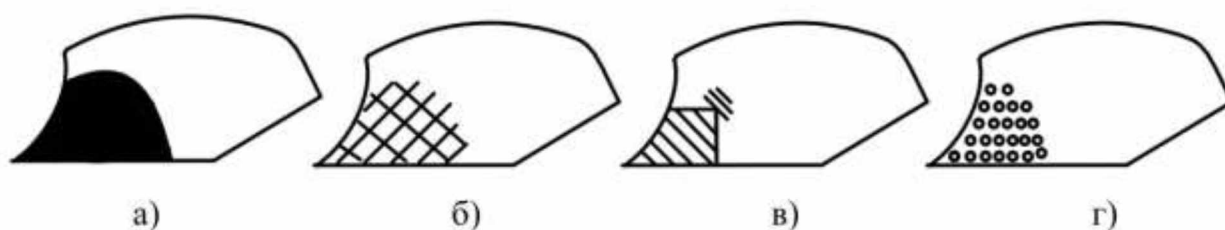


Рис. 1.5 – Схема способів зміцнення відвалів плугів: а) суцільна дугова наплавка; б) дугова наплавка у вигляді сітки; в) зміцнення керамічними пластинами; г) зміцнення композиційними матеріалами

Ручна дугова наплавка в основному проводиться електродами Т-590 і Т-620 змінним або постійним струмом [19]. Відзначається, що це дозволяє

збільшити ресурс деталі до 1,5-2,0 раз. Однак, велика зона термічного впливу, що виникає при використанні цього способу, може призводити до пропалу кромки, викривлення поверхні відвалу, а також, через зниження опору вигину основного металу, до поломок відвалів.

При використанні композиційних матеріалів і керамічних пластин вони встановлюються в найбільш зношуваних місцях [20]. Однак слід зазначити відносну складність технологічного процесу при фрезеруванні гнізд на грудях відвалу через геометрію поверхні та цементацію верхнього шару, а також те що, при роботі на кам'янистих і засмічених ґрунтах велика ймовірність відриву пластин в процесі роботи.

Також для відновлення відвалів плугів пропонується використання абразивостійкого дисперсно-зміцненого композиту на основі епоксидної смоли [12]. Це спосіб дозволяє усувати наскрізне протирання зі збереженням механічних властивостей і форм відновлюваної деталі без термічного і деформаційного впливу в період формування покриття. Одночасно вищевказані вчені пропонують використання способу бронювання для поверхонь відвалів з променевим зносом. Спосіб полягає в приклеюванні на поверхню відвалу сталевих термічно зміцнених до HRC 50-53 пластин. Цей спосіб теж не передбачає термічного і деформаційного впливу в період формування покриття [19].

Розроблено технологію лазерного зміцнення і наплавлення поверхонь тертя культиваторних лап [21]. При загартуванні променем лазера на ширину до 30 мм. Ця технологія показує підвищення зносостійкості зміцнених лап в 3-4 рази в порівнянні з серійними.

При застосуванні технології зміцнення лемешів напайкою металокерамічних пластин [22], ресурс робочих органів плуга підвищується в 3-4 рази. Однак зміцнені цим способом плуги не можуть ефективно використовуватися на ґрунтах, засмічених камінням.

У разі застосування газового наплавлення основний і присадний метали розплавляють полум'ям, одержаним при згорянні суміші будь-якого пального

газу з киснем [22]. Процес здійснюється із застосуванням як пруткових, так і порошкових матеріалів. Однак цей спосіб характеризується виникненням високих зварювальних деформацій і значним тепловкладенням в деталь. Висока вартість витратних матеріалів і підвищена трудомісткість також ускладнюють застосування цього способу.

Процес зміцнення тонкостінних деталей робочих органів ґрунтообробних машин може здійснюватися електроіскровими методами [23]. При цьому запобігають виникненню пропалів і зменшуються термічні деформації в зміцнюючих і відновлюваних деталях за рахунок застосування дуги малої потужності і електроіскрового перенесення присадочного металу. Досягається збільшення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин не менше ніж в 1,4 ... 2 рази в залежності від типу ґрунту, а також зниження вартості і трудомісткості зміцнення деталей плугів за рахунок зниження обсягу присадочного матеріалу в порівнянні з іншими технологіями зміцнення зварювальними методами. Однак спосіб характеризується малою продуктивністю, що ускладнює зміцнення значних площ.

Також використовується двошарова наплавка при зміцнюючому відновленні лемеша [24]. Така технологія перешкоджає утворенню тріщин зносостійкого поверхневого шару і одночасно зменшує схильність виникнення зламів відновленої області. Відносно м'який підшар сприяє утворенню структур, що дозволяють знизити ймовірність утворення тріщин. Зі збільшенням часу термічного впливу, особливо в період охолодження в процесі наплавлення, відбувається зниження залишкових напружень. Завдяки цим прийомам при відновленні променевого зносу в області носка лемеша можливе збільшення ресурсу лемеша з 25 до 35 га у відповідності до технологічних варіантів та умов експлуатації.

При наплавленні струмами високої частоти відбувається розплавлення суміші флюсу і порошку наплавочного сплаву (наприклад, зернистого сормайту), накладеного на наплавляємо поверхню за допомогою підведеного

індуктора, що забезпечує виділення достатньої теплової потужності [22]. Сормайт нагрівається до температури його плавлення (1150°C). Товщина одержуваного шару більше 0,4 мм. Цей спосіб наплавлення характеризується можливістю регулювання глибини загартованого шару, високою продуктивністю, відсутністю зменшенню вмісту вуглецю і окалиноутворенню, а також мінімальним викривленням деталі. Однак застосування цього способу обмежується високою вартістю обладнання.

У разі використання вуглецювання для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин [22] відбувається насичення поверхневого шару вуглецем до отримання структури білого чавуну. При цьому висока твердість і зносостійкість, підвищення меж контактної витривалості і витривалості при вигині при збереженні в'язкої серцевини, можуть бути забезпечені наступним загартуванням. Для реалізації цього способу необхідні складне і дороге устаткування, висококваліфікований персонал, а також дотримання особливих вимог по техніці безпеки.

Питанням збільшення ресурсу деталей плугів, підвищення зносостійкості і довговічності присвячено значну кількість робіт закордонних вчених з Чехії, Німеччини, Хорватії, Китаю і ін. [25]. Фірма «Лінд» (США) для забезпечення захисту від зносу робочих органів при роботі у високо абразивному середовищі пропонує покриття «Wear-TUFF» [25]. Нанесення покриття проводиться розпиленням або шляхом обливання з подальшою температурною обробкою. Термін служби виробу може збільшуватися до двох-трьох разів. Твердість покриття становить HRC 56-60. Також ця фірма використовує зносостійкі накладки і пластини для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин. Накладки виготовляються нанесенням зносостійкого покриття «Wear-TUFF» з твердістю до HRC 60 на відносно м'які поверхні зі сталі. Для кріплення пластин використовуються болтові з'єднання.

Угорська фірма «Innoweld» пропонує використання технології зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин із застосуванням твердого сплаву сімейства «Елкефем» на основі індукційного нагріву [24].

Відзначається, що технологія дозволяє збільшити термін служби робочих органів ґрунтообробних машин в 3,5-4 рази.

На підставі вищевикладеного можна зробити висновок, що основними способами зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин є ручна дугова і газова наплавка, наплавка струмами високої частоти, коксування, постановка твердосплавних пластин (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Основні способи зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин

Назва та схема способу	Характеристика способу	Недоліки способу
1. Ручна дугова наплавка (не перекриваючими валиками; суцільна наплавка)	Електроди: Т-590, Т-620. Збільшує зносостійкість в 1,5-2 рази	Пропал кромки, викривлення, велика зона термічного впливу, непридатний при зносі на передній частині деталі, висока ймовірність викривлення і зниження міцності. Висока вартість матеріалів
2. Газова наплавка (порошковими матеріалами; прутковими матеріалами)	Матеріали: ПГСР-3, ПГСР-4, сормайт. Збільшує зносостійкість в 1,5-2 рази	Значні тепловкладення, високі зварювальні деформації. Висока вартість витратних матеріалів, підвищена трудомісткість. Обмеження отримання зносостійких шарів, розбризкування металу
3. Наплавка СВЧ	Регульована глибина загартованого шару, висока продуктивність, відсутність зменшення вмісту вуглецю і окалиноутворенню, мінімальне викривлення	Висока вартість обладнання
4. Вуглецювання	Висока твердість і зносостійкість, підвищення меж контактної витривалості і витривалості при вигині при збереженні в'язкої серцевини	Необхідність подальшого гартування, складне і дороге обладнання, висококваліфікований персонал, складні вимоги по ТБ
5. Постановка металокерамічних пластин (пайка, склеювання, механічне з'єднання)	Підвищує зносостійкість і ресурс, в умовах суглинних ґрунтів, в 4,6-5,0 рази в порівнянні з серійними (не зміцненими) лемешами.	Не рекомендується використовувати для обробки кам'янистих ґрунтів, висока ймовірність відриву пластин при роботі.

З огляду на складну конфігурацію відвалів і значну площу робочих поверхонь, найбільш легко реалізованим і низько витратним способом зміцнення є застосування різних видів дугового наплавлення. Однак, як зазначалося вище через малу товщину відвалів (5 ... 8 мм), дугова наплавка може викликати їх значне нагрівання, викривлення, формування великих зон відпускання. Наплавлення кромки затруднене їх пропалом. Тому доцільна розробка технології наплавлення, яка дозволить усунути ці недоліки.

Слід також зазначити, що в даний час практично відсутні науково-обґрунтовані методики визначення зон зміцнення відвалів плугів, з метою підвищення рівномірності їх зношування.

1.4. Технологічні можливості вібродугового наплавлення

Для зміцнення відвалів плугів доцільно застосовувати спосіб наплавлення з мінімальним тепловкладенням в основний метал [12, 15]. Одним з таких способів є вібродугове наплавлення в струменях води [24,25].

Процес вібродугового наплавлення відрізняється від інших способів механізованого наплавлення тим [26], що торець присадного дроту здійснює коливальний рух в площині, що розташовується перпендикулярно наплавлюваної поверхні, а також охолодженням наплавленого шару.

Коливання дроту істотно впливає на весь хід процесу і якість наплавленого металу. Через вібрації дроту процес являє собою чергування дуже коротких циклів, що складаються з розриву ланцюга, холостого ходу і короткого замикання (рис. 1.6).

При короткому замиканні струм від майже нульового значення швидко збільшується до максимального, а напруга, навпаки, падає до нуля. У міру відведення мундштука від поверхні деталі напіврозплавлений переріз кінця дроту зменшується, а електричний опір зростає. У момент розриву напруга і щільність струму досягає високих значень, і після розриву дроту в нинішньому проміжку виникає короткочасний електричний розряд.

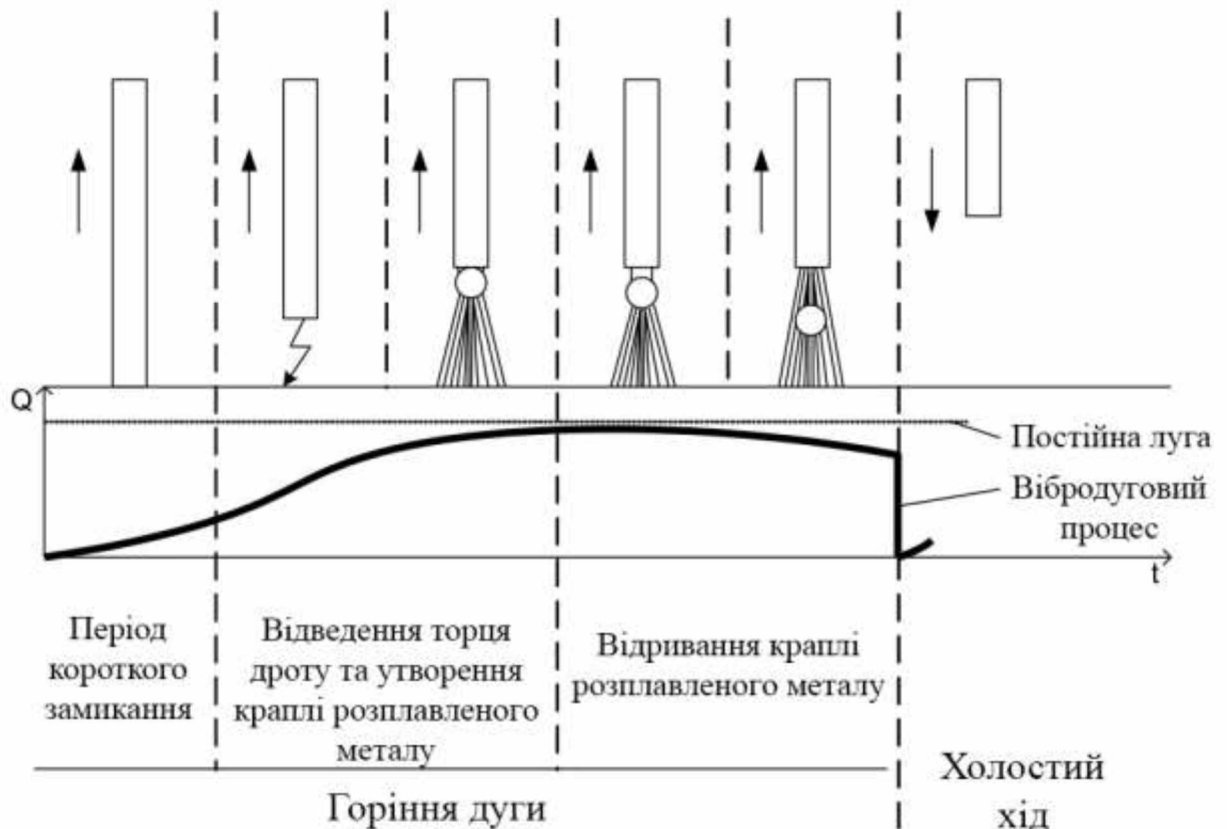


Рис. 1.6 – Схема руху дроту при вібродуговому наплавленні

Новоутворена дуга оплавляє залишений на поверхні деталі метал дроту, краплі металу розплавленого кінця дроту також переходять в наплавлений шов. При подальшому збільшенні відстані між деталлю і дротом дуга гасне, настає період холостого ходу, потім цикл повторюється.

