

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Зварювальний факультет

Кафедра інженерії поверхні

«На правах рукопису»  
УДК 621.791.927.55

«До захисту добушено»

Завідувач кафедри

І.В. Смирнов

« 4 » 12 2019 р.

**Магістерська дисертація**

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: «Підвищення зносостійкості відвалів плугів плазмовим  
наплавленням»

Виконав:

студент II курсу, групи ЗП-81мп  
Козоріз Владислав Володимирович

Керівник:

Доц. каф. інженерії поверхні, к.т.н., доц. Чорний А.В.

Консультант з охорони праці:

Зав. каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки  
д.т.н., проф.,  
Левченко О.Г.

Рецензент:

Доц. каф. ЗВ  
к.т.н., доц. Коваленко В.Л.

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент Козоріз В.В.

Київ – 2019 року

## Реферат

**Актуальність теми.** В даний момент в Україні однією з найбільших галузей вважається сільськогосподарський комплекс. Як наслідок, розробка нових та вдосконалення вже існуючих технологій пов'язаних з цією індустрією можна рахувати першочерговою задачею сучасних інженерів.

Відвал плуга працює в умовах ударних навантажень, нерівномірного абразивного зношування та корозії. Враховуючи умови роботи деталі та той факт, що без неї експлуатація плуга неможлива. При введенні даного технологічного проекту в виробництво можна при нижчих затратах, отримати кінцеву продукцію вищої якості та з підвищеною зносостійкістю.

**Мета і задачі дослідження.** В процесі роботи над дисертацією за мету ставився аналіз сучасних методів підвищення зносостійкості та збільшення довговічності відвалів плугів, а, також розробка нової технології, врахувавши переваги, недоліки та особливості інших технологій в даній галузі. Необхідно щоб розроблена технологія була економічно ефективною, володіла високою продуктивністю, за рахунок введення в процес новітнього та сучасного устаткування та технологій.

Серед основних задач, також, на етапі проектування було дотримання вимог охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях та створення стартап-проекту для даної технології.

Для отримання бажаного результату та виконання поставлених задач було виконані наступні процеси:

- конструктивно-технологічний аналіз умов роботи виробу;
- вибір сучасного технологічного обладнання та матеріалу для наплавлення;
- розроблений технологічний процес, який дозволяє збільшити ресурс виробу з дешевого матеріалу за рахунок наплавлення дорожчого присадкового матеріалу;

- визначено норми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях;

- розроблено стартап-проект для даної технології;

**Об'єкт дослідження** - відвал плуга

**Предмет дослідження** – технологічний процес підвищення зносостійкості відвалів плугів.

**Методи дослідження.**

Розробка технологічного процесу підвищення зносостійкості відвалів плугів, базуючись на конструктивно-технологічному аналізі та аналізі типових способів підвищення зносостійкості даного типу деталі. Також було виконано дослідження.

**Наукова новизна одержаних результатів полягає в:**

- розроблена технологія, за умови використання якої знижуються економічні затрати та збільшується зносостійкість.

**Практичне значення одержаних результатів**

Введення в виробничий процес даного технологічного проекту дасть змогу значно підвищити продуктивність та економічну ефективність виробництва однієї окремої одиниці виробу. Також, за рахунок автоматизації процесу зменшується вплив людського фактору та ймовірність травм на виробництві. Необхідно врахувати те, що автоматизація процесу призведе до зменшення сумарних витрат часу на виготовлення деталі.

**Магістерська дисертація представлена у вигляді:** розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу. Розрахунково-пояснювальна записка складається з реферату, 5 розділів, висновки, переліку посилань та додатків.

Об'єм роботи: 79 арк. формату A4, графічна частина складається з 8 арк. формату A1

**Ключові слова:** плазмове наплавлення, наплавлення, сільське господарство, плуг, відвал плуга, зносостійкість, сільськогосподарський комплекс, підвищення зносостійкості.

## **Summary**

**Dissertation relevance.** Nowadays in Ukraine, agricultural complex is considered, probably, the largest industry. Considering that, the advancement, improvement of existing and development of brand new technologies pertaining to this industry can be viewed as a top priority for modern engineers.

The plow blade works in conditions of dynamic pressure, abrasion and corrosion. Taking into account the working conditions of the part and the fact that without it, the plow cannot be operated. Introduction of this technological project into production, will result in lowering costs severely, and will allow to manufacture products of higher quality and with high durability.

**The purpose and objectives of the study.** In the course of work on the dissertation, the aim was to analyze modern methods of increasing the durability and increasing the longevity of plows, as well as, the development of new technology, taking into account the advantages, disadvantages and features of other technologies in the industry. It is necessary for the developed technology to be cost effective, have high productivity, due to the introduction of the latest and modern equipment and technologies to the process.

One of the main tasks at the design stage was to comply with the requirements of occupational safety and health in emergency situations and to create a startup project for this technology.

In order to obtain the desired results and perform the tasks, the following processes were performed:

- structural and technological analysis of the working conditions of the product;
- choice of modern technological equipment and material for surfacing;
- a technological process has been developed that allows to increase the resource of a product made of cheap material due to surfacing of more expensive additive material;
- norms of occupational safety and security in emergencies are defined;
- a startup project for this technology has been developed;

**The object of study** is a mouldboard plough.

**The subject of the study** is the technological process of increasing the wear resistance of mouldboards of ploughs.

**Research methods.**

Development of technological process of increase of durability of mouldboard ploughs, based on structural and technological analysis and analysis of typical ways of increasing of durability of this type of details. A study was also performed.

The scientific novelty of the obtained results is:

- a technology has been developed, under the condition of which it is used to reduce economic costs and increase durability.

**The practical significance of the results obtained**

The introduction into the production process of this technological project will significantly improve the productivity and cost-effectiveness of the production of one unit of the product. Also, by automating the process, the impact of the human factor and the likelihood of injuries on production are reduced. It should be kept in mind that the automation of the process will reduce the total time spent on manufacturing the part.

**Master's dissertation is presented in the form of:** explanatory note and graphic material. The explanatory note consists of an summary, 5 chapters, conclusions, a list of references and annexes.

Capacity: 79 sheets. A4 size graphic part consists of 8 sheets format A1

**Keywords:** plasma surfacing, surfacing, agriculture, plow, mouldboard plow, wear resistance, agricultural complex, increase of wear resistance.

## ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень .....	9
Вступ .....	10
1 Аналітичний розділ .....	11
1.1 Аналіз умов роботи та видів зношування відвалу плуга.....	11
1.2 Аналіз методів та матеріалів для нанесення зносостійких покриттів.....	22
1.3 Вплив легуючих елементів присадкового матеріалу.....	27
2 Обладнання та матеріали для нанесення покриття .....	29
2.1 Установка для нанесення покриття .....	29
3 Розробка технологічного процесу нанесення покриття.....	40
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	47
4.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ) .....	47
4.2. Інженерні рішення для забезпечення безпеки технологічного процесу.....	51
4.3. Розрахунок інженерних рішень .....	54
4.4.Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях .....	55
5 Старап - проект .....	61
Висновки.....	69
Перелік посилань .....	70
Додатки .....	79

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЗТВ – зона термічного впливу

СНиП – строительные нормы и правила(будівельні норми і правила )

$\delta_b$  - границя тимчасової міцності

$\delta_t$ - границя пропорційності(границя текучості для залишкової деформації)

T - температура

E - модуль пружності

$\alpha$  - коефіцієнт температурного (лінійного) розширення

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності

$\rho$  - густина матеріалу

C - питома теплоємність

R - питомий електроопір



## ВСТУП

За останні роки широкого застосування набувають методи підвищення міцності та зносостійкості деталей та конструкцій, які характеризуються високою продуктивністю, універсальністю, простотою в автоматизації.

Аналіз матеріалів міжнародних конференцій, в яких піднімаються питання нанесення покриття у промисловості (США, Німеччина, Франція, Японія, Китай, Європа, країни колишнього СНД) показує, що розвиток багатьох галузей сучасної техніки в значній мірі залежить від доцільного використання захисних покриттів для деталей машин і конструкцій, які захищатимуть робочі поверхні від різних видів зношування, навантажень та корозії в агресивних газових і рідких середовищах в широкому інтервалі температур.

В процесі експлуатації крайки та площини відвалів плугів піддаються нерівномірному абразивному зношуванню та ударним навантаженням, з чого можна зробити висновок про доцільність підвищення зносостійкості найбільш навантажених областей.

В якості головного критерія оптимальності технології доречно взяти забезпечення рівного опору та інтенсивності зношування робочої поверхні відвалу. Даний підхід дозволяє площу наплавлюваних зон звести до мінімуму і знизити витрати на відвал плуга.

## **1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ**

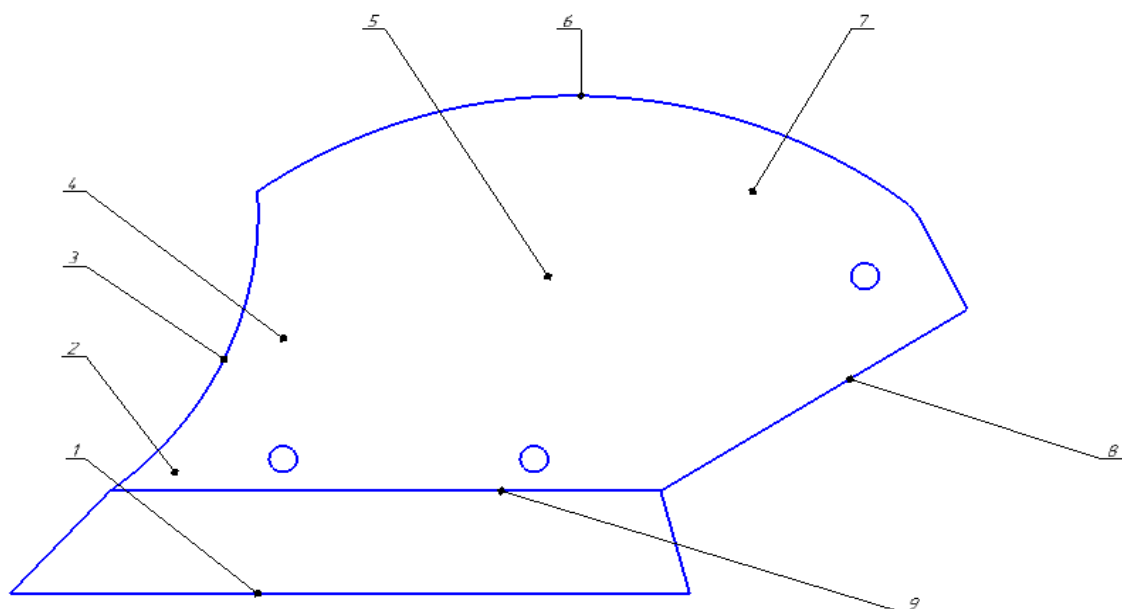
### **1.1 Аналіз умов роботи та видів зношування відвалу плуга**

Станом на січень 2017 року земельний фонд України складав 60.3 млн га, це близько 6% Європи. Площа сільськогосподарських земель складає 42.7 млн. га або 70% всієї території України, а площа орної землі – 32.5 млн га або 78.4% всіх сільськогосподарських угідь. Основним видом обробки ґрунту є оранка.

При проведенні технологічних процесів в сільськогосподарському виробництві широкого застосування набули тонколистові плоскі деталі типу лемехи плугів, відвали корпусів плуга тощо. Такі деталі працюють в умовах абразивного зношування та значних динамічних та статичних навантажень[5].

Робочі органи плугів повинні мати високу міцність і зносостійкість, так як в процесі експлуатації відбувається затуплення леза та зміна їхньої форми та розмірів внаслідок неперервної взаємодії металу з ґрунтом. Відвали рахуються однією з найбільш дорогих та металомістких деталей корпусу плуга. Відвал плуга – це робоча частина корпусу плуга призначена для підйому шару ґрунту, підрізаного лемехом, його деформування, обертання верхнім шаром вниз і відвалювання в борозну. Вплив відвалу на ґрунт залежить від геометричної форми його поверхні, кута розташування та елементів конструкції[4].

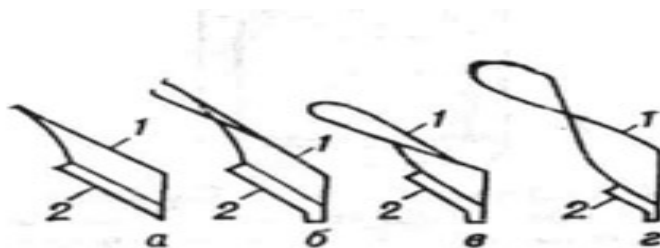
Конструкція плуга з культурним відвалом показана на рисунку 1.1[5, 6].



1 – лемех, 2 – носок, 3 – польовий обріз, 4 – груди відвалу, 5 – робоча область, 6 – верхній обріз, 7 – крило, 8 – борозний обріз, 9 – стиковий обріз

Рисунок 1.1 – Корпус плуга.

По формі робочої поверхні відвали розділяються на циліндричні, культурні, напівгвинтові та гвинтові[3]. На рисунку 1.2 показані види відвалів плуга.



Курсив а – циліндричний, б – культурний, в – напівгвинтовий, г – гвинтовий,

1 – відвал, 2 – лемех

Рисунок 1.2 – Види відвалів плуга[3].

У циліндричних відвалів (рис.1.3) поверхня відповідає частині циліндра і спричиняє значне напруження ґрунту, що сприяє його розпушуванню. Такі відвали адаптовані під гребневу глибоку оранку.



Рис. 1.3 – Циліндричний відвал плугу

У культурного відвалу (рис.1.4) робоча поверхня має груди з малою кривизною, що кришить землю. Відвали з такою робочою поверхнею найбільш розповсюджені і встановлюються на більшості плугів загального призначення.



Рис. 1.4 – Культурний відвал плуга

Напівгвинтові відвали (рис. 1.5) забезпечують невелике кришення пласта ґрунту але хороше його перевертання. Вони використовуються при оранці тяжких, щільних ґрунтів.



Рис. 1.5 – Приклад напівгвинтового відвалу плуга

При оранці гвинтовими відвалами (приклад такого плугу показано на рис. 1.6) перевертання пласта ґрунту відбувається по гвинтовій траєкторії з помірною швидкістю обертут. Відвали такої форми рекомендуються для використання при оранці, не потребуючій великої глибини, в зв'язку з тим, що основним процесом є обертання пласта, а не його подрібнення. Вибір форми гвинтового відвалу(ввігнута, випукла або прямолінійна) базується на витраті енергії на деформацію пласта і максимальному зниженню залипання ґрунту. Процес переміщення ґрунту по відвалу залежить від її складу і фізико-механічних властивостей[2,7].



Рис.1.6 – Гвинтовий відвал плугу

На території України найбільш поширеним є використання плугів типу ПЛН 3-35 який зображений на рис. 1.7, ПЛН –5-35, Lemken Opal 110, Lemken Veri EurOpal 8, Gregoire Besson SPB9, Gregoire Besson RCW 47. Зазвичай деталі типу відвал плуга виготовляються з мало вуглецевої сталі Ст3, конструкційної сталі 65Г, трьохшарової сталі або інженерного пластику Tekrone.

Нижче наведені фізичні та хімічні характеристики матеріалів. Відвали виготовлені зі сталі Сталь 20 повинні піддаватися цементації на глибин 1.5-2мм з подальшим загартуванням до твердості 50-60 HRC. При використанні трьохшарової сталі для виготовлення відвалів, поверхневі шари повинні бути зі сталі Сталь 20 ГОСТ 1050-88 і внутрішній шар Ст.3 ГОСТ 380-2005.



Рис. 1.7 – Плуг марки ПЛН – 3 - 35

Поверхневі шари з більш високою твердістю надають відвалу достатню зносостійкість, а менш твердий внутрішній шар – стійкості до згинального моменту і ударів ґрунту. Товщина кожного з шарів приблизно однакова.

Формоутворення і зміцнювальну термообробку проводять як один технологічний процес. Твердість гарячекатаних листів і смуг повинна бути не більше, ніж 270 НВ, а визначена на загартованих зразках – не менше 56 HRC.

Шорсткість робочої поверхні відвалів повинна бути не вище  $R_a = 2.5$  мкмі відповідати шорсткості поверхні прокату. Також є відвали, які виготовляють з трьохшарової сталі з допомогою прокатування. Для зовнішніх шарів використовується сталь 10, а для внутрішнього сталь 60. Також використовується штампування з моно металу, наприклад сталь 32Г2Р або сталь 36ГР. Для забезпечення необхідної твердості (49-62 HRC) і абразивної стійкості, відвали виготовлені таким способом піддаються подальшій термообробці.

Для покращення якості обробки ґрунту та забезпечення відвалам достатньої довговічності вони можуть виконуватися з різноманітними зміцнюючими покриттями. Використання матеріалів, які сприяють підвищенню зносостійкості відвалів призводить до росту ресурсу плуга. Однак, часто через нерівномірне зношування робочої поверхні відбувається нераціональне використання дорогих присадкових матеріалів.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад матеріалу Сталь 20[1]

Хімічний елемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
Хімічний склад в %,	0.17-0.24	0.17-0.37	0.35-0.65	До 0.3	До 0.04	До 0.035	До 0.25	До 0.3	До 0.08

Таблиця 1.2 - Фізичні властивості матеріалу Сталь 20[1]

T(Град)	$E \cdot 10^{-5}$ (МПа)	$\alpha \cdot 10^6$ (1/Град)	$\lambda$ (Вт/(м*Град))	$\rho$ (кг/ м <sup>3</sup> )	C (Дж/(кг*Град))	$R \cdot 10^9$
20	2.13		52	7850		
100	2.03	11.6	50.6	7830	486	219
200	1.99	12.6	48.6	7800	498	292
300	1.9	13.1	46.2		514	381



400	1.82	13.6	42.8	7730	533	487
500	1.72	14.1	39.1		555	601
600	1.6	14.6	35.8		584	758
700		14.8	32		636	925
800		12.9			703	1094

Таблиця 1.3 - Хімічний склад матеріалу Ст3[1].