Часта вібрація електроду (50-100 раз в секунду) викликає настільки ж часте збудження дугових розрядів, що сприяє стійкості процесу і переносу електродного металу невеликими порціями. Величина амплітуди вібрації електродного дроту і кут її підведення до деталі впливають на величину міжелектродного проміжку. Зі збільшенням проміжку напруга зростає і інтенсивність плавлення металу збільшується.

Через розрив дуги при реалізації процесу вібродугового наплавлення відбувається дрібнокрапельний перехід металу від дроту до деталі, зварювальна ванна утворюється з мінімально можливими розмірами, що дозволяє отримати досить гарне сплавлення присадного металу з основним,

невеликий нагрів деталі і малу глибину термічного впливу [27]. Крім того, при вібродуговому наплавленні різко зменшується вигоряння легуючих елементів електродного дроту. Вібродугове наплавлення дозволяє отримати відносно тонкі і міцні покриття (товщиною 0,8-2,5 мм).

В даний час застосовується, в основному, автоматичне вібродугове наплавлення [28]. Принципова схема установки для вібродугового наплавлення складається з наплавочної головки, джерела живлення, додаткової індуктивності (дроселя), системи подачі охолоджуючої рідини [28].

На супорт токарного верстата встановлюється наплавочна головка і одночасно з ним переміщується вздовж деталі, а в центри верстата встановлюється і приводиться в обертання наплавлювана деталь [22].

Установка для вібродугового наплавлення також має резервуар для охолоджуючої рідини (найчастіше використовується 3-5%-ний розчин кальцінованої соди у воді), а також насос для подачі охолоджуючої рідини.

Охолоджуюча рідина подається двома потоками: невелика кількість рідини (до 0,3 л/хв.) направляється безпосередньо в зону горіння дуги, що сприяє охолодженню мундштука наконечника, решта рідини (2-2,5 л/хв.) подається на деякому віддаленні від зони горіння безпосередньо на наплавлений шар.

За рахунок інтенсивного охолодження в наплавленому металі і зоні термічного впливу виникають напруження розтягу, що може призводити до утворення тріщин. Це є причиною зниження втомної міцності деталей. Однак якість наплавленого шару залежить від режиму наплавлення і матеріалу електродного дроту.

Таким чином, застосування процесу вібродугового наплавлення представляється можливим для зміцнення відвалів плугів. Однак, через складну геометрії відвалів механізувати процес наплавлення важко.

Висновки, мета і задачі дослідження

1. Аналіз можливих технологій зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин таких як лемеші, долота, культиватори та ін. показав, що основними способами зміцнення є ручна дугова і газова наплавка, наплавка СВЧ, коксування, постановка твердосплавних пластин. Однак питання зміцнення відвалів дуговим наплавленням є недостатньо дослідженим.

2. У зв'язку з нерівномірністю зношування робочих поверхонь відвалів як критерій технічної оптимальності застосовуваної технології зміцнення доцільно прийняти забезпечення рівної зносостійкості всієї робочої поверхні відвалу. Такий підхід дозволяє, з одного боку, мінімізувати площу зон, що піддаються зміцненню, а з іншого боку, виключити додаткові витрати на формування зміцнених шарів з надлишковою зносостійкістю. Однак, методики визначення зон зміцнення робочих поверхонь відвалів плугів відсутні.

3. З огляду на складну конфігурацію відвалів, найбільш прийнятним способом зміцнення представляється дугова наплавка не перекриваючими валиками. Однак, широко застосовувана ручна дугова наплавка через малу товщину відвалів (5 ... 8 мм), викликає їх значне нагрівання, викривлення, формування великих зон відпущення. Наплавлення кромки утруднене їх пропалом. Для зміцнення відвалів плугів доцільно застосовувати вібродугову наплавку, як спосіб з мінімальним тепловкладенням в основний метал.

Метою дослідження є підвищення ефективності поверхневого зміцнення відвалів плугів шляхом напівавтоматичного вібродугового наплавлення найбільш навантажених зон і підвищення рівномірності зношування робочої поверхні відвалу.

Відповідно до мети досліджень передбачено вирішення таких задач:

– розробити методику визначення зон робочої поверхні відвалу, що потребують зміцнення;

- дослідити вплив режимів напівавтоматичного вібродугового наплавлення на формування валиків наплавленого металу;
- дослідити вплив схеми накладення валиків на зносостійкість відвалів плугів;
- розробити технологічні рекомендації по зміцненню відвалів плугів напівавтоматичним вібродуговим наплавленням, результати досліджень довести до практичного застосування.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика проведення досліджень

Дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення проводяться для перевірки можливості ведення вібродугового процесу в напівавтоматичному режимі, а також для вибору присадочного матеріалу і режимів процесу зміцнення поверхонь плужних відвалів.

В результаті дослідів планується перевірити і уточнити конструктивні і кінематичні параметри розробленого експериментального пристрою, що забезпечують можливість ведення напівавтоматичного процесу.

На першому етапі необхідно досліджувати стабільність формування валика наплавленого металу в умовах ручного переміщення зварювального пальника при різних амплітудах коливань присадного дроту. Для цього необхідно визначити амплітуду коливань присадного дроту, при якій не буде спостерігатися відскакування зварювального пальника від наплавленої поверхні. Виходячи з умови забезпечення прямолінійності переміщення зварювального пальника, експериментальне дослідження допустимої амплітуди вібрації присадного дроту проводиться з використанням дроту 65Г діаметром 1,6 мм. Зварювальна дуга не запалюється. Траєкторія переміщення зварювального пальника фіксується по слідах ударного впливу торця дроту на поверхню обпирання. Задовільною траєкторію переміщення зварювального пальника можна вважати в разі формування суцільної лінії відбитків без розривів і одиничних відскоків.

Далі необхідно провести дослід з визначення значень швидкості переміщення зварювального пальника і швидкості наплавлення в ручному режимі, що забезпечують стабільність горіння дуги і формування валика наплавленого металу. Для проведення експериментальних досліджень присадочним дротом також служить дріт 65Г діаметром 1,6 мм. У зону

наплавлення подається охолоджуюча рідина (розчин гліцерину в воді). Для підвищення стабільності горіння дуги і зниження розбрикування в зварювальний ланцюг включається зварювальний дросель. Середня швидкість наплавлення прийнята 39 м/год. Реальна швидкість переміщення зварювального пальника зварювальником визначається на підставі аналізу відеозйомки процесу наплавлення на цифрову камеру.

Як раціонального режиму напівавтоматичного вібродугового наплавлення приймаються значення, при яких забезпечена прямолінійність валика наплавленого металу і стабільність формування шва.

Для контролю геометричних параметрів швів необхідно провести наплавку точок і валиків на вирізаних з відвалу плуга зразках. Необхідно виміряти діаметри точок і довжини і ширини валиків наплавленого металу. Твердість зміцнених поверхонь деталей визначається за методом Роквела на приладі ТК-2 відповідно до вимог ГОСТ 9013-59. Мікротвердість зразків, вирізаних з відвалу, вимірюється на приладі ПМТ- 3 (ГОСТ 9450-76) при навантаженні на індентор 1Н. Результати вимірювань обробляються за допомогою програми «Microsoft Excel».

З метою подальшої розробки технологічних схем наплавлення необхідно виконати дослідження зносів деталей плугів, уточнити зони переважного зношування, що вимагають переважного зміцнення.

Для вимірювання товщини відвалу плуга в зношених місцях пропонується використовувати розроблене пристосування (рис. 2.1), яке складається з наступних основних деталей: верхнього куточка 1, проміжного профілю 2, нижнього профілю 3, затискача 4, мікрометра 5, фіксуєчого болта 6 і кутика 7.

Пристрій являє собою зварену конструкцію. Верхній куточок приварений до проміжного профілю, в свою чергу привареного до опорного нижнього профілю. На вільному кінці куточка приварений затискач 4, в який вставлений мікрометр 5, що фіксується болтом 6. Для максимально точного вимірювання товщини зносу відвалів плугів в зношених місцях на нижній

профіль приварений куточок 7, на який спирається поверхня відвалу при вимірах.

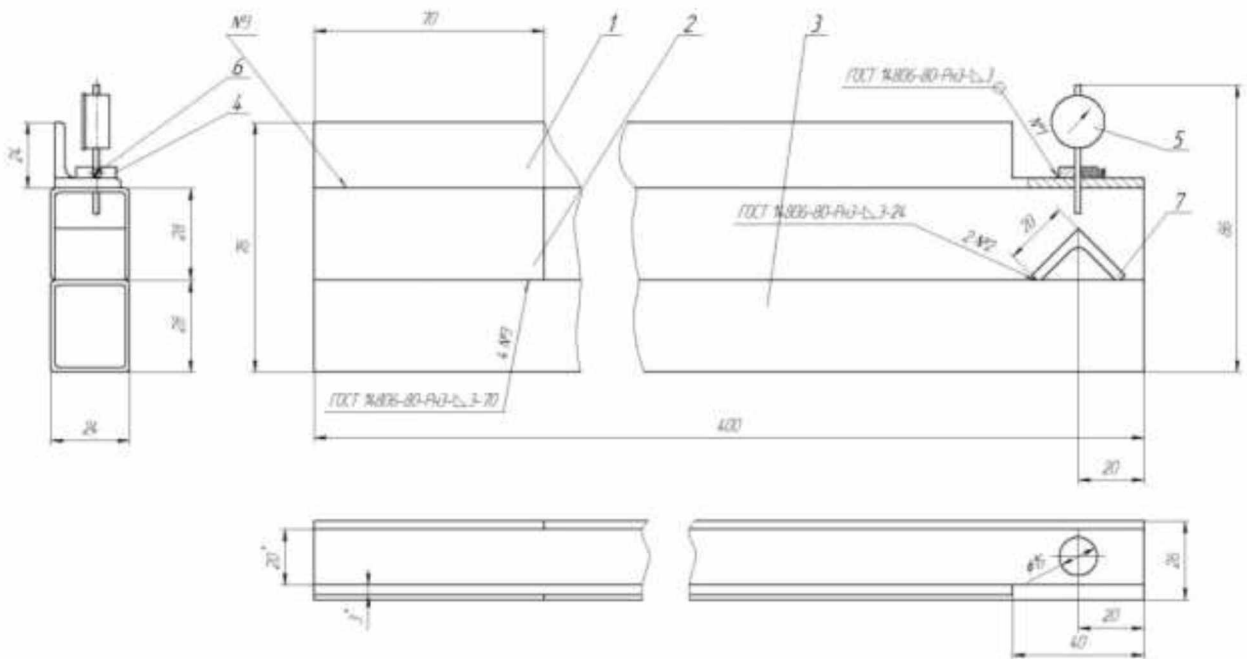


Рис. 2.1 – Креслення пристосування для вимірювання зносу

Пристосування працює наступним чином: попередньо очищений від бруду, пилу, рослинних залишків відвал оглядається, візуально визначаються найбільш зношений ділянку відвалу. Цю ділянку розмічають і розлініюють. На пристосуванні відтягують шток мікрометра і вставляють тіло відвалу між верхнім куточком і нижньою опорою пристрою. Виставляють показання мікрометра на нуль. Далі, встановлюючи шток мікрометра в отриманих точках, заміряють товщину найбільш зношених ділянок відвалу плуга.