Хімічний елемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
Хімічний склад в %	0.14-0.22	0.15-0.3	0.4-0.65	до 0.3	до 0.05	до 0.04	до 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08	97

Процес переміщення ґрунту по відвалу залежить від його складу та фізико-механічних властивостей. Більшість фізичних та фізико-механічних властивостей ґрунту залежать від його механічного складу.

Механічний склад ґрунту вважається однією з найважливіших характеристик, необхідною для визначення виробничої цінності ґрунту, способів обробки, родючості і т.д. Від механічного складу ґрунту залежать практично всі фізичні та фізико-механічні властивості ґрунту: водопроникність, порожність, вологоємність, водопідйомна сила тощо. В значній степені механічний склад визначає родючість ґрунту і складність обробки.

Зношування робочих органів ґрунтооброблюючих машин відбувається в процесі безперервної взаємодії з ґрунтом. На інтенсивність і характер зношування впливає природа і властивості ґрунту. В процесі експлуатації в

деталях ґрунтооброблюючих машин відбувається значна зміна технологічних параметрів і конструктивних характеристик[13].

Деталь працює в умовах абразивного зношування і піддається ударам каміння звідки робимо висновок зміцнювати найбільш навантажені зони. Зношування відвалів і викликане цим ослаблення болтових кріплень може призводити до виникнення тріщин.

Абразивним називається механічне спрацювання деталей внаслідок дряпання поверхні твердими частками при наявності їх відносної швидкості. Абразивні частки можуть бути природного або штучного походження і повинні мати геометричну форму і твердість достатню для дряпання (різання)поверхні.

Те, що зерно випуклою поверхнею або гострим ребром може бути вдавненим, навіть без пошкоджень, у плоску поверхню більш твердого тіла, пояснює спрацювання металу абразивними частками з меншою твердістю.

Абразивне спрацювання викликають ґрунт, руда, вугілля, зола, пил, які потрапили на поверхню тертя, металева стружка ,нагар, продукти спрацювання, особливо частки твердих структур і оксидних плівок, так як твердість оксидів для більшості-металів перевищує твердість самого металу.

Абразивними частками можуть бути:

1) нерухомо закріплені тверді зерна, які входять у контакт по дотичній або під невеликим кутом напрямку до поверхні деталі (наприклад, шаржування твердими частками м'яких антифрикційних матеріалів);

2) незакріплені частки, які входять у контакт з поверхнею деталі(наприклад, абразивні частки у ґрунті);

3)вільні частки у зазорі сполучених деталей;

4) вільні абразивні частки, які переносяться потоком рідини або газу; Основна дія абразивних часток полягає у дряпанні (пластичному відтисненні) металу поверхні. Вдавнена частка при ковзанні відтискує перед собою і убоки, підминає під себе матеріал, залишаючи подряпину(рису). Остання обривається при виході із зони фактичного контакту, коли частка роздробиться або вирве

тверду складову; коли частку буде винесено із зони тертя. Дно канавки при цьому наклепується. Повторення процесу по одній трасі у парах тертя відбувається рідко.

Найчастіше відбувається дряпання, при якому зона пластичного відтиснення перекриває раніш утворену подряпину. Поверхня тертя вкрита подряпинами у напрямку ковзання, а між подряпинами розташовується наклепаний матеріал, який витримав багаторазову пластичну деформацію, вичерпав здатність до пластичного деформування і схильний до крихкого руйнування. При ударно-абразивному спрацьовуванні час взаємодії поверхні з абразивною часткою дуже малий і теплота внаслідок пластичної деформації не встигає розповсюдитися у глибину металу. Значний місцевий нагрів змінює механічні властивості матеріалу, не виключені також структурні перетворення, а удари абразивних часток розхитують зерна поверхні і сприяють руйнуванню.

Для ударно-абразивного спрацьовування характерно утворення на поверхні тертя лунок внаслідок локальної пластичної деформації. Абразивне спрацьовування зазнають деталі сільськогосподарських, транспортних машин, вузли металургійного обладнання, металорізальних верстатів, бурове обладнання нафтової і газової промисловості тощо.

Корозія - етапи порівняно легко руйнуються під впливом зовнішніх умов - повітря, води, розчинів кислот, лугів, солей і т. Д Навіть незважаючи на те, що здаються найміцнішими. Таке фізико-хімічну взаємодію металу із середовищем, що веде до руйнування називається корозією металу.

Навіть в сухому повітрі при звичайній температурі метали і сплави змінюються. Блискуча глянцева поверхня металу може потьмяніти, і стати матовою. Відбувається це внаслідок того, що метал покривається найтоншою плівкою оксиду - продуктів взаємодії металу та кисню повітря. Підвищення температури прискорює цей процес. Якщо утворюється на поверхні металу окісна плівка щільна як, наприклад, у алюмінію і цинку, то вона охороняє метал від подальшого окислення і грає свого роду захисну роль для нього. На інших

металах, зокрема на залізі, поверхнева плівка має пори, через які проникає кисень повітря, тому така плівка не перешкоджає подальшому руйнуванню металу. Утворюється плівка на поверхні металу, не тільки з-за впливу кисню, але й інших газів, що знаходяться в повітрі. З металом реагує сірчистий газ, вуглекислий газ та ін. Ці гази при спільній дії з водяними парами повітря дуже швидко руйнують метал.

Розрізняють декілька видів корозії металу:

- Хімічна корозія металу - коли метали піддаються дії різних газів, рідин, не проводять електричного струму. Хімічна корозія особливо швидко протікає в присутності вологи, вуглекислого газу та кисню повітря. На поверхні залізних виробів у цих випадках утворюється шар іржі, що складається з водяної окису заліза. Електрохімічна корозія металу - що відбувається під дією різних електролітів.

Через хімічної або фізичної неоднорідності металевої поверхні і середовища, корозія різних ділянок поверхні металу може бути нерівномірною.

- Фреттинг-корозія - прискорюється під впливом таких експлуатаційних факторів як тертя, радіація, висока швидкість потоку середовища.

Динамічними називають навантаження, значення яких, напрям або місце прикладання швидко змінюються з часом. До динамічних належать ударні, раптово прикладені і повторно-змінні навантаження. Ударні навантаження виникають, наприклад, під час кування металу або забивання паль; прикладом раптово прикладеного навантаження є тиск колеса, яке котиться по рейці; повторно-змінних навантажень зазнають, наприклад, деталі кривошипно-повзунного механізму двигуна.

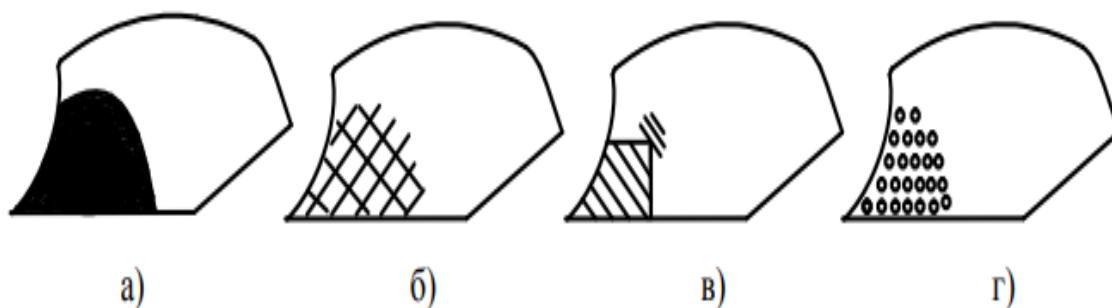
Основними факторами, визначаючими зношування робочих органів ґрунтооброблюючих машин, називають: механічний склад, вологість, щільність і однорідність ґрунту, швидкість переміщення і форма робочих органів, а також властивості матеріалів, з яких вони виготовлені[14,15].

В результаті прискореного зношування поверхонь плугів відбувається зниження якості обробки ґрунту, збільшується тяговий опір агрегатів, а також виникають додаткові експлуатаційні витрати, пов'язані з підвищенням з витратами палива і простоюванням машин, внаслідок заміни зношених деталей, зменшується міжремонтний ресурс плуга в цілому[16,17].

## 1.2 Аналіз методів та матеріалів для нанесення зносостійких покриттів

Для вибору методу нанесення покриття необхідно проаналізувати вид зношування деталі та особливості методів нанесення покриття і визначити використання якого методу забезпечить необхідні показники зносостійкості і максимальну економічну ефективність.

Зараз для підвищення зносостійкості деталей ґрунтооброблювальних машин розроблено багато технологічних процесів. Основними способами зміцнення відвалів плугів є: ручне дугове наплавлення(суцільне або у вигляді сітки), встановлення керамічних пластин, нанесення композиційного покриття[13,14].



а) суцільне дугове наплавлення, б) дугове наплавлення у вигляді сітки, в) зміцнення встановленням керамічних пластин, г) зміцнення нанесенням композиційного покриття.

Рисунок 1.8 – Схема способів зміцнення відвалів плугів

Ручне дугове наплавлення виконується в основному електродами Св-08, Св-08А ГОСТ 2246-70 постійним або змінним струмом. Це дозволяє збільшити ресурс деталі до двох разів. Однак, велика ЗТВ, яка виникає при використанні цього способу може привести до пропалення крайок, викривлення поверхні деталі і також через зниження опору згину основного металу, до поломок відвалу.

При використанні композиційних матеріалів і керамічних пластин їх встановлюють в найбільш зношуваних областях деталі. Однак, варто відмітити відносну складність технологічного процесу при фрезеруванні гнізд на грудях відвалу через складну геометрію поверхні та цементації верхнього шару. Також при роботі на кам'янистому ґрунті велика ймовірність відриву пластини в процесі експлуатації плуга.

У випадку використання плазмового наплавлення основний і присадковий матеріал розплавляють, отримуваним при згоранні плазмоутворюючої суміші. Наплавлення відбувається з використанням пруткових та порошкових матеріалів. Однак даний спосіб характерний виникненням значних зварювальних деформацій і значного тепло вкладення в деталь. Також до недоліків даного методу можна віднести високу трудомісткість процесу та високу вартість матеріалів. До переваг даного методу можна віднести:

- малі втрати матеріалу під час наплавлення 15 - 23%,
- можливість захисту від прямого опромінення екраном,
- можливість нанесення шарів з товщиною до 4.5 - 5 мм.
- забезпечення більш якісного покриття, завдяки можливості регулювання в широких діапазонах тепла[1].

Процес зміцнення тонкостінних деталей робочих органів ґрунтооброблюючих машин може здійснюватися електроіскровими методами. При цьому за рахунок використання дуги малої потужності і електроіскрового переносу присадкового металу запобігають появі пропалів та зменшуються термічні деформації в зміцнюваних і відновлюваних деталях. Використання

даного способу підвищує зносостійкість робочих органів ґрунтооброблюючих машин в 1.2-2.5 рази в залежності від типу ґрунту. Однак даний спосіб характерний низькою продуктивністю, що в свою чергу ускладнює зміцнення значної площі.

При наплавленні струмами високої частоти відбувається плавлення суміші флюсу і порошку наплавлюваного сплаву(наприклад, сормайту), нанесеної на наплавлювану поверхню з допомогою підвідного індуктора, що забезпечує виділення достатньої теплової потужності. Цей спосіб характеризується можливістю регулювання глибини зміцненого шару, високою продуктивністю та мінімальним викривленням деталі. Однак використання цього способу має високу економічну затратність.

У випадку використання науглецювання для зміцнення робочих органів ґрунтооброблюючих машин відбувається насичення поверхневого шару вуглецем до отримання структури білого чавуну. При цьому висока твердість і зносостійкість, підвищення контактної витривалості та витривалості при згині, забезпечуються подальшим загартуванням. Для реалізації даного способу необхідне складне в використанні, дороге обладнання та висококваліфікований персонал.

На основі вищевказаного можна зробити висновок, що основними способами зміцнення робочих органів ґрунтооброблюючих машин є: ручне дугове та газове наплавлення, науглецювання, наплавлення струмами високої частоти та встановлення твердосплавних пластин (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 - Основні способи зміцнення робочих органів  
грунтооброблюючих машин

Найменування способу	Характеристика способу	Недоліки способу
<p>1. Ручне дугове наплавлення</p> <p>1)Валиками, що не перекриваються.</p> <p>2)Суцільне наплавлення</p>	<p>Електроди Св-08, Св-08А</p> <p>Збільшує зносостійкість в 1.6-2 рази</p>	<p>Пропал крайок, викривлення, велика ЗТВ, не застосовується при зношуванні на передній частині деталі, висока ймовірність викривлення і зниження міцності.</p>
<p>2.Наплавлення струмами високої частоти</p>	<p>Можливість регулювання глибини зміцненого шару, висока продуктивність, мінімальне викривлення</p>	<p>Висока вартість обладнання</p>

Продовження таблиці 1.4

Найменування способу	Характеристика способу	Недоліки способу
<p>3. Навуглецювання</p>	<p>Висока твердість і зносостійкість, підвищення контактної витривалості і витривалості при згині</p>	<p>Необхідність в подальшому загартуванні, складне в використанні та високовартісне обладнання, висококваліфікований персонал</p>



4.Встановлення композиційних та керамічних пластин	Підвищує зносостійкість і ресурс, в умовах суглинних ґрунтів в 4-5 разів в порівнянні з незміцненими	Не рекомендується використовувати кам'янистих ґрунтів, висока ймовірність відриву пластин при експлуатації
5.Плазмове наплавлення 1)Прутковими матеріалами 2)Порошковими матеріалами	Матеріали: ПГСР-3, ПГСР-4. Збільшує зносостійкість в 1.5-2.5 рази	Значні тепловкладення, значні зварювальні деформації.

Проаналізувавши умови роботи виробу та необхідні технічні та фізичні характеристики, можна зробити висновок, що найкраще підійде порошок для наплавлення ПГ-СР 3. Нанесення даного матеріалу на виріб гарантує більшу стійкість до корозії, зношення, високих температур та інших агресивних навколишніх умов, що сприятиме підвищенню довговічності та якості експлуатації виробу.

Також, на ринку присутні аналоги даного матеріалу, такі як, Metco 14e та Metco 15C/E 451 але, за умов високих цін на ці матеріали, використовуватимемо ПГ-СР 3. Твердість наплавленого матеріалу, не менше 55.9 HRC, згідно ГОСТ 21448 – 75.

Таблиця 1.5 - Хімічний склад ПГ-СР 3 [2]

C	Cr	Si	B	Ni	Mn	Fe
0.4 - 0.7	13.5 – 16.5	2.5 – 3.5	2.0 – 2.8	Основа	2.5	Не більше 5,0

В процесі роботи, над дисертацією був вибраний метод плазмового наплавлення. На відміну від решти методів нанесення покриття, використання плазмового наплавлення дає вищу зносостійкість. Так як у відвалів складна геометрія, яка ускладнює наплавлення ручним та механізованим способами, необхідно розробити процес автоматичного наплавлення. Також, було обрано порошок для наплавлення ПГ-СР 3, завдяки тим характеристикам, яких набуде виріб після нанесення покриття.

### 1.3 Вплив легуючих елементів присадкового матеріалу

Аналіз та характеристика легуючих елементів це один з найважливіших аспектів роботи над технологічним процесом.

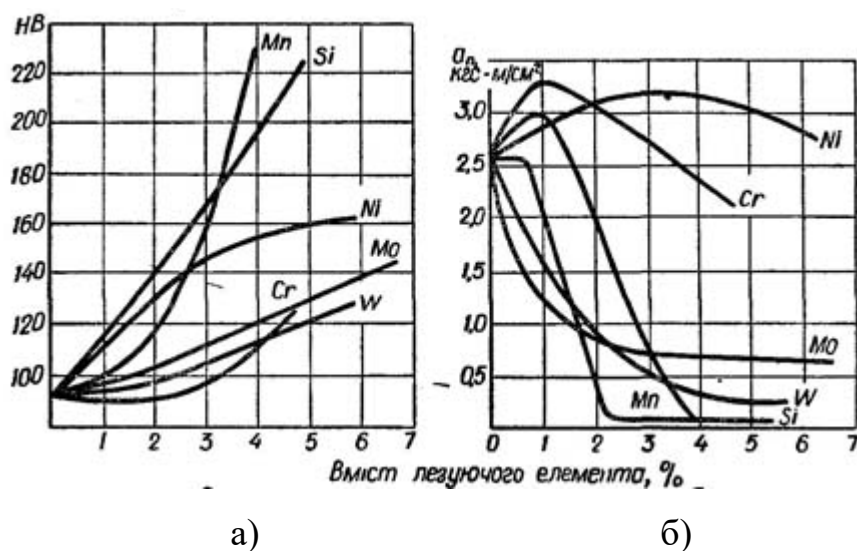


Рис. 1.9 – Вплив легуючих елементів на а) твердість фериту, та б) ударну в'язкість фериту

Проведемо аналіз легуючих елементів порошку для наплавлення ПГ – СР 3:

Так, як вибраний присадковий матеріал виробляється на основі нікелю, його розглянемо в першу чергу.