Для вивчення зміни геометрії відвалів в процесі експлуатації і розробки схем зміцнюючого наплавлення були проведені заміри товщини у 14 відвалів плугів Gregoire Besson розробленим пристосуванням по попередній розмітці. Для визначення величини зносу визначали різницю між вихідною товщиною відвалу і товщиною після експлуатації. Для вимірювання були обрані відвали після напрацювання 100 ... 200 га після оранки на дерново-підзолистих легко- і середньо суглинистих ґрунтах.

Вимірювання товщини проводилося (рис. 2.2) по семи горизонтальних лініях (I-VII), розташованих на відстані 30 мм і в трьох – на відстані 60 мм

один від одного. На грудях відвалу вимірювання проводилися на відстані 30 мм одна від одної, а на крилі і робочій поверхні відвалу – на відстані 60 мм один від одного.

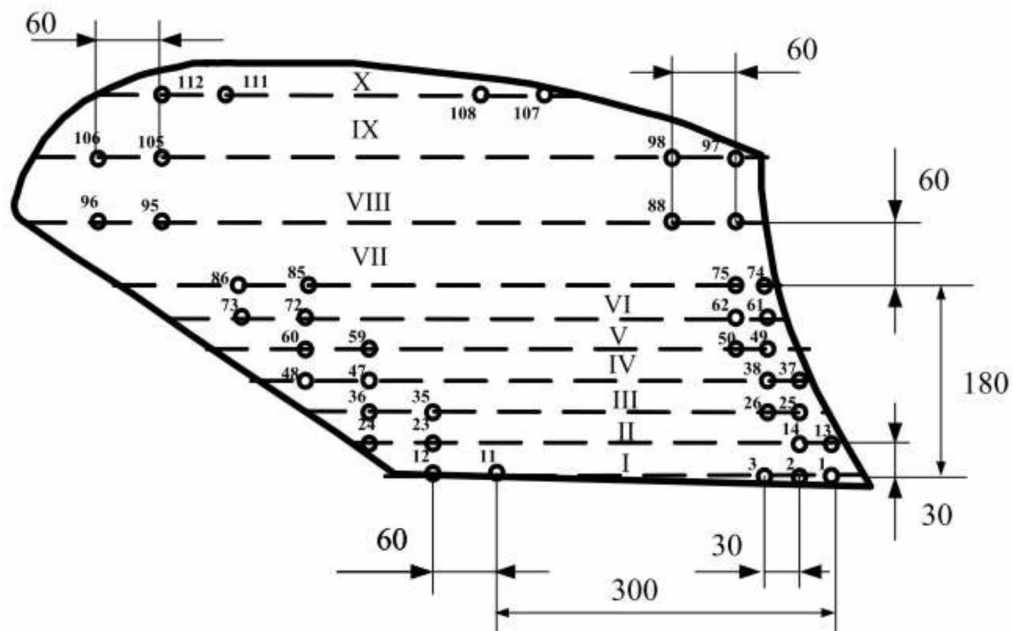


Рис. 2.2 – Схема вимірювання товщини відвалу

Для визначення областей зміцнення за результатами проведення вимірювань товщини відвалів потрібно визначити коефіцієнти локальної інтенсивності зношування поверхні відвалу і області.

Для цього необхідно визначити I_{cp} середню величину зносу в точках вимірювань за виразом:

$$I_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N}, \quad (2.1)$$

де N – кількість точок вимірювань.

Коефіцієнт локальної інтенсивності зношування визначається за виразом:

$$k_u = \frac{I_i}{I_{cp}}, \quad (2.2)$$

де I_i – знос відвалу i -тої точки вимірювань; I_{cp} – середній знос усієї поверхні відвалу.

Областями зміцнення відвалу будуть ті частини поверхні, в яких коефіцієнт локальної зношування буде перевищувати 1.

З метою розробки технологій зміцнення, що забезпечують підвищення рівномірності зношування відвалів плугів вважаємо за доцільне виділити наступні області, в яких коефіцієнт локальної інтенсивності зношування буде перебувати в межах: область I – 2,00 і більше, область II – від 1,50 до 2,00, область III – від 1,00 до 1,50 і область IV – менше 1,00.

Для проведення досліджень зносостійкості зміцнених відвалів необхідно визначити технологічні схеми наплавлення в залежності від отриманих коефіцієнтів локальної інтенсивності зношування.

Виходячи з виразу середньої зносостійкості:

$$I_{cp} = \frac{S_n}{S}(k_n H_n - k_p H_p) + \frac{S_p}{S}(k_p H_p - k_o H_o) + k_o H_o, \quad (2.3)$$

і для того, щоб середня зносостійкість зміцненої точковою технікою поверхні площею S була в n разів вище зносостійкості поверхні нової деталі тієї ж площі, необхідно, щоб виконувалася наступна рівність:

$$I_{cp} = nk_o H_o. \quad (2.4)$$

Прирівнявши (2.3) і (2.4) одержимо:

$$nk_o H_o = \frac{S_n}{S}(k_n H_n - k_p H_p) + \frac{S_p}{S}(k_p H_p - k_o H_o) + k_o H_o. \quad (2.5)$$

Беручи частку наплавленої поверхні як відношення площі наплавлення до загальної площі поверхні відвалу:

$$\bar{S} = \frac{S_n}{S}. \quad (2.6)$$

Після перетворень з урахуванням виразу для визначення площі наплавленої точки і прийнявши допущення про пропорційність між наплавленою і розміщеною поверхнею, $S_p = \xi S_n$, де ξ – коефіцієнт пропорційності отримуємо:

$$\bar{S} = \frac{k_o H_o (n-1)}{(k_n H_n - k_p H_p) + \xi (k_p H_p - k_o H_o)}. \quad (2.7)$$

Приймаємо твердість основного металу наплавлюваної деталі $H_o = 50$ HRC; твердість наплавлюваного металу H_n дорівнює HRC 60, твердість розміщеного металу H_p становить HRC 40 і $k_o = 0,6$, $k_n = 1,8$, $k_p = 0,5$ – коефіцієнт, що характеризує лінійну зміну величини зносу в часі основного, напавленого і розміщеного металу відповідно. Результати розрахунку по залежності (2.7) показали, що для підвищення зносостійкості зміцненої поверхні площею S в 1,5 рази вище зносостійкості поверхні нової деталі тієї ж площі необхідно напавити не менше 18% площі, для підвищення в 1,8 разів потрібно напавити не менше 28 % площі, а в 2 рази – не менше 35% від загальної площі поверхні. Такі значення площі зміцненої напавленням поверхні можуть бути забезпечені як постановкою точок напавленого металу, так і нанесенням неперекриваючих валиків. При коефіцієнті локальної інтенсивності зношування $k_u \geq 2$ і частці зміцненої поверхні області не менше 35% від загальної площі поверхні відвалу рекомендується використовувати напавку валиками. При коефіцієнті локальної інтенсивності зношування $1,5 \leq k_u < 2$ частка зміцненої поверхні повинна становити не менше 28% від загальної площі поверхні відвалу рекомендується використовувати точкову напавку. При коефіцієнті локальної інтенсивності зношування $1 \leq k_u < 1,5$ частка зміцненої поверхні повинна становити не менше 17% від загальної площі поверхні відвалу рекомендується використовувати точкову напавку.

Технологічні схеми напавлення, що задовольняють умовам частки зміцненої поверхні по відношенню до всієї поверхні області відвалу представлені на рис. 2.3.

Таким чином, максимальна кількість точок N_{max} діаметром d_m і з зоною розміщення d_p , яку можна розмістити на зміцнюючій поверхні дорівнює:

$$N_{max} = \frac{4S}{\pi d_p^2}. \quad (2.8)$$

Отримане значення необхідно округлити до найближчого цілого числа в меншу сторону.

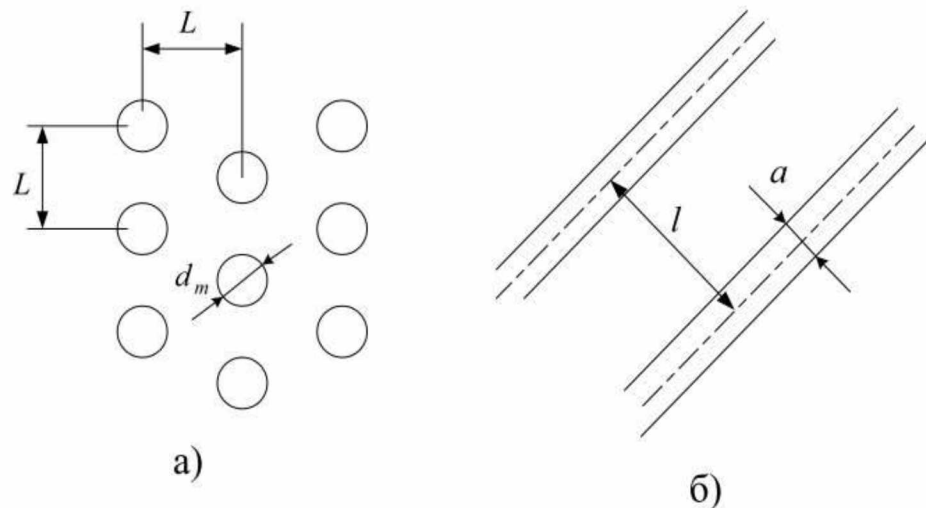


Рис. 2.3 – Схеми накладення: а) точок наплавленого металу, б) валиків наплавленого металу

Відстань L між центрами наплавлених точок:

$$L_1 = \frac{((S - d_p^2) / d_p)}{N - 1}. \quad (2.9)$$

При накладенні валиків загальна довжина шва складе:

$$S_n = a \cdot b. \quad (2.10)$$

Відстань між валиками l має забезпечити не перекривання зон розміщення.

2.2. Методика розрахунку режимів вібродугового наплавлення відвалів плугів

Режим вібродугового наплавлення визначається електричними і механічними параметрами [29]. До електричних параметрів відносять напругу і силу зварювального струму, полярність струму, індуктивність зварювального кола. Механічними параметрами є: швидкість наплавлення, швидкість подачі дроту, крок наплавлення, амплітуда вібрації і величина вильоту дроту. Якість одержуваних при вібродуговому наплавленні

покривтів визначається правильним призначенням електричних і механічних параметрів.

Марка присадного дроту вибирається в залежності від необхідних властивостей наплавленого шару: твердості, зносостійкості і умов роботи деталі [22].

Вибираємо марку присадного дроту Нп-65Г ГОСТ 10543-98. Наплавочний дріт 65Г легований з типовим хімічним складом наплавленого металу: С – 0,60...0,71%, Мп – 0,90...1,2%, Si – 0,17...0,37%, Cr – не більше 0,30%, Ni – не більше 0,30%. Типова твердість наплавленого металу НВ 230-310. Забезпечує отримання наплавленого металу з високою зносостійкістю.

Діаметр електродного дроту визначається виходячи з величини типу зварного з'єднання і положення шва в просторі і товщини шару, що наноситься на поверхню матеріалу (покривтя):

$$h = h_{TP} + z_1 + z_2, \quad (2.11)$$

де h_{TP} – необхідна товщина покривтя, мм; z_1 – припуск на обробку перед покривтям, мм (орієнтовно 0,05 мм); z_2 – припуск на механічну обробку після нанесення покривтя, мм (подальша обробка не потрібна);

$$h = 2 + 0,05 + 0 - 2,05 \text{ мм}.$$

Діаметр присадного дроту $d_{np} = 1,6$ мм.

Ширина наплавленого шару:

$$b = 2 \cdot d_{np}, \quad (2.12)$$

$$b = 2 \cdot 1,6 = 3,2 \text{ мм}.$$

Основними параметрами режимів механізованих способів наплавлення, є сила струму (I , А), швидкість подачі електродного дроту (V_{np} , м/хв.), швидкість наплавлення (V_n , м/хв.) і крок наплавлення (S , мм/об).

Силу зварювального струму можна визначити, використовуючи залежності щільності струму D_I і коефіцієнта наплавлення α_n від обраного діаметра електрода [29]. За даними $D_I = 55...75$ А/мм². У подальших розрахунках приймемо $D_I = 55...70$ А/мм².

Сила струму наплавлення (I_H , А) визначається наближено за формулою [29]:

$$I_H = \frac{\pi}{4} \cdot d_{np}^2 \cdot D_1, \quad (2.13)$$

$$I_H = \frac{\pi}{4} \cdot 1,6^2 \cdot 70 = 140,67 \text{ А.}$$

Силу струму наплавлення приймаємо 140А. Наплавлення ведеться на постійному струмі зворотної полярності. Напряга дуги визначається в залежності від сили струму наплавлення і становить від 14 до 20В. Приймаємо $U_D = 20\text{В}$.

Швидкість подачі електродного дроту, м/год., складе [29]:

$$V_{np} = \frac{0,1 \cdot I_H \cdot U}{d_{np}^2}, \quad (2.14)$$

$$V_{np} = \frac{0,1 \cdot 140 \cdot 20}{1,6^2} = 109,38 \text{ м/год.}$$

У роботах [22,28] швидкість подачі V_{np} визначається за формулою:

$$V_{np} = \frac{4\alpha_p \cdot I_H}{\pi d_{np}^2 \cdot \rho}, \quad (2.15)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення дроту, г/А·год.; d_{np} – діаметр електродного дроту, мм; ρ – щільність наплавленого металу (для сталі $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$).

Значення α_p розраховується за формулою:

$$\alpha_p = 2 + \sqrt{\frac{I_{ce}}{d_{np}}}, \quad (2.16)$$

$$\alpha_p = 2 + \sqrt{\frac{140}{1,6}} = 11,35 \text{ г/А·год.}$$

$$V_{np} = \frac{4 \cdot 11,35 \cdot 140}{\pi \cdot 1,6^2 \cdot 7,85} = 100,73 \text{ м/год.}$$

Таким чином, розрахунки за формулами (2.14) і (2.15) практично збіглися. Приймаємо $V_{np} = 100 \text{ м/год.}$

Подача або крок наплавлення S визначається орієнтовно як $S = (1,2 \dots 2,0) \cdot d_{np}$, $S = 2 \cdot d_{np} = 2 \cdot 1,6 = 3,2$ мм.

Швидкість наплавлення складе [29]:

$$V_n = \frac{\pi \cdot d_{np} \cdot V_{np} \cdot \eta}{4 \cdot h \cdot S \cdot k}, \quad (2.17)$$

де η – коефіцієнт використання електродного металу, $\eta = 0,8 \dots 0,9$; a – коефіцієнт, що враховує відхилення фактичної площі перерізу наплавленого валку від площі прямокутника, $a = 0,7 \dots 0,85$.

$$V_n = \frac{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 100 \cdot 0,9}{4 \cdot 2,05 \cdot 3,2 \cdot 0,7} = 39,38 \text{ м/год.}$$

Об'єм наплавленого металу, см^3 :

$$Q_{HM} = F_n \cdot h, \quad (2.18)$$

де F_n – площі наплавленої поверхні, см^2 ; h – висота наплавленого шару, см .

Для валика, наплавленого вздовж кромки відвалу:

$$Q_{HM} = 63 \cdot 0,5 \cdot 0,3 = 9,45 \text{ см}^3.$$

Маса розплавленого металу, г:

$$G_n = Q_{HM} \cdot \rho, \quad (2.19)$$

$$G_n = 9,45 \cdot 7,85 = 74,18 \text{ г.}$$

Маса витраченого зварювального дроту, визначається за формулою:

$$G_{np} = G_n (1 + \psi), \quad (2.20)$$

де ψ – коефіцієнт втрат на чад і розбризування $\psi = 0,08 \dots 0,12$ [15];
приймаємо $\psi = 0,1$.

$$G_{np} = 74,18(1 + 0,1) = 81,6 \text{ г.}$$

Це складає 5,17 м.

Для розрахунку точкового наплавлення приймаємо, що максимальна кількість точок $N = 104$ шт.

Обсяг наплавленого металу складе:

$$Q_{HM} = N \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi R_T^3, \quad (2.21)$$

$$Q_{HM} = 104 \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 0,4^3 = 13,93 \text{ см}^3.$$

Маса розплавленого металу по формулі (2.19) складе:

$$G_n = 13,93 \cdot 7,85 = 109,35 \text{ г.}$$

Маса витраченого зварювального дроту визначимо за формулою (2.20):

$$G_{np} = 109,35(1 + 0,1) = 120,30 \text{ г.}$$

Тоді довжина дроту в цьому випадку складе 7,62 м.

Таким чином, максимальна витрата присадного дроту на зміцнення точками і валиками областей, в яких коефіцієнт інтенсивності зношування перевищує одиницю, складе 12,8 м.

Висновки

1. Розроблено методику досліджень процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення з оцінкою інтенсивності зношування відвалів за різними варіантами наплавлення поверхні.
2. Визначено основні параметри схем накладення зварювальних швів і точок з метою вирівнювання зносостійкості всієї робочої поверхні відвалу плуга.
3. Виконано попередній розрахунок основних параметрів режиму процесу вібродугового наплавлення.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Забезпечення рівної зносостійкості поверхні відвалів плугів

В процесі експлуатації плуга зношення відвалу відповідає кривій (рис. 3.1), що характеризує процес абразивного зносу [23]. При цьому вид зносу за характерною відмінністю полягає у відсутності періоду припрацювання та наявності двох періодів: процесу сталого зносу та аварійного зносу. На етапі сталого зносу (при роботі в звичайних умовах експлуатації) швидкість зміни зносу практично постійна, знос деталей змінюється лінійно зі зміною часу. Таким чином, в період сталого зношення зноси пропорційні і коефіцієнт локальної інтенсивності зносу також будуть пропорційні напрацюванню. Після закінчення періоду нормальної роботи через зношування та видалення ущільненого шару деталей настає більш інтенсивне аварійне зношення.



Рис. 3.1 – Крива абразивного зношування

Через нерівномірне зношування поверхні відвалу плуга, критерієм оптимальності застосовуваної технології зміцнення може служити забезпечення рівного зносостійкості всієї його робочої поверхні [14, 15, 29].

Таким чином можливо мінімізувати площу областей, що піддаються зміцненню, а отже і додаткового термічного і механічного впливу, і одночасно виключити додаткові витрати на формування надмірно-зміцнених зон.

Визначення зон зміцнення пропонується виконувати [30] на основі вимірів зносів бувшого в експлуатації відвалу. Коефіцієнт локальної інтенсивності зношування визначається за виразом:

$$k_u = \frac{I_i}{I_{cp}}, \quad (3.1)$$

де I_i – знос відвалу i -тої точки вимірювань; I_{cp} – середній знос усієї поверхні відвалу.

Значення I_{cp} запропоновано розраховувати за виразом:

$$I_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N}, \quad (3.2)$$

де N – кількість точок вимірювань.

Фізичний зміст запропонованого коефіцієнта полягає в тому, що з метою забезпечення рівної зносостійкості всієї деталі зміцнювати слід зони, для яких $k_u > 1$, тобто інтенсивність зношування перевищує середню.

При цьому в залежності від значень k_u можуть застосовуватися різні схеми наплавлення, відповідні необхідному підвищенню зносостійкості в даних зонах.

Важливими показниками, що характеризують обсяг наплавлення і зносостійкість зміцнених деталей, є висота валиків наплавленого металу і твердість наплавленого шару. Правильний вибір цих параметрів дозволить отримати оптимальне співвідношення між вартістю зміцнення і ресурсом зміцнюваних деталей [30].

Для вибору даних параметрів в залежності від прогнозованої зносостійкості пропонується наступна методика розрахунку. Відомо, що зносостійкість I для конструкційних сталей є функцією твердості H

зношуваного матеріалу, і в першому наближенні її можна уявити лінійною функцією [23]:

$$I = kH, \quad (3.3)$$

де k – постійний коефіцієнт.

З іншого боку, зносостійкість можна визначити як відношення інтервалу часу t до величини зносу Δ деталі за цей інтервал:

$$I = \frac{t}{\Delta}. \quad (3.4)$$

Прирівнявши вирази (3.3) і (3.4), отримуємо, що напрацювання до досягнення деталлю граничного значення зносу, можна визначити як:

$$t_{np} = kH\Delta_{np}. \quad (3.5)$$

Для забезпечення рівного ресурсу нової не зміцненої деталі товщиною δ з допустимим зносом Δ_0 , твердістю H_0 і деталі, наплавленої зносостійким валиком висотою δ_n і твердістю H_n , має дотримуватися таких умов:

$$k_n H_n \delta_n + k_p H_p \Delta_0 \geq k_0 H_0 \Delta_0, \quad (3.6)$$

де H_p – твердість шару загартованого металу деталі, що піддається розміцнюючому термічному впливу процесу наплавлення, k_n , k_p , k_0 – постійні коефіцієнти для наплавленого, розміцненого і вихідного основного металу.

Умова (3.6) справедлива, якщо товщина δ_p розміцнення зони основного металу дорівнює або перевищує допустиму величину зносу Δ_0 основного металу. Якщо $\delta_p < \Delta_0$ (рис. 3.2), то нерівність (3.6) буде мати наступний вигляд:

$$k_n H_n \delta_n + k_0 H_0 \delta_{осн} \geq k_0 H_0 \Delta_0, \quad (3.7)$$

де $\delta_{осн} = \Delta_0 - \delta_p$.

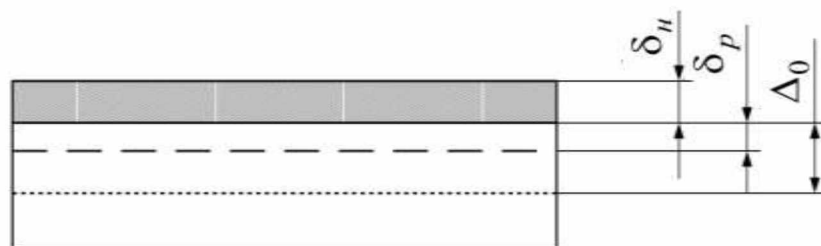


Рис. 3.2 – Схема для розрахунку параметрів наплавляемого валика металу

У разі, коли твердість зносостійкого наплавленого шару перевищує твердість основного і розміщення металу не більше ніж на HRC 10-15, можна прийняти допущення: $k_n = k_0 = k_p$. З урахуванням цього припущення нерівність (3.7) після перетворень можна представити так:

$$H_n \delta_n \geq H_0 (\Delta_0 - \delta_{осн}) - H_p \delta_p. \quad (3.8)$$

У разі, якщо товщина δ_p розміщеної зони основного металу дорівнює або перевищує допустиму величину зносу Δ_0 основного металу, нерівність (3.6) з урахуванням прийнятого допущення можна привести до виду:

$$H_n \delta_n \geq \Delta_0 (H_0 - H_p). \quad (3.9)$$

Вирази (3.8) і (3.9) були отримані, виходячи з умови рівних ресурсів нового і зміцненого відвалу. На практиці ж потрібно, щоб технологія зміцнення була економічно виправдана більш високим ресурсом, наприклад, в n разів, зміцнених деталей в порівнянні з новими. Для цього праві частини нерівностей (3.6) і (3.7) помножимо на n і після перетворень отримаємо:

$$H_n \delta_n = nH_0 [\Delta_0 - (\delta_{осн} / n)] - H_p \delta_p, \quad (3.10)$$

$$H_n \delta_n = n\Delta_0 [H_0 - (H_p / n)], \quad (3.11)$$

де $n > 1$ – коефіцієнт збільшення ресурсу зміцненого відвалу в порівнянні з новим.

Отримані рівняння дозволяють приблизно оцінити висоту валика наплавленого металу. У розрахунках прийнято, що твердість основного металу становить HRC 50 [30], твердість наплавленого металу HRC 60 тоді, вважаючи $n = 1,5 \dots 2,0$ і з урахуванням того, що ширина розміщеної зони основного металу відвалу залежить від техніки і режимів наплавлення, в середньому, її значення знаходяться в діапазоні 1,5-3 мм, отримуємо, що висота валика повинна становити 2...3 мм.

3.2. Вибір параметрів накладення точок наплавленого металу

Внаслідок термічного впливу при нанесенні точок з високовуглецевого присадочного металу (твердістю HRC 60) основний метал деталі в околицях точок розміщується на 8-10 одиниць за шкалою твердості Роквела [22]. Для визначення кількості точок наплавленого металу, яке слід наносити на зміцнюючу поверхню і якого діаметру повинні бути ці точки, щоб зони розміщення істотно не впливали на загальну зносостійкість зміцнюючих деталей плуга, була складена наступна розрахункова модель.