Нікель рахується одним з найцінніших легуючих елементів – він надає матеріалу підвищеної міцності, високу пластичність і в'язкість. Його використовують у значній кількості, якщо потрібно одержати не магнітну сталь і сталь підвищеного опору корозії. Коли нікель розчиняється в фериті, відбувається його зміцнення.

Вольфрам – один з найдорожчих присадкових металів. З його використанням серйозно зростає твердість матеріалу і надає йому теплостійкості - здатності зберігати твердість за підвищених температур. Його вводять переважно в інструментальні і швидкорізальні сталі.

Хром — один з найдешевших легуючих елементів. Він набув широкого застосування для легування (в сталях конструкційних його вміст досягає навіть 3 %). Наявність хрому в присадковому матеріалі підвищує твердість і міцність при незначному зниженні в'язкості та пластичності. Він частково розчиняється у фериті та одночасно утворює карбіди. Хром підвищує опір корозії — при вмісті понад 13 % сталь стає нержавіючою. Також, хром підвищує жароміцність та змінює магнітні властивості сталі або порошку. Завдяки високій зносостійкості хромистої сталі з неї виготовляють, наприклад, підшипники кочення.

Молібден карбідоутворюючий елемент — введення його, підвищує твердість і міцність сталі в умовах підвищених температур. Він сприяє дрібнозернистості.

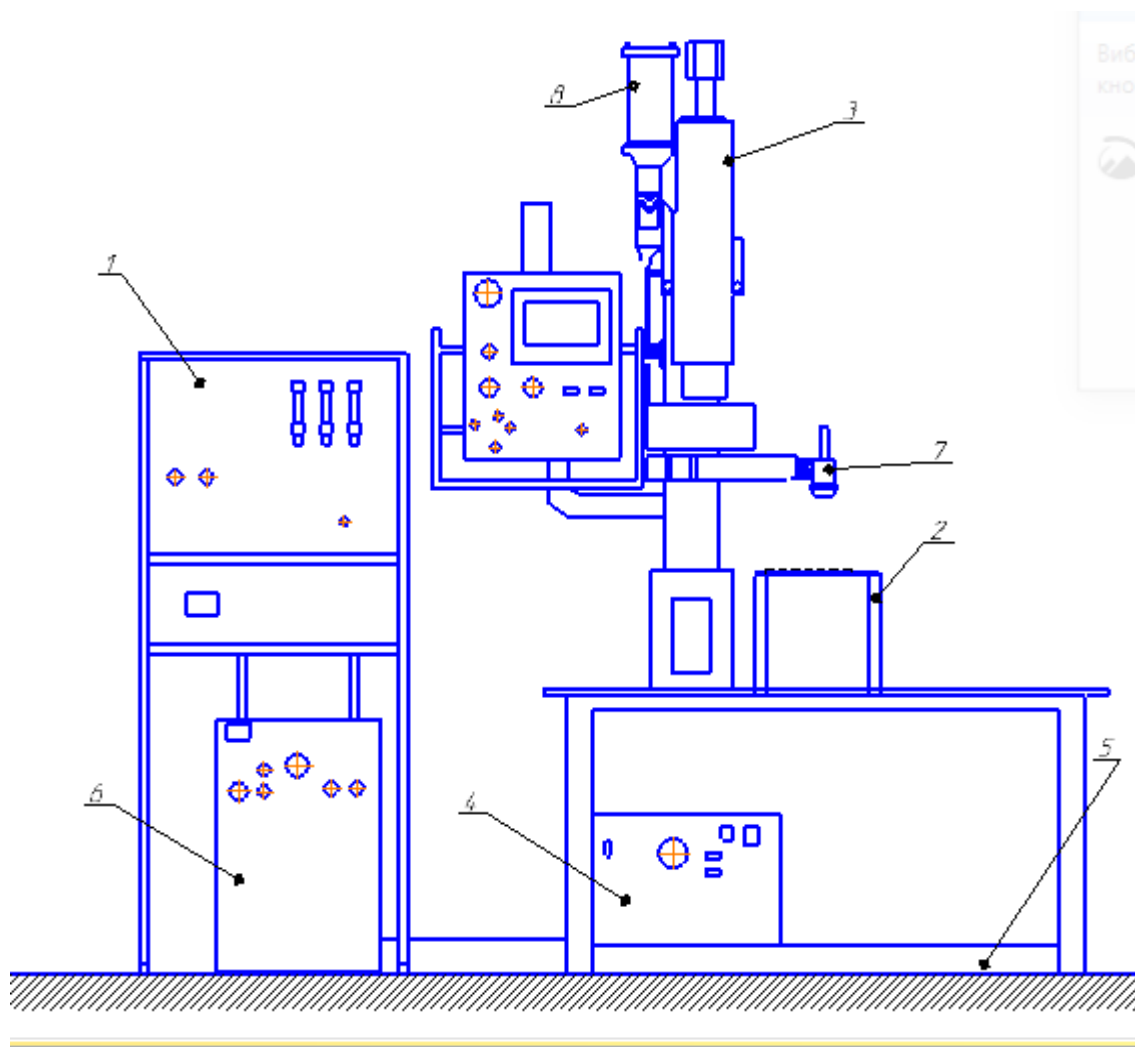
### **Висновок**

Аналіз можливих технологій зміцнення робочих органів ґрунтооброблюючих машин таких, як лемехи, долота, відвали і т.д. показав, що основними способами зміцнення таких деталей є: дугове наплавлення та плазмове наплавлення. Враховуючи складну конфігурацію відвалів найбільш ефективним способом зміцнення буде автоматичне плазмове наплавлення.. Для зміцнення відвалів плуга доцільно використовувати плазмове наплавлення, як найбільш універсальний спосіб.

## 2 ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ

### 2.1 Установка для нанесення покриття

Завдяки своїй простоті в використанні, універсальності та технічним характеристикам будемо використовувати установку РМ-300 для плазмового наплавлення, яка зображена на рисунку 2.1. Дана установка призначена для нанесення покриття на деталі різних геометричних конфігурацій, а саме: торцеві, циліндричні, конічні, плоскі, тощо.



1 – блок керування; 2 – підставка; 3 – наплавочний модуль; 4 – блок охолодження; 5 – станина; 6 – зварювальне джерело живлення; 7 – плазмотрон РР-6-03; 8 – дозатор живильник

Рисунок 2.1 – Установка для плазмового наплавлення РМ-300 [8]

В залежності від поверхні наплавлення до установки додаються станина, обертач, маніпулятор, периферійні пристрої, які будуть забезпечувати необхідне переміщення деталі відносно плазмотрона. На рис. 2.2 показано приклад конструкції установки РМ - 300 в умовах виробництва.



Рис. 2.2 – Установка для плазмового нанесення покриття РМ - 300

Процес наплавлення відбувається з використанням високотемпературної дуги зжатого типу, завдяки вольфрамовому (неплавкому) електроду в плазмотроні. В ролі присадкового матеріалу будемо використовувати порошок для наплавлення ПГ-СР 3 грануляцією 100-160 мкм на основі Ni. Як відомо,

погіршення якості аргону призводить до змін параметрів плазми і, як наслідок, спотворення результатів. Тому, в якості плазмоутворювального газу беремо аргон вищого сорту (99.993% Ar) згідно ГОСТ 10157-79

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики установки РМ - 300 [34]

Ємність бункеру для порошку	3.5 л (15 кг)
Продуктивність наплавлення	0.2 – 8.0 кг/Г
Максимальні габарити деталей в залежності від наплавлюваних поверхонь: -торцеві -плоскі  -циліндричні -внутрішні -зовнішні	Діаметр 450 мм, висота 200 мм Довжина 350 мм, ширина 250 мм, висота 200 мм  Діаметр 200 мм, довжина 250 мм Діаметр 400 мм, довжина 250 мм
Габаритні розміри: Довжина x Ширина x Висота: Станина із зварювальним модулем Зварювальне джерело живлення Блок охолодження	2500x1160x2050 мм 570x300x400 мм 980x640x680 мм
Маса	300 кг
Напруга установки	3x380 В, 50/60 Гц
Діапазон регулювання струму основної дуги (пряма полярність)	30-300 А

Плазмоутворювальний, транспортуючий та захисний газ	Аргон
Загальна витрата газу	< 20 л/хв
Витрати охолоджуючої води	>4 л/хв
Ширина коливань плазмотрона	0 - 50мм
Швидкість переміщення плазмотрона під час коливань	0 - 50 мм/с
Вертикальне переміщення плазмотрона (по осі Z)	300 мм

До складу модуля для наплавлення, як частини установки РМ - 300 входить плазмотрон РР - 6 - 03, який показаний на рисунку 2.2. Як сказано вище, установка може бути укомплектована додатковими плазмотронами прямої полярності.

Конструктивно плазмотрон складається з двох частин - плазмотрона та держателя з горизонтально розташованими комунікаціями. Для розширення масштабів використання плазмотрона до його складу входять дві пари плазмоутворюючих та фокусуючих сопел різноманітного діаметру.

Необхідні комбінації сопел вибираються відповідно до потужності та концентрації плазмової дуги по технології.

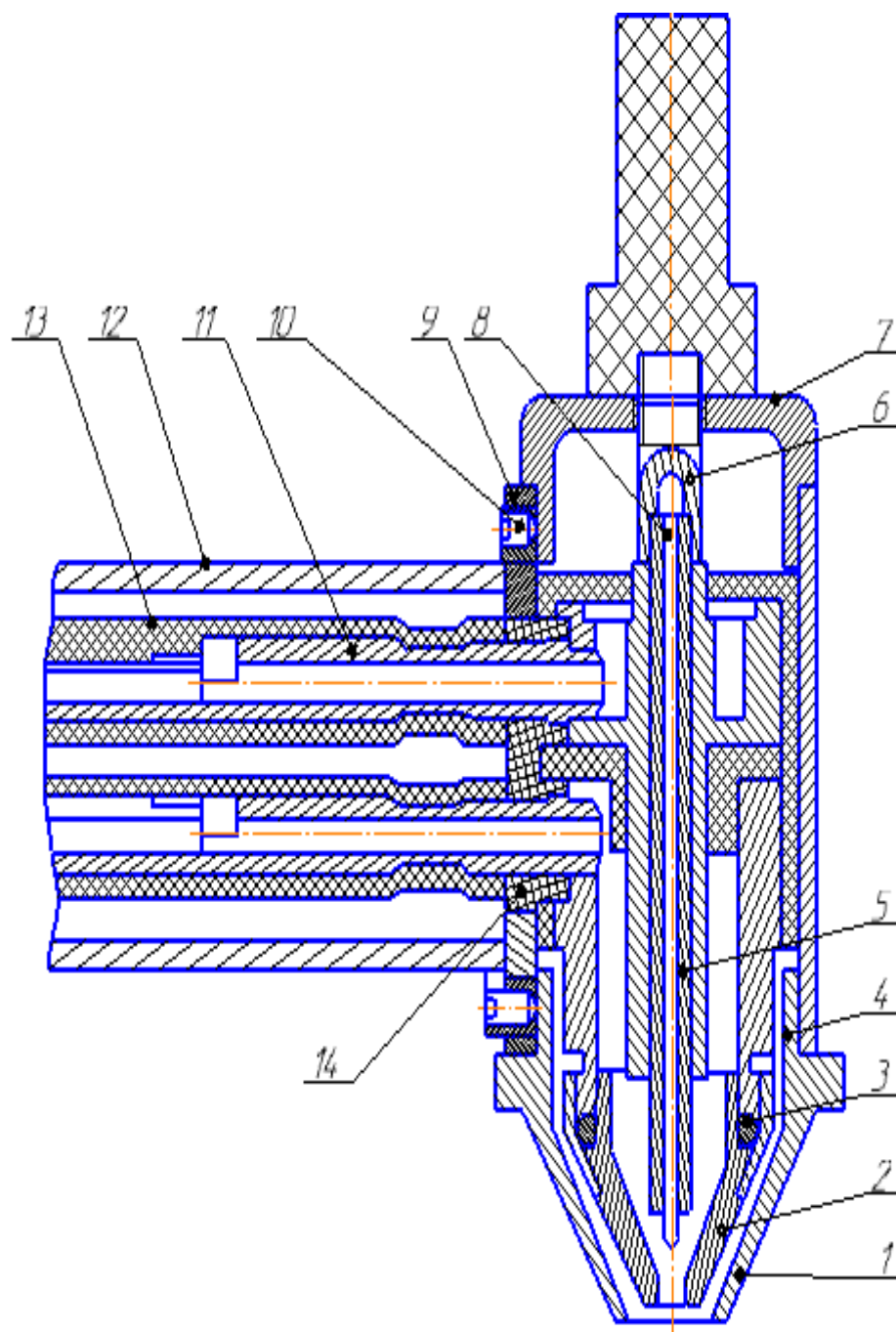
Таблиця 2.2 - Рекомендовані комбінації сопел [34]

Діаметр вихідного отвору сопел: плазм./фокус., мм/мм	Струм прямої дуги, А	Витрати робочого газу л/хв			Фракція порошку, мм
		Плазма	Транспорт	Захист	
3/6	30 - 150	1.0	3.0	8.0	63 - 125
4/8	80 - 220	2.0	3.0	10.0	63 - 200
5/9	150 - 300	2.5	3.5	10.0	80 - 200
6/10	200 - 350	3.0	4.0	12.0	80 - 200

Система охолодження плазмотрона обладнана шлангами, які подають воду для охолодження. Для оптимальної роботи плазмотрона, витрати води потрібні бути не нижче 4 л/хв, що контролюється з допомогою гідравлічного реле, яке знаходиться в наплавлювальному модулі установки. Технічні параметри плазмотрона показані в табл. 2.3.

На рис. 2.2 показано плазматрон РР - 6 – 03.





1 – наконечник; 2 – мундштук; 3 – кільце; 4 – кожух; 5 – цанга; 6 – колопочкова гайка; 7 – кришка; 8 – електрод; 9 – втулка; 10 – гвинт; 11 – струмопідвід; 12 – кожух; 13 – рукав; 14 – епоксидна смола

Рисунок 2.2 – Плазмотрон PP-6-03 [8]

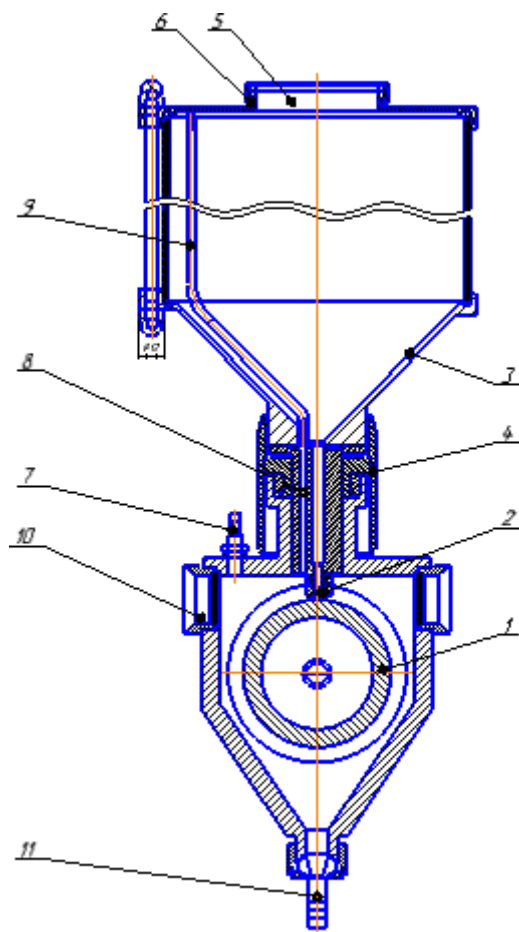
Таблиця 2.3 - Технічні параметри плазмотрона РР - 6 - 03 [34]

Подача присадкового порошку, кг/год	0.5 - 8.0
Фракція порошку, мкм	63 - 200
Струм прямої дуги, А	30 - 350
Струм непрямої дуги, А	30 - 50
Втрати порошку, %	< 5
Витрати робочого газу (аргон), л/хв	12 - 19
Витрати охолоджуючої рідини (вода) л/хв	> 6
Діаметр х Висота, мм	60 х 114
Маса з держателем (без нього), кг	2.5 (1.2)

Система коливань призначена для переміщення (поздовжнього та поперечного) плазмотрону під час наплавлення. Поздовжнє переміщення виконується для калібрування плазмотрона відносно наплавлюваної поверхні.

Поперечні коливання використовуються для отримання валиків з різною геометрією. Як вказано в табл. 2.1 максимальна швидкість переміщення плазмотрона під час коливань - 50 мм/с, а ширина самих коливань в діапазоні 0 - 50 мм.

На рисунку 2.3 зображено живильник-дозатор, який використовується для подачі та відмірювання порошку при подачі в зону наплавлення.



1 – барабан; 2 – дозуюча трубка; 3 – бункер; 4 – регулююча гайка; 5 – горловина; 6 – кришка; 7 – штуцер; 8 – канал для відводу газів в бункер; 9 – трубка для подачі газу в бункер; 10 – оглядове вікно; 11 – штуцер для виходу порошка

Рисунок 2.3 - Живильник-дозатор установки РМ-300 [8]

Живильник-дозатор по зовнішньому вигляду нагадує барабан з поздовжніми зарубками 1 та розташованої вертикально над ним рухомої трубки 2, в якій порошок для наплавлення подається на барабан з бункера 3. Труба жорстко прикріплена до бункеру і разом з ним переміщається при регулюванні робочого проміжку, який регулюється шляхом обертання спеціальної гайки, на якій нанесена шкала. За один оберт гайки трубка проходить шлях в 1 мм.