Припустимо, що є якась зміцнена точковою технікою робоча поверхня деталі площею S , на яку нанесено N точок наплавленого металу діаметром d_m . Розміщені зони мають форму кільця, що розташовуються навколо нанесених точок. Будемо вважати, що внутрішній діаметр кільця дорівнює d_m , а зовнішній – d_p . Звідси, площа наплавленого металу S_n в загальній площі зміцненої поверхні дорівнює:

$$S_n = N \frac{\pi d_m^2}{4}. \quad (3.12)$$

Площа розміщеної поверхні дорівнює:

$$S_p = N \frac{\pi(d_p^2 - d_m^2)}{4}. \quad (3.13)$$

Площі основного металу, що не піддавалася розміщенню, дорівнює:

$$S_o = S - S_n - S_p. \quad (3.14)$$

Тонкостінні деталі відвалів корпусів плугів товщиною до 8 мм необхідно, щоб уникнути пропалів і термічних деформацій зміцнювати з використанням невеликих зварювальних струмів. Досвід застосування точкової техніки наплавлення показує, що при зварювальному струмі 120-140 А за час 1-1,2 с обсяг наплавленого металу приймає напівсферичну форму діаметром 6-8 мм [21]. При більшому часу горіння дуги обсяг приймає форму сферичної краплі. Така форма небажана, оскільки збільшує ймовірність відриву обсягу наплавленого металу від основного в процесі

використання деталі. Таким чином, оптимальним діаметром точок наплавленого металу для тонкостінних деталей є діаметр 6...8 мм.

Розрахуємо кількість точок, яке повинно бути нанесено на зміцнюючу поверхню деталі площею S , щоб її зносостійкість збільшилася в n раз.

Вихідними даними для розрахунку приймемо такі величини: діаметр наплавляємої точки $d_m = 8$ мм; твердість основного металу наплавлюваної деталі – $H_o = \text{HRC } 50$; твердість розміщеного металу $H_p = \text{HRC } 40$; твердість наплавляемого металу $H_n = \text{HRC } 60$; $k_n = 1,8$ – коефіцієнт, що характеризує лінійну зміну величини зносу в часі наплавленого металу; $k_p = 0,5$ – коефіцієнт, що характеризує лінійну зміну величини зносу в часі розміщеного металу; $k_o = 0,6$ – коефіцієнт, що характеризує лінійну зміну величини зносу в часі основного металу деталі. Коефіцієнти лінійної зміни зносу взяті рівними коефіцієнтами для залізобетонних сплавів [23], чий твердості приблизно відповідають твердості наплавляемого, основного і розміщеного металів деталей.

Визначимо розмір розміщеної зони, виходячи з розрахунку температурного поля. Для розрахунку температурного поля приймемо схему зосередженого точкового джерела, що діє на поверхні напівнескінченного поля. Розрахункова формула для такої схеми має вигляд [25]:

$$T(R,t) = \frac{2Q}{c\gamma 4\pi at} e^{-\frac{R^2}{4at}}, \quad (3.15)$$

Де $T(R,t)$ – температура розглядуваної точки, що знаходиться на відстані R від точки внесення тепла через час t ; $c\gamma$ – питома об'ємна теплоємність нагрітого тіла; a – коефіцієнт температуропровідності; Q – кількість теплоти, що вводить зварювальним джерелом.

Кількість теплоти можна визначити за формулою:

$$Q = \eta \cdot I \cdot U, \quad (3.16)$$

де I , U – робочий струм на напруга зварювального джерела постійного струму; η – коефіцієнт, що являє собою відношення ефективної потужності дуги до її повної потужності.

Для знаходження радіусу зовнішньої окружності зони розміщення підставимо в рівняння (3.15) значення температури початку перетворення мартенситної структури в сталі при нагріванні, тобто температури, при нагріванні вище якої загартований метал розміщується. Значення цієї температури для середньовуглецевих сталей становить 350°C [26, 27].

Підставляючи в формулу (3.15) значення температури початку відпускних перетворень в сталі, після перетворень отримуємо вираз для розрахунку радіусу зовнішньої окружності розміщеної зони:

$$R_p = \sqrt{4at \cdot \ln \frac{2Q}{T_{M_n} \cdot c\gamma(4\pi at)^{1,5}}}. \quad (3.17)$$

Так, для наступних вихідних даних [26, 27]: $c\gamma = 4,8 \cdot 10^6$ Дж/м³С, $a = 7 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $t = 1$ с, $I = 120$ А, $U = 20$ В, $\eta = 0,8$, радіус розміщеної зони дорівнює: $R_p = 5,4$ мм. Для струму, рівного 140 А, і незмінності інших параметрів радіус зростає до $R_p = 5,7$ мм.

Для розрахунку параметрів схеми зміцнення приймаємо діаметр d_p зовнішньої окружності розміщеної зони рівним 11,5 мм.

Максимальна кількість точок N_{max} , яку можна розмістити на зміцнюючій поверхні, дорівнює відношенню, округленому до найближчого цілого числа в меншу сторону.

Відстань між точками залежить від порядку їх розташування. Найбільш перспективне для збільшення зносостійкості розташування точок в шаховому порядку. Але, щоб розрахувати відстань L між центрами точок, скористаємося простою моделлю. Припустимо, що точки нанесені на зміцнюючу поверхню в ряд на однаковій відстані одна від одної, а зовнішні межі кіл зон розміщення стосуються меж прямокутної поверхні площею S (рис. 3.3).

Виходячи з геометричних побудов, отримуємо формулу для розрахунку відстані L між центрами точок:

$$L = \frac{((S - d_p^2) / d_p)}{N - 1}. \quad (3.18)$$

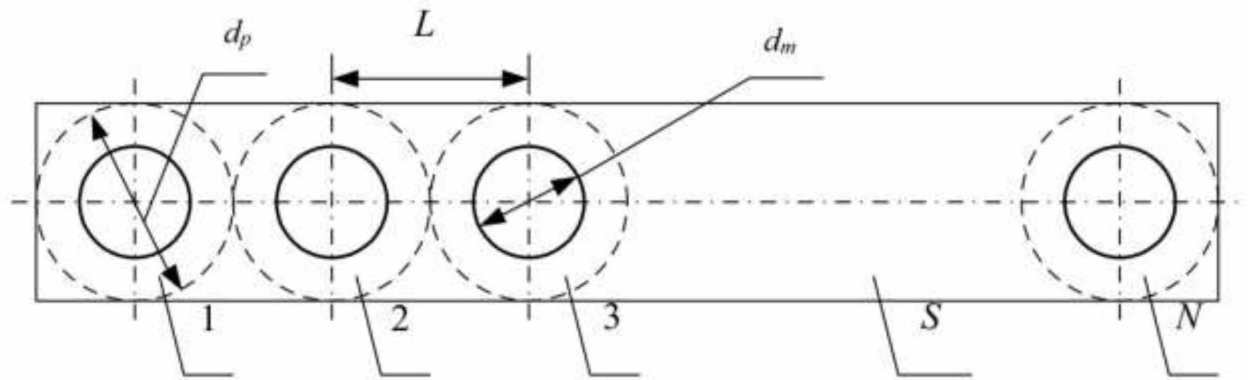


Рис. 3.3 – Схема для розрахунку відстані L між центрами точок, нанесених на зміцнюючу поверхню

Результати розрахунку для зазначених вище вихідних даних були зведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри наплавлення відвалу плуга

Назва деталі	N_{max}	Коефіцієнт збільшення зносостійкості, n	Кількість точок наплавленого металу, N	Відстань між точками L , мм
Відвал плуга Kvernerland $S = 72000 \text{ мм}^2$	244	1,5	122	51,6
		1,6	146	43,1
		1,7	171	37,8
		1,8	195	32,2
		1,9	220	28,5
		2,0	244	25,7

Таким чином, розрахунок показує, що при виборі відповідних параметрів схеми точкового зміцнення тонкостінних деталей можна отримати збільшення їх зносостійкості в 1,5...1,8 разів.

3.3. Математичне моделювання поверхневої твердості зміцнюючої поверхні

Зміцнення шару наплавленого металу відбувається безпосередньо в процесі наплавлення за рахунок інтенсивного тепловідведення в тіло деталі і

примусового охолодження поверхні деталі і зони наплавлення охолоджувальною рідиною, як правило, водою [27]. Однак твердість наплавлених поверхонь неоднорідна – обсяги загартованого металу розділені прошарками частково відпущеного металу зі зниженою твердістю.

Наявність «м'яких» ділянок може впливати на експлуатаційні характеристики ґрунтообробних знарядь, такі як зносостійкість. Більш того, нижні значення одержуваної твердості напавленої поверхні можуть просто виходити за рамки зазначених в нормативно-технічній документації, що ставить питання і про принципову можливість зміцнення таких деталей. З огляду на те, що виробничий процес зміцнення деталей носить, як правило, одиничний або малосерійний характер, стає зрозуміла важливість попередньої оцінки передбачуваної «плямистості» поверхневої твердості в залежності від режимів наплавлення [24, 27].

Механізм формування розміцнених ділянок в покритті пояснений на рис. 3.4.

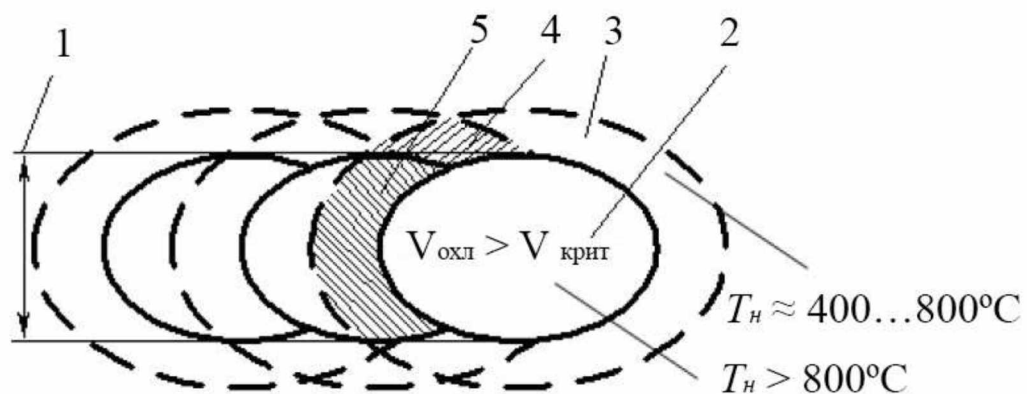


Рис. 3.4 – Механізм формування розміцнених ділянок в покритті: 1 – ширина зони загартування; 2 – зона гартування; 3 – зона відпуску; 4 – зона подвійного відпуску; 5 – зона одноразового відпуску

Об'єми металу зварних точок, що зазнають в процесі нагрівання аустенітне перетворення, після припинення дії імпульсу зварювального струму охолоджуються зі швидкостями порядку до $1500^\circ\text{C}/\text{с}$ і більше, що призводить до їх загартування [26]. В раніше загартованих об'ємах металу,

що нагріваються до менших температур, відбуваються процеси часткового відпуску. При цьому, як видно з рис. 3., об'єми металу, розташовані біля краю формованого валика наплавленого металу, нагріваються до більш високих температур відпуску і, отже, сильніше розміцнюється, ніж розташовані на осі формованого валика.

Відомо, що температура початку аустенітного перетворення (T_{Acl}) в сталях залежить від умов нагрівання. Також зсуваються в область підвищених значень (на 100...150°C) і температурні інтервали першого і третього перетворень при відпустці [22]. Таким чином, можна вважати, що в умовах процесу розміцнення піддаються об'єми металу, розташовані між ізотермами 400...1000°C.

Кількісну оцінку впливу температури і тривалості ізотермічного відпуску на ступінь розміцнення загартованого металу можна отримати з залежності Холомона-Джейфа [27].

$$P = T [C + \lg(t)] \cdot 10^{-3}, \quad (3.19)$$

де P – зниження твердості сталі в одиницях Роквела після відпуску; T – температура ізотермічного відпуску в градусах Кельвіна; t – тривалість відпуску в годинах; C – емпірична константа.

Використовуємо цю залежність для розрахунку ступеня розміцнення ділянки, відпущеної одиничним валиком. Очевидно, що найбільшому відпуску піддаються об'єми металу, що нагріваються до температур, близьких до температур початку аустенітного перетворення. Прийmemo найбільшу температуру нагрівання таких об'ємів. В якості параметру T , що використовується у виразі (3.19), прийmemo середньоінтегральну температуру T_{cp} нагріву даних об'ємів:

$$T_{cp} = \frac{\int_{t_{(-min)}}^{t_{(+min)}} T_n(t) dt}{t_{(-min)} - t_{(+min)}}, \quad (3.20)$$

де t – тривалість імпульсу зварювального струму; $t_{(+min)}, t_{(-min)}$ – моменти досягнення температури $T_{min} = 400^{\circ}\text{C}$ при нагріванні і при охолодженні після закінчення імпульсу зварювального струму; $T(t)$ – залежність температури нагрівання і охолодження від часу.

При апроксимації функції однотипними лінійними залежностями:

$$T_{cp} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}. \quad (3.21)$$

У всіх розглянутих випадках швидкості охолодження в діапазоні температур від 800 до 500°C градусів значно перевищують критичні (рис. 3.5), що вказує на утворення гартівних структур в об'ємах металу, що нагрівається вище аустенітного перетворення [24].

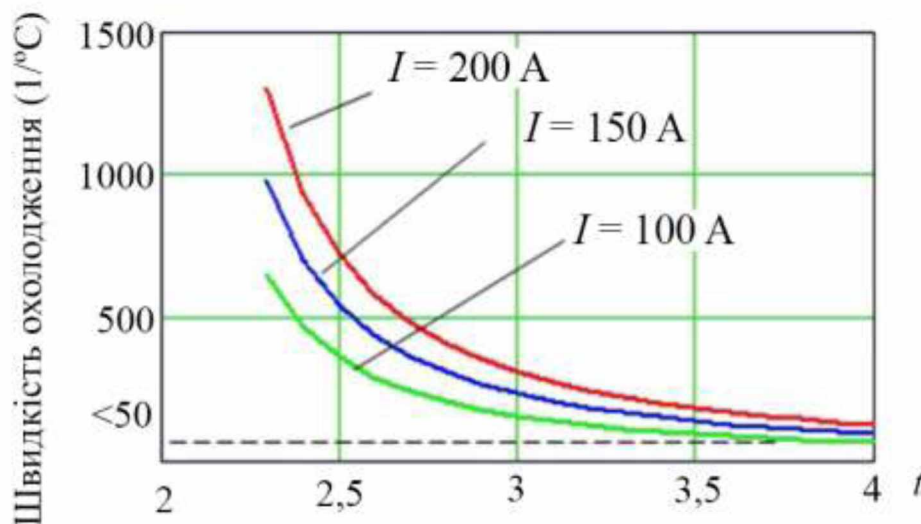


Рис. 3.5 – Залежність швидкості охолодження від сили зварювального струму

Значення розміцнення (рис. 3.6) при нагріванні основного металу нижче цих температур оцінювали по залежності Холомона-Джейфа [24].

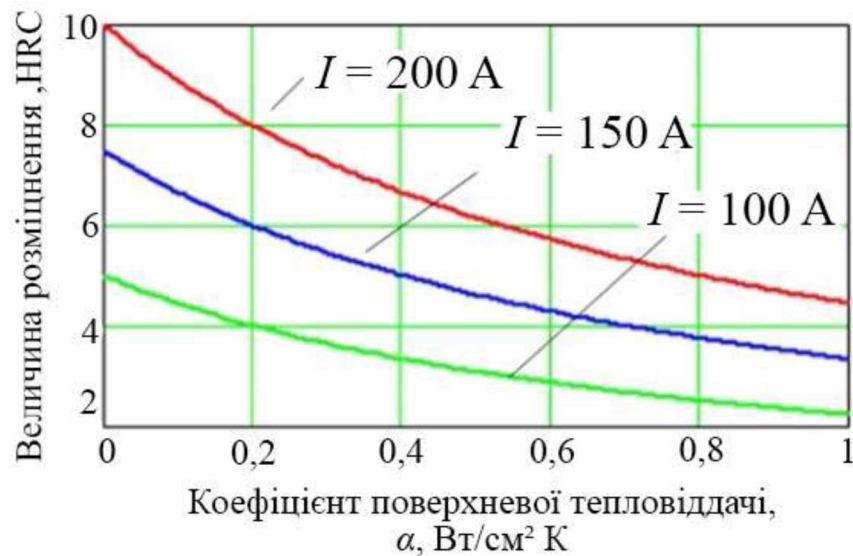


Рис. 3.6 – Залежність розміщення від коефіцієнта поверхневої тепловіддачі α при різних значеннях зварювального струму

При аналізі графічних залежностей можна помітити, що без охолодження зниження твердості може досягати 10 од. за шкалою Роквела. Зниження сили струму до 100 А і додаткове охолодження дозволяють знизити розміщення до 3...6 од. за шкалою HRC. Таким чином, проведені розрахунки свідчать про перспективність застосування процесу вібродугового наплавлення в воді для зміцнення тонкостінних деталей відвалів.

3.4. Результати дослідження процесу напівавтоматичного вібродугового наплавлення

Проведені експериментальні дослідження дозволили виявити дві основні відмінності ведення процесу вібродугового наплавлення в напівавтоматичному режимі від процесу механізованої вібродугового наплавлення. По-перше, при механізованому наплавленні зварювальний пальник закріплюється на супорті установки, а торець присадного дроту розміщується на заздалегідь встановленій відстані від наплавлюваної

поверхні. Тому при будь-якій амплітуді вібрації дроту існує можливість знизити зусилля притиснення дроту до деталі. Крім того, закріплення зварювального пальника на супорті установки забезпечує прямолінійність формуючого валика наплавленого металу. При напівавтоматичному наплавленні зварювальник опирає торець присадного дроту і, відповідно, зварювальний пальник на наплавлену поверхню.

Другою відмінністю напівавтоматичного процесу вібродугового наплавлення від механізованого є певне варіювання швидкості наплавлення через ручне переміщення зварювального пальника.

Як показали експерименти, при досягненні певної амплітуди коливань присадного дроту починає спостерігатися відскакування зварювального пальника від наплавленої поверхні, що призводить до порушення прямолінійності і стабільності формування валика наплавленого металу [28]. З цієї причини було проведено експериментальне дослідження допустимої амплітуди вібрації присадного дроту виходячи з умови забезпечення прямолінійності переміщення зварювального пальника. Дротом слугував пружинний дріт 65Г діаметром 1,6 мм. Зварювальний дуга не запалювалась. Траєкторія переміщення зварювального пальника фіксувалася слідами ударної дії торця дроту об опираєму поверхню. Задовільною траєкторія руху зварювального пальника вважалася в разі формування суцільної лінії відбитків без розривів і одиничних відскоків. Встановлено, задовільне підтримання траєкторії переміщення пальника, що забезпечується при амплітуді коливань не більше 2...3 мм. Подальша наплавка одиничних валиків при амплітудах 1 мм і 4 мм підтвердила отримані висновки.

Встановлено, що варіювання швидкості наплавлення в напівавтоматичному режимі в діапазоні 15 ... 20% призводить до зміни геометричних параметрів валика наплавленого металу не більше ніж на 7...10%, що свідчить про можливість реалізації процесу вібродугового наплавлення в напівавтоматичному режимі.

Експериментальне дослідження процесу наплавлення на визначених у розділі 2 режимах дозволили встановити, що без вібрації зниження сили струму менше 140...150 А призводить до нестабільного горіння дуги і її обривів. Накладення вібрації дозволяє знизити силу струму навіть до 80...100 А при стабільному формуванні валика. Ширина шва зі зменшенням сили струму зменшується з 3,5...4,0 мм до 2 мм (рис. 3.7).

Заміри мікротвердості показали зниження ширини зони розміцнення, а також більш слабе зниження твердості в цій зоні (рис. 3.8). Це підтверджує результати математичного моделювання.

Таким чином, теоретичні та експериментальні дослідження показали можливість і доцільність застосування процесу вібродугового напівавтоматичного наплавлення для зміцнення відвалів плугів.

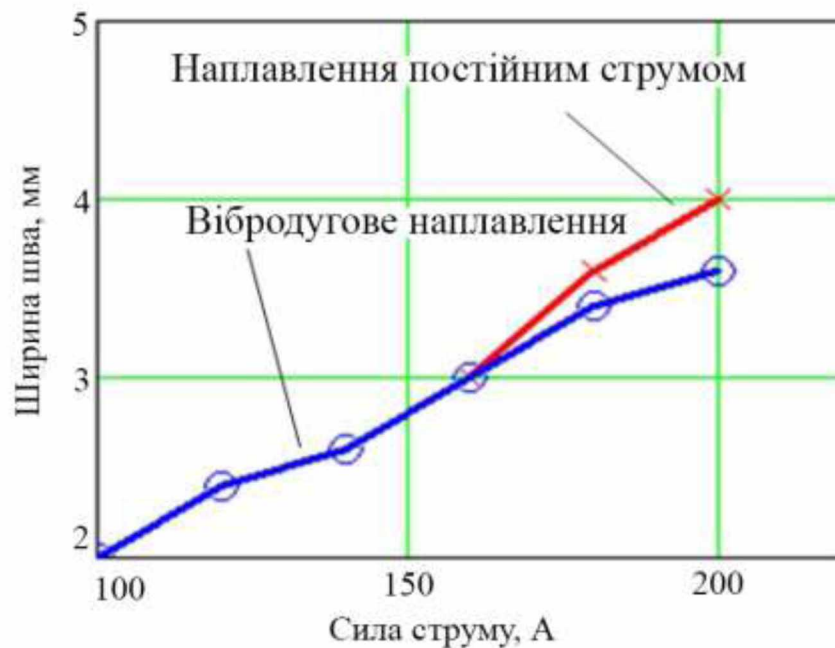


Рис. 3.7 – Залежність ширини шва від сили струму наплавлення

3.5. Результати досліджень зносу відвалів плугів

Для визначення зон переважного поверхневого зношування були розроблені схеми вимірів. Для виконання замірів виготовлено пристосування, оснащене індикаторної голівкою.

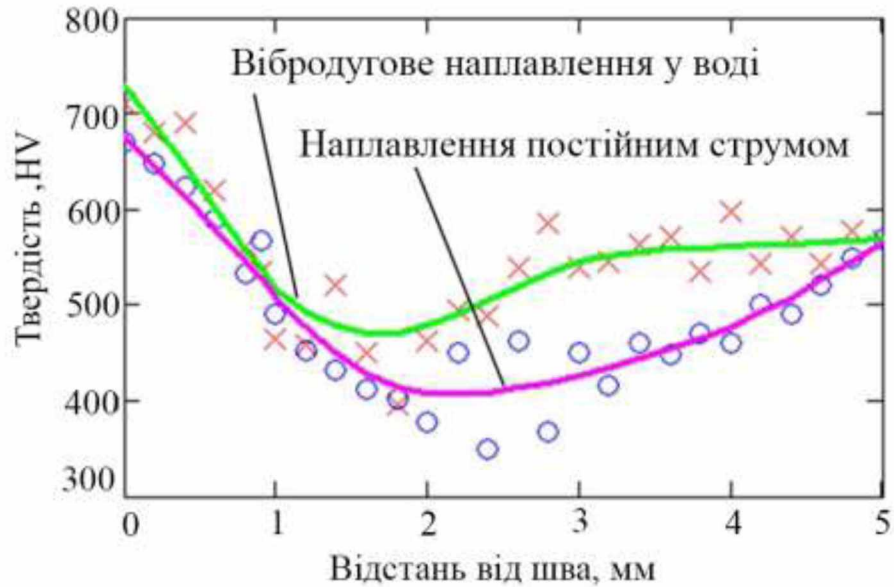


Рис. 3.8 – Зміна твердості з віддаленням від валика наплавленого металу

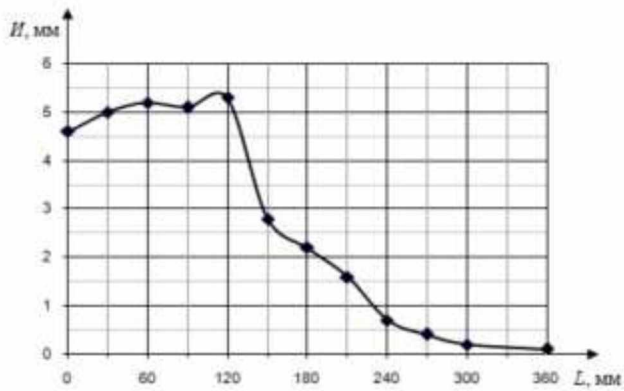
Заміри зношеного відвалу показали, що зноси можуть досягати декількох міліметрів. Область найбільш інтенсивного зношування перебуває в передній частині в грудях відвалу і в нижній частині крила. При цьому зношування площі не перевищує 30% загальної поверхні відвалу (рис. 3.9).