Робоча зона оснащена оглядовим вікном 10 для візуального контролю за процесом. Бункер може одночасно вміщати в себе до 15 кг присадкового

матеріалу (порошку). Для зниження ймовірності попадання в зону наплавлення повітря бункер заповнюється аргоном і щільно закривається кришкою 6. В бункер аргон подається через мідну трубу 9, яка вмонтована в корпус бункера і спеціальний канал 8. Далі аргон підводиться через штуцер 7. Технічні параметри наведені в табл 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічні параметри живильника-дозатора [34]

Частота мережі живлення, Гц	50
Продуктивність, кг/год	0.2 - 9.0
Проміжок між трубою та барабаном, мм	0 - 3
Напруга живлення, В	220
Ємність бункеру, л	3.5
Грануляція присадкового матеріалу, мкм	60-200
Маса, кг	13

Також, до складу установки входить зварювальне джерело живлення, а саме тиристорний зварювальний випрямляч ВД - 506ДК. Керування струмом можливе з допомогою пульта керування. Сам випрямляч розташований між стійками під блоком керування. Випрямляч ВД - 506ДК призначений для дугового зварювання покритими електродами виробів із сталей на постійному струмі. Є можливість підключення приставки для аргонодугового зварювання (БСН) та пульта дистанційного керування струму.

Зварювальний джерело ВД - 506ДК оснащений тиристорним керуванням. В якості додаткових функцій має регулювання струму КЗ, перемикач ВАХ на три положення, перемикач TIG/MMA. Технічні характеристики наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики випрямляча ВД - 506ДК [34]

Найменування параметру	Значення
Напруга мережі, В	3 х 380
Частота мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А	500
Межі регулювання зварювального струму, А MMA TIG	50-400 12-500
Напруга холостого ходу, В	> 95
Номінальна напруга на дузі, В MMA TIG	40 30
Споживана потужність, кВа	> 36
Маса, кг	165
Габаритні розміри Ш х В х Д, мм	400 х 730 х 690

До основних переваг даного випрямляча можна віднести:

- можливість дистанційного регулювання зварювального струму;
- широкий діапазон регулювання зварювального струму;
- низький коефіцієнт розбризкування при зварюванні MMA;
- легке запалювання та низький рівень виділення газу та диму;
- можливо зварювання в різних положеннях;
- плавне регулювання зварювального струму;
- оснащений тепловим захистом від перевантаження;
- висока стабільність горіння дуги;
- універсальність, в зв'язку з тим, що має три види ВАХ: крутоспадна

для режиму MMA, жорстка для MIG/MAG та штикова для TIG;

- можливість експлуатації при дуже низьких та достатньо високих температурах; ( $-40^{\circ}\text{C}$  -  $+50^{\circ}\text{C}$ )
- простота в обслуговуванні та використанні;
- висока якість формування зварювального шва [35]

### **Висновок**

Проаналізувавши вимоги до покриття та технології було вибрано установку для наплавлення РМ-300, оснащену плазмотроном РР - 6 - 03 та випрямлячем ВД - 506ДК. Також, в розділі наведено технічні характеристики основних елементів установки.

### **3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ**

В даному розділі описується процес підготовки поверхні до наплавлення, її очищення, транспортування, режими плазмового наплавлення, її шліфування, контроль якості нанесеного покриття та консервування виробу.

В процесі плазмового наплавлення, в якості джерела енергії виступає струмінь плазми (високоіонізованого газу). Зазвичай в ролі плазмоутворюючого газу використовують: аргон, азот, водень, гелії та їхні суміші. Як відомо, аргонівий плазмовий струмінь має дуже високу температуру горіння 15000 - 20000 °С . При плазмовому нанесенні покриття матеріал для розпилення вводять в струю плазми у вигляді порошків або дроту.

#### **3.1. Транспортиція виробу**

Деталь доставляється з заводу на вантажному автомобілі марки “MAN” моделі TGX , звідки її (деталь) постачають на склад. Після прийому на складі та візуального вхідного контролю деталь відправляють на ділянку для підготовки до наплавлення та, безпосередньо, нанесення покриття.

#### **3.2. Очищення виробу**

Враховуючи, що деталь надходить до складу напряму з виробництва, можливо, що вона буде мати залишки мастила, або іншої речовини, яка може використовуватись для консервації.

Процес очищення буде проводитись з допомогою апарату високого тиску ET 15/200 (характеристики наведені в табл 3.1) та миючого засобу ХС - 2М, (характеристики наведено в табл. 3.2).

Табл 3.1 - Технічні характеристики АВТ ЕТ 15/200 [36]

Виробник	Ecotes
Робочий тиск, бар	200
Витрати води, л/хв	15
Напруга мережі, В	380
Максимальна температура води, °С	60-155
Паливний бак, л	25
Витрати палива, л/год	5.4
Тип насосу	плунжерний
Габаритні розміри, мм	1050 x 940 x 710
Маса, кг	60

До переваг миючого засобу ХС - 2М можна віднести:

- після висихання не утворює сольовий наліт
- нетоксичний, пожежобезпечний
- високоефективний при очищенні в складнодоступних місцях
- володіє високою миючою дією
- 

Табл. 3.2 - Технічні характеристики миючого засобу ХС - 2М

Концентрація робочого розчину, г/дм <sup>3</sup>	15-20
Температура робочого розчину, °С	50-70
Час обробки, хв	1-5



### 3.3.Процес підготовки обладнання та матеріалів для наплавлення

Перш за все, необхідно підготувати порошок ПГ-СР 3 та плазмоутворювальний газ. З вищепереліченого, лише порошок зазвичай потребує попередньої підготовки перед нанесенням покриття.

Для запобігання окисленню елементів обладнання та напилювального матеріалу підготовка газу включає в себе очищення від залишків кисню та вологи.

Підготовка установки до наплавлення складається з перевірки усіх вузлів на чистоту та працездатність. В цей процес також входить підключення систем для подачі охолоджуючої рідини та плазмоутворюючих газів до плазмотрону та заповнити матеріал в живильник-дозатор. Плазмотрон перед експлуатацією необхідно ретельно оглянути, та, при необхідності, очистити.

### 3.4.Процес нанесення покриття на поверхню деталі

Перед початком процесу, деталь необхідно помістити на мідну підкладку для зменшення зварювальних деформацій та локально закріпити навколо зони наплавлення зажимами, на відстані, не менше 15 мм від краю ЗТВ. Також, необхідно виставити на пульті керування параметри наплавлення, а саме: сила струму  $I$ , напруга на дузі  $U_d$ , витрати плазмоутворюючого газу та витрати порошку, які вказані в табл 3.3.

Табл. 3.3 - Параметри нанесення покриття

Сила струму, А	90-100
Напруга на дузі, В	16-18
Витрати плазмоутворюючого газу, л/хв	12-14
Витрати порошку, г/хв	18-23

Приклад структури основного та наплавленого металу показано на рис. 1.4 – 1.5 відповідно.

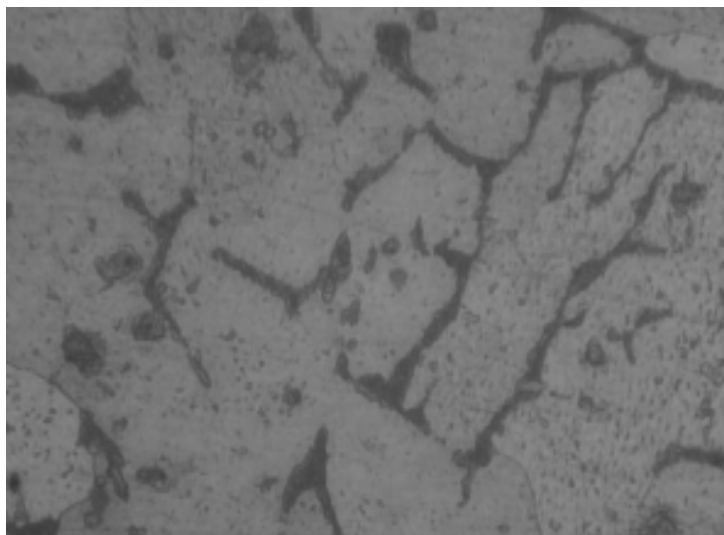


Рис. 1.4 – Ферито-перлітна структура основного металу



А)

Б)

А –  $h=1.0 - 1.2$  мм, Б –  $h=1.5 - 1.7$  мм

Рис. 1.5 – Розподіл карбідних складових і границя зплавлення наплавленого покриття і основного металу

На рисунку 1.5 можна побачити, що в покритті спостерігаються карбіди малих розмірів неправильної геометричної форми. Вони зосереджені в верхніх шарах покриття та розподілені рівномірно по всьому об'єму наплавлення. Також, шляхом металографічного аналізу можна визначити, що основний матеріал та наплавлений матеріал мають вузьку перехідну зону.