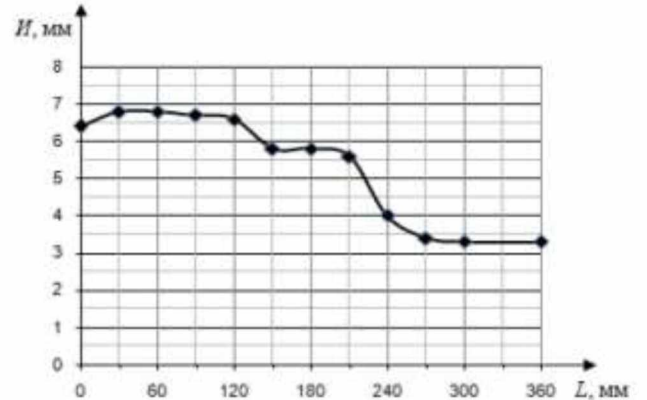
Рис. 3.9 – Вид зношеного відвалу (крейдою штриховий лінією обведена зона найбільшого зношування грудей відвалу)

Зноси робочих кромek деталі можуть становити більше десяти міліметрів. Знос відвалу в верхній частині польового обрізу і в верхній

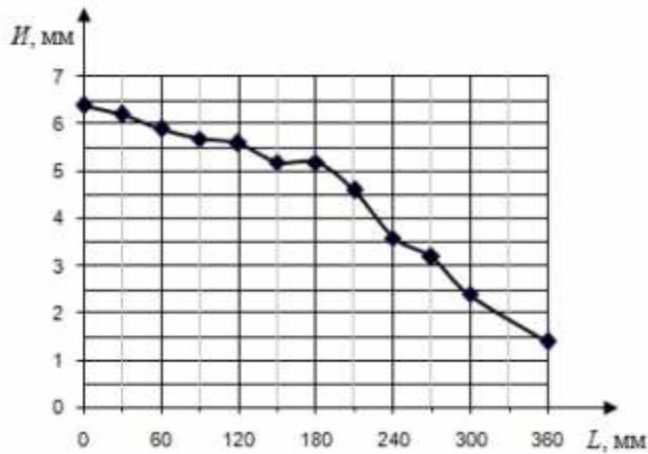
частині крила практично відсутній. Це вказує на доцільність зміцнення передньої частини грудей відвалу і кромки. Характер зносів представлений на рис. 3.10 і 3.11.



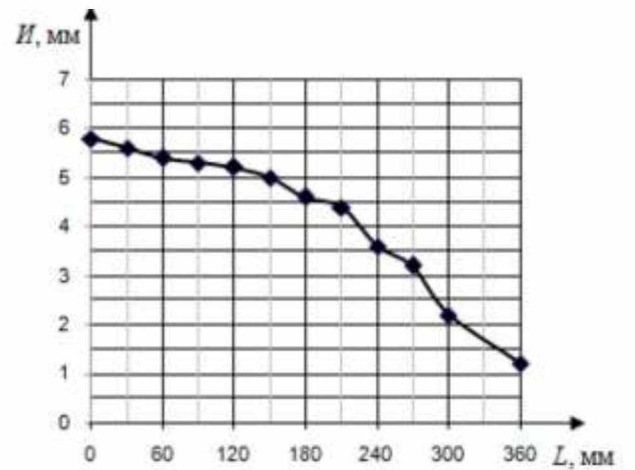
а)



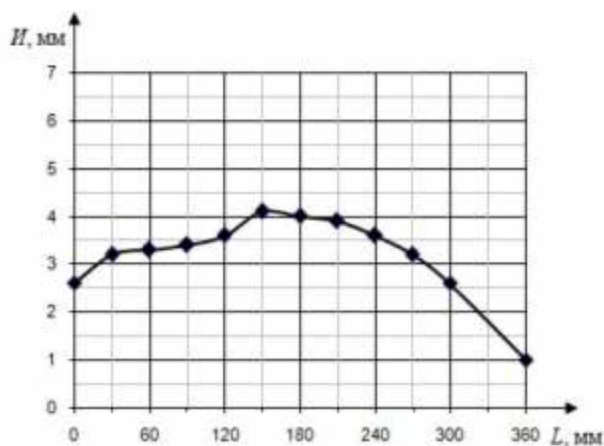
б)



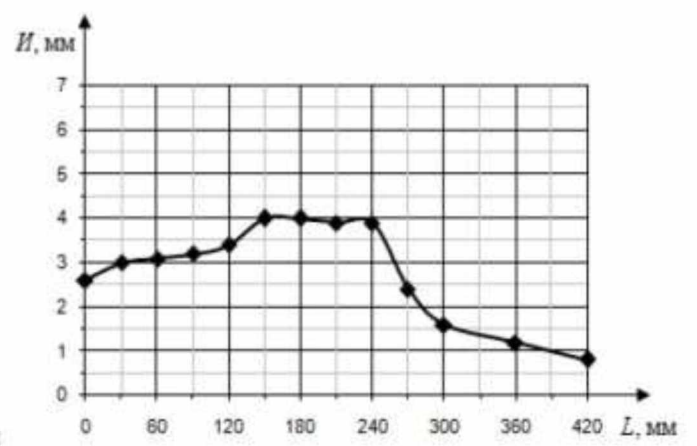
в)



г)



д)



е)

Рис. 3.10 – Характер зносу відвалів в горизонтальній площині а) – е) по лініях I – VI відповідно

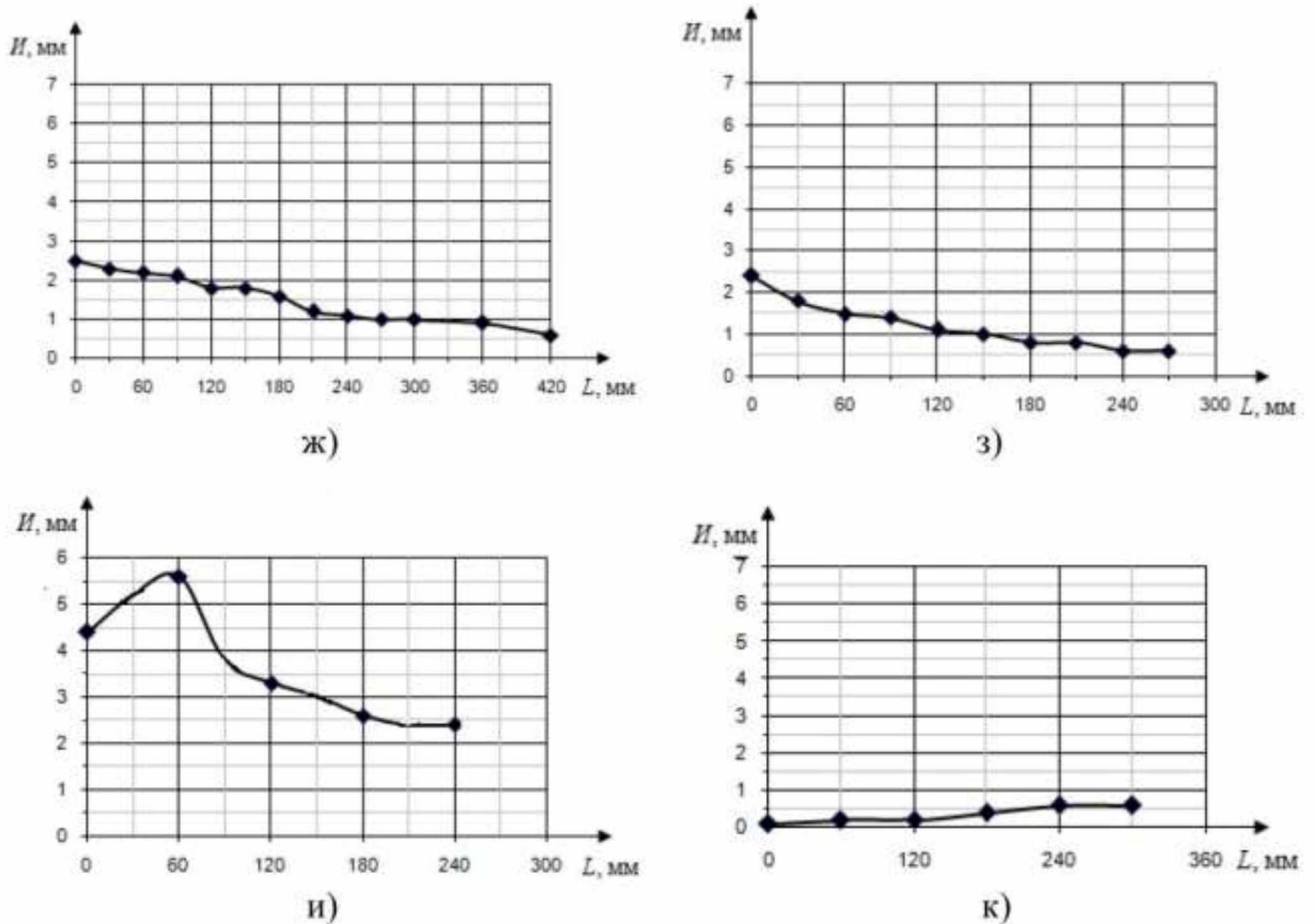


Рис. 3.11 – Характер зносу відвалів в горизонтальній площині ж) – к) по лініях VII –X відповідно

На підставі проведених замірів величини зносу визначені коефіцієнти локальної інтенсивності зношування (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти локальної інтенсивності зношування

№ точки	Коеф. інтенсив. зносу	Область коеф. інтенсив. зносу	Необхідність зміцнення +/-	№ точки	Коеф. інтенсив. зносу	Область коеф. інтенсив. зносу	Необхідність зміцнення +/-
Лінія I				Лінія II			
1	1,51	II	+	13	2,00	I	+
2	1,54	II	+	14	2,09	I	+
3	1,60	II	+	15	2,09	I	+
4	1,57	II	+	16	2,06	I	+
5	1,63	II	+	17	2,03	I	+
6	0,86	IV	-	18	1,79	II	+
7	0,68	IV	-	19	1,79	II	+
8	0,49	IV	-	20	1,72	II	+
9	0,22	IV	-	21	1,26	III	+
10	0,12	IV	-	22	1,05	III	+
11	0,06	IV	-	23	1,02	III	+
12	0,03	IV	-	24	1,02	III	+

Продовження табл. 3.2

Лінія III				Лінія IV			
25	2,00	I	+	37	1,79	II	+
26	1,97	II	+	38	1,72	II	+
27	1,82	II	+	39	1,66	II	+
28	1,76	II	+	40	1,63	II	+
29	1,72	II	+	41	1,60	II	+
30	1,60	II	+	42	1,54	II	+
31	1,60	II	+	43	1,42	III	+
32	1,42	III	+	44	1,35	III	+
33	1,11	III	+	45	1,11	IV	+
34	0,86	IV	-	46	0,99	IV	-
35	0,83	IV	-	47	0,80	IV	-
36	0,80	IV	-	48	0,99	IV	-
Лінія V				Лінія VI			
49	0,80	IV	-	61	0,80	IV	-
50	0,99	IV	-	62	0,92	IV	-
51	1,02	III	+	63	0,95	IV	-
52	1,05	III	+	64	0,99	IV	-
53	1,11	III	+	65	1,05	III	+
54	1,26	III	+	66	1,23	III	+
55	1,23	III	+	67	1,23	III	+
56	1,20	III	+	68	1,20	III	+
57	1,11	III	+	69	1,20	III	+
58	0,99	IV	-	70	0,74	IV	-
59	0,80	IV	-	71	0,49	IV	-
60	0,80	IV	-	72	0,43	IV	-
				73	0,40	IV	-
Лінія VII				Лінія VIII			
74	0,77	IV	-	87	0,74	IV	-
75	0,71	IV	-	88	0,55	IV	-
76	0,68	IV	-	89	0,46	IV	-
77	0,65	IV	-	90	0,43	IV	-
78	0,55	IV	-	91	0,34	IV	-
79	0,55	IV	-	92	0,31	IV	-
80	0,49	IV	-	93	0,25	IV	-
81	0,37	IV	-	94	0,25	IV	-
82	0,34	IV	-	95	0,18	IV	-
83	0,31	IV	-	96	1,26	II	+
84	0,34	IV	-				
85	0,28	IV	-				
86	1,17	II	+				
Лінія IX				Лінія X			
97	1,35	III	+	106	1,17	III	+
98	0,99	IV	-	107	0,03	IV	-
99	0,95	IV	-	108	0,06	IV	-
100	0,83	IV	-	109	0,06	IV	-
101	0,80	IV	-	110	0,12	IV	-
102	0,77	IV	-	111	1,17	III	+
103	0,71	IV	-	112	1,23	III	+
104	0,71	IV	-				
105	0,80	IV	-				

За певними коефіцієнтами локальної інтенсивності зношування області зміцнення ($k_u > 1$) розподіляються по поверхні відвалу за схемою (рис. 3.12).

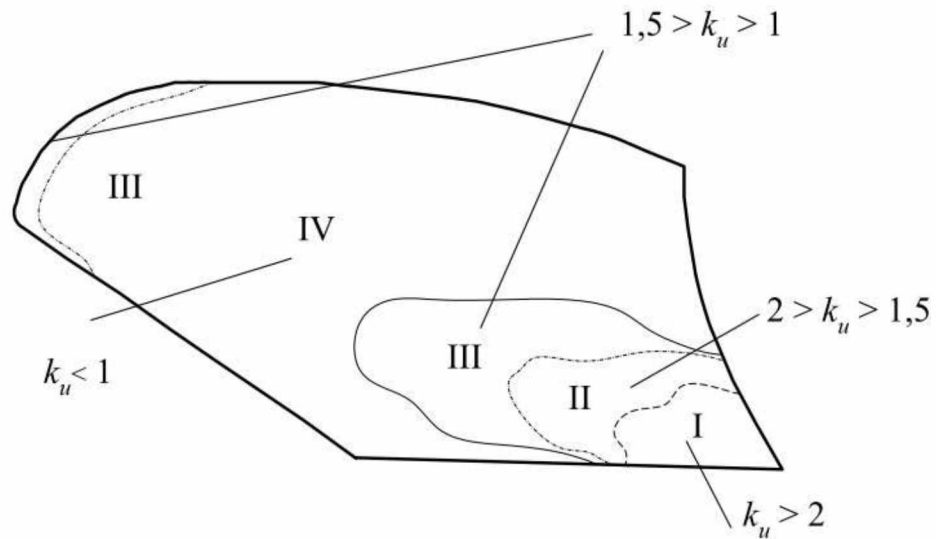


Рис. 3.12 – Области зміцнення відвалів

Виходячи з технологічних особливостей напівавтоматичного вібродугового наплавлення доцільно застосування наступних схем зміцнення: для області I – валиками, II і III – точками.

Зміцнення відвалів плугів може проводитися шляхом накладення різних видів валиків і точок присадочного матеріалу в різних областях поверхні відповідно до методики, розробленої в розділі 2.

На підставі результатів розрахунку розмірів, кількості точок, довжини і ширини валиків наплавленого металу приймаємо значення, наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри наплавленого металу

Область зміцнення відвалу	Площа зміцнення, мм ²	Максимальна кількість точок	Діаметр точок, мм	Відстань між точками / валиками, мм	Ширина валика, мм	Довжина валика, мм
I	3150	–	–	8,0	5,0	630,0
II	3600	34	8,0	35	–	–
III – 1	5400	51	8,0	55	–	–
III – 2	2000	19	8,0	55	–	–

Висновки

1. Отримані залежності, що дозволяють сформулювати основні вимоги до технології зміцнення (твердість наплавленого металу, частку наплавленої поверхні, відстань між зонами наплавленого металу, величину розміщення основного металу в зоні термічного впливу (ЗТВ) та ін.), необхідні для забезпечення заданого коефіцієнта локальної інтенсивності зношування.

2. Розрахунковим шляхом встановлено, що застосування вібродугового наплавлення тонкостінних деталей дозволяє зменшити ширину зони розміщення до 1...2 мм і знизити розміщення основного металу в зоні термічного впливу з 10 до 3...6 одиниць за шкалою HRC.

3. Встановлено, що при наплавленні дротом 65Г діаметром 1,6 мм, частоті вібрацій 10 Гц, амплітудою вібрацій 1...2 мм можливо знизити силу зварювального струму до 80...100 А при стабільному формуванні валика. Ширина шва склала 3...4 мм, твердість наплавленого металу – HRC 55...60.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна експертиза в Україні – вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання й відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Об'єкти, суб'єкти, види екологічної експертизи висвітлені у законі України «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.).

Екологічна експертиза може бути державна, громадська та інша.

Державна екологічна експертиза проводиться експертними підрозділами чи спеціально створюваними комісіями спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та його органів на місцях на основі принципів законності, наукової обґрунтованості, комплексності, незалежності, гласності та довгострокового прогнозування.

Для участі в проведенні державної екологічної експертизи можуть залучатися відповідні органи державного управління України, представники науково-дослідних, проектно-конструкторських, інших установ та

організацій, вищих навчальних закладів, громадськості, експерти міжнародних організацій.

Висновок державної екологічної експертизи після затвердження спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів є обов'язковим для виконання.

Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування всіх програм і проектів.

Реалізація програм, проектів і рішень без позитивного висновку державної екологічної експертизи забороняється.

Громадська екологічна експертиза здійснюється незалежними групами спеціалістів з ініціативи громадських об'єднань, а також місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів або на громадських засадах.

Громадська екологічна експертиза проводиться незалежно від державної екологічної експертизи.

Висновки громадської екологічної експертизи можуть враховуватися органами, які здійснюють державну екологічну експертизу, а також органами, що зацікавлені у реалізації проектних рішень або експлуатують відповідний об'єкт.

Інші екологічні експертизи можуть здійснюватися за ініціативою зацікавлених юридичних і фізичних осіб на договірній основі із спеціалізованими еколого-експертними органами і формуваннями.

Завданням екологічної експертизи є:

а) визначення екологічної безпеки господарювання та іншої діяльності, яка може нині або в майбутньому прямо або посередньо негативно вплинути на стан навколишнього середовища;

б) встановлення відповідності передпроектних, передпланових, проектних та інших рішень вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища;

в) оцінка повноти й обґрунтованості передбачуваних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення, яка

здійснюється Міністерством екології та природних ресурсів України разом із Міністерством охорони здоров'я України.

Об'єктом даної екологічної експертизи є відвали корпусів плугів і технологія їх зміцнення напівавтоматичним вібродуговим наплавленням.

При ремонті і відновленні деталей робочих органів ґрунтообробних машин основними факторами, що впливають на оточуюче середовище є:

- металевий пи́л, що утворюється при обробці деталей на токарних, шліфувальних, хонінгувальних верстатах;
- різноманітні хімічні речовини та їх розчини, що використовуються при відновленні деталей шляхом нанесення покриттів;
- ПММ та продукти їх згорання, що утворюються під час обкатки двигунів;
- шум та вібрація при роботі металообробних верстатів, обкатувальних стендів та ін.

Дослідженнями встановлено, що з огляду на складну конфігурацію відвалів, найбільш прийнятним способом зміцнення представляється дугова наплавка не перекриваючими валиками. Однак, широко застосовувана ручна дугова наплавка через малу товщину відвалів (5 ... 8 мм), викликає їх значне нагрівання, викривлення, формування великих зон відпущення. Наплавлення кромки утруднене їх пропалом. Для зміцнення відвалів плугів доцільно застосовувати вібродугову наплавку, як спосіб з мінімальним тепловкладенням в основний метал.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці,

усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE. Безпека життя та праці сьогодні формується як наука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої

могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Висновки щодо підвищення стану охорони праці

У розділі охорони праці магістерської роботи представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;

- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;

3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;

4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

Техніко-економічну оцінку зміцнення розглянемо відносно до серійного відвалу корпусу плуга.

Витрати на відновлення деталі розраховуються за формулою:

$$B = B_{\text{від}} + B_{\text{мат}} + B_{\text{ел}}, \quad (4.1)$$

де $B_{\text{від}}$ – вартість відновлення деталі, грн.; $B_{\text{мат}}$ – вартість матеріалів для відновлення, грн.; $B_{\text{ел}}$ – вартість затраченої електроенергії, грн.

Вартість відновлення деталі враховує витрати на заробітну плату задіяних працівників на відповідних операціях (слюсар, зварювальник, токар та ін.) і розраховується за формулою:

$$B_{\text{від}} = Z_{\text{сл}} + Z_{\text{зв}} + Z_{\text{ток}}, \quad (4.2)$$

де $Z_{\text{сл}}$, $Z_{\text{зв}}$, $Z_{\text{ток}}$ – заробітна плата відповідно слюсаря, зварювальника і токаря.

Заробітна плата по спеціальностям визначається за формулою:

$$Z = T_n \cdot C_z \cdot K_t, \quad (4.3)$$

де T_n – норма витрат часу на виконання відповідної операції, год.; C_z – годинна ставка відповідних робітників, (для розрахунку можна прийняти $B_z = 30,5$ грн./год.); K_t – коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати, $K_t = 1,5$.

У вартість матеріалів входять всі витрати на матеріали, які застосовують для відновлення даної деталі по всіх технологічних операціях:

$$B_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^n g_i \cdot Ц_i, \quad (4.4)$$

де g_i – маса використаного матеріалу, кг; C_i – ціна 1 кг матеріалу, грн.;

Ціна матеріалів визначається по прейскурантах з урахуванням індексу цін, прайс-листам або за даними підприємства.

Витрати на електроенергію розраховують по наступній формулі:

$$B_{el} = \frac{N_{\text{дв}} \cdot T_0 \cdot C_{el}}{100 \cdot \eta_{ob}}, \quad (4.5)$$

де $N_{\text{дв}}$ – встановлена потужність обладнання, кВт (для зварювального обладнання можна прийняти $N_{\text{дв}} = U \cdot I$);

C_{el} – ціна 1 кВт·год. електроенергії, для підприємств $C_{el} = 1,7$ грн./ (кВт·год.); η_{ob} – коефіцієнт корисної дії обладнання, приймається 0,7...0,8.

Коефіцієнт ефективності відновлення деталі розраховується за формулою:

$$K_{ef} = \frac{K_d \cdot B_{нов}}{B} \geq 1, \quad (4.6)$$

де K_d – коефіцієнт довговічності; $B_{нов}$ – вартість нової деталі, грн.

Якщо коефіцієнт більше одиниці, то відновлення деталі по розробленому технологічному маршруту буде економічно вигідно.

Результати розрахунку економічної ефективності відновлення деталі представимо у вигляді табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку економічної ефективності відновлення відвалу

Найменування показника	Значення показника	
	Стандартний відвал	Відновлений відвал
Вартість, грн.	480	770
Вартість відновлення, грн.	-	290
Річне навантаження, га	1000	1000
Ресурс, га	150	270
Коефіцієнт ефективності відновлення	-	1,7

Як видно з табл. 4.3 ресурс експериментального відвалу в 1,8 рази вище в порівнянні зі стандартним, при цьому його ціна зростає в 1,6 рази, а питомі витрати знижуються в 0,42 рази. Окупність основних витрат при оранці 1000 га складе 0,6 року.

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована технологія відновлення відвалів плугів є екологічно безпечною.

Виконано аналізу умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

Ресурс експериментального відвалу в 1,8 рази вище в порівнянні зі стандартним, при цьому його ціна зростає в 1,6 рази. Окупність основних витрат при оранці 1000 га складе 0,6 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Площини і кромки відвалів плугів піддаються в процесі експлуатації нерівномірного абразивного зношування, що викликає доцільність додаткового зміцнення найбільш навантажених зон. Ефективним способом підвищення зносостійкості деталей плугів є дугова наплавка неперекриваючими валиками. Для зниження тепловкладення в основний метал доцільно застосування вібродугового наплавлення в струменях води.

2. Отримано залежності, що дозволяють сформулювати основні вимоги до технології зміцнення (твердість наплавленого металу, частку наплавлюваною поверхні, відстань між зонами наплавленого металу, величину розміщення основного металу в зоні термічного впливу (ЗТВ) та ін.), необхідні для забезпечення заданого коефіцієнта локальної інтенсивності зношування.

3. Розрахунковим шляхом встановлено, що застосування вібродугового наплавлення тонкостінних деталей дозволяє зменшити ширину зони розміщення до 1...2 мм і знизити розміщення основного металу в зоні термічного впливу з 10 до 3 ... 6 одиниць за шкалою HRC.

4. Експериментально встановлено, що при наплавленні дротом 65Г діаметром 1,6 мм, частоті вібрацій 10 Гц, амплітудою вібрацій 1 ... 2 мм можливо знизити силу зварювального струму до 80 ... 100 А при стабільному формуванні валика. При токах 100 ... 150 А ширина шва склала 4 ... 5 мм, твердість наплавленого металу – HRC 55 ... 60. Ширина зони розміщення склала 2..3 мм при твердості HRC 40 ... 45.

5. Показано, що економічна ефективність зміцнення зростає зі зниженням загальної площі зміцнюючої поверхні, зниженням вартості присадних матеріалів, зменшення розміщення основного металу при наплавленні.