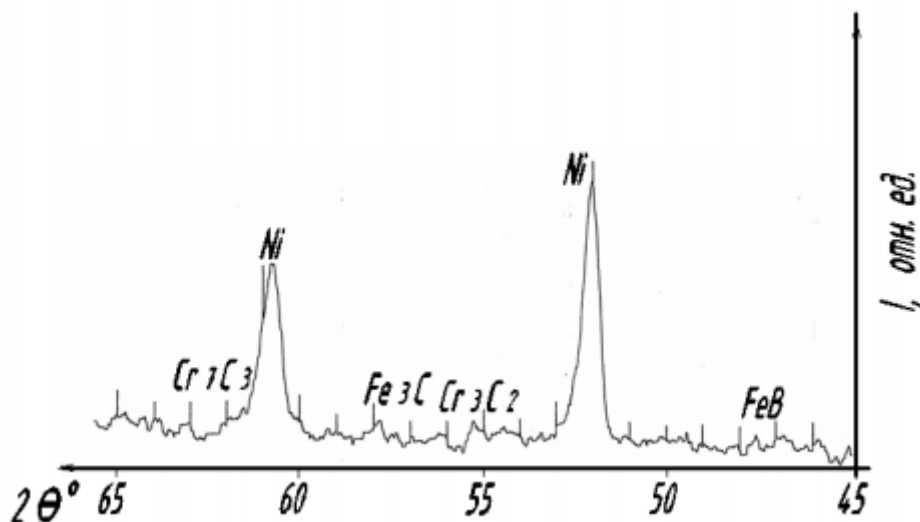


Рис. 3.1 - Фазовий склад зразків з висотою захисного покриття 1.0 - 1.2 мм

Також приведемо приклад фазового складу для зразків з більшою товщиною покриття (табл 3.2).

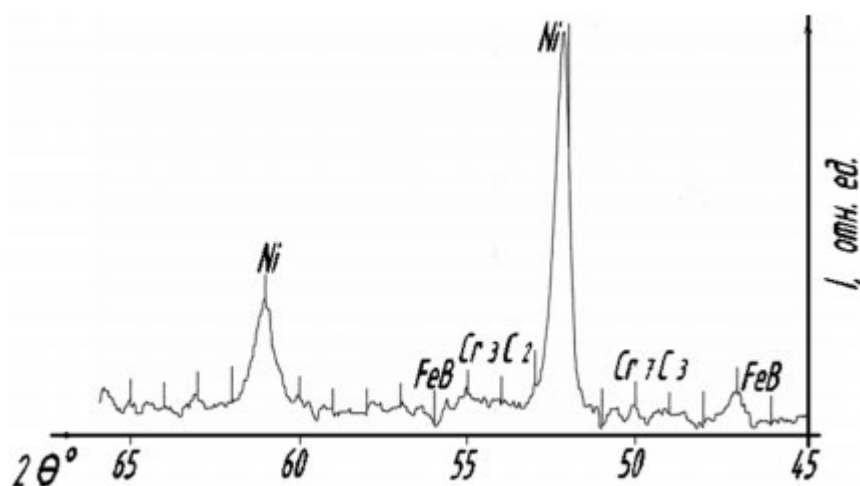


Рис. 3.2 – Фазовий склад зразків з висотою захисного покриття 1.5 – 1.7 мм

Проаналізувавши дані діафрактограми можна зробити висновок, що в захисному покритті основний матеріал – твердий розчин легуючих елементів  $\gamma$ -Ni також помітні карбіди  $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ .

Для отримання самозаточення на краю зони наплавлення товщина наплавленого шару менша, ніж решта покриття.

Після закінчення процесу наплавлення виріб знімають з пристосування, не допускаючи ушкодження покриття. Екрани-маски та інші захисні пристосування знімають після охолодження виробу з покриттям до кімнатної температури так, щоб не пошкодити покриття.

### 3.5.Контроль якості нанесення покриття

Наплавлення поверхні контролюється в процесі наплавлення та після його закінчення, сюди входить: відсутність сторонніх включень, тріщини, непропавлень, точок перегріву. Також, необхідно контролювати товщину покриття з допомогою товщиноміра ETARI ET 555, призначеного для визначення товщини покриття будь - яких типів. Даний прилад має електромагнітний (для чорних металів) та вихрострумний (на кольорових металах) принципи дії. Технічні характеристики в табл. 3.4.

Табл. 3.4 - Технічні характеристики товщиноміра ET 555

Похибка в точності вимірювання, мкм	$> \pm 5\%$
Умови роботи, °C	-25 - +50
Крок виміру, мкм	1
Маса, кг	0.1
Габаритні розміри, мм	120 x 40.5 x 29.5

До переваг даного товщиноміру можна віднести:

- низьке енергоспоживання
- висока швидкість обробки даних
- висока точність вимірювання
- захист від обмороження

- можливість вимірювання в складно доступних місцях

### **3.6.Консервування виробу**

Консервація деталі не обов'язкова і проводиться виключно за вказівкою замовника. Зазвичай, деталь консервується у мастилі або у іншій речовині, яка забезпечує довговічне зберігання деталі та захист від корозії та інших агресивних середовищ.

Після закінчення процесу консервування запаковану деталь переправляють на склад готової продукції.

### **Висновок**

В даному розділі був розроблений технологічний процес нанесення покриття, показані методи контролю якості наплавленого шару та наведено основні режими наплавлення.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

При застосуванні плазмового наплавлення необхідне застосування спеціальних заходів для створення сприятливих умов роботи. Це зумовлено тим, що для стабільної роботи неплавких електродів їх необхідно стабілізувати присадковими матеріалами, випаровування яких може призвести до отруєння.

Також, випаровування основного металу також небезпечні для здоров'я людини. Вміст оксидів азоту в повітрі робочої зони може перевищувати гранично допустиму концентрацію в 10 разів. Також утворюється озон та сам процес роботи супроводжується високим рівнем шуму (120 дБА), зазвичай в поєднанні з ультразвуком. При плазмовому напавленні всі види випромінювання (ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне) рахується одним з найбільш шкідливих для здоров'я людини. Однак, література вказує, що плазмове наплавлення є одним з найменш шкідливих видів наплавлення.

### **4.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ)**

Для визначення та аналізу основних шкідливих та небезпечних факторів в процесі плазмового наплавлення звернемося до таблиці [22].

Проаналізувавши таблицю можемо визначити, що для даного способу нанесення покриття характерні такі шкідливі та небезпечні фактори [22]:

1. Шкідливі речовини;
2. Ультрафіолетове випромінювання;
3. Видиме випромінювання;
4. Інфрачервоне випромінювання;
5. Високий рівень шуму;
6. Ультразвук;
7. Електричний струм;

8. Іскри, бризки та викиди розплавленого металу;
9. Рухомі механізми та вироби;
10. Системи, які знаходяться під тиском, відмінному від значення атмосферного;

- **Шкідливі речовини** утворюються в процесі нанесення покриття негативно впливають на навколишнє середовище, в повітрі в формі газів та ЗА. Виникають вони внаслідок термічного впливу плазмового потоку на основний метал та присадковий матеріал, що в результаті впливає на зміну їхнього фізичного стану або зміну структури, що несе за собою випаровування;

- **Аерозолі.** Враховуючи, що основні джерела зварювальних аерозолей складаються з присадкового матеріалу. Звідси, необхідно проаналізувати вплив хімічного складу присадкових матеріалів на утворення зварювальних аерозолей та встановити ступінь можливості зменшення виділень ЗА шляхом вдосконалення їхнього хім. складу;

Основними показниками, впливаючими на рівень ЗА є:

- аерозолі, що утворюються з покриття електроду, флюса або серцевини присадкового дроту, що самі собою є джерелами зварювальних аерозолей;

- покриття електроду, флюса та серцевина присадкового дроту можуть стримувати появу зварювальних аерозолей з металевого розплаву;

- аерозолі, що утворюються з металевого покриття вступають в хімічну реакцію з аерозолями, які утворюються з покриття електродів, флюса та серцевини порошкового дроту;

Також, варто підмітити основні фактори, що впливають на виділення зварювальних аерозолей в процесі плазмового нанесення покриття.

Табл. 4.2 - Фактори, що впливають на виділення ЗА [20]

Основні матеріали, що беруть участь в зварювальному процесі та режим зварювання	Наплавлення в аргоні неплавким електродом	Характеристика шкідливих речовин, що утворюються при зварюванні
Зварювальний матеріал	-	Шкідливі речовини ЗА, що утворюються зі зварювального матеріалу: сполуки Mn, Ni, Fe, Cr, K, Ca, F, Ti тощо
Зварюваний метал	Хімічний склад металу	Шкідливі речовини ЗА, що утворюються із основного металу: Fe, Ni, Cr, Ti, Mn тощо
Захисний газ	Аргон	Шкідливі газоподібні компоненти ЗА, що утворюються із захисного газу та оточуючої дуги атмосфери: CO, N <sub>x</sub> O <sub>y</sub>
Технологічні параметри режиму зварювання	Зварювальний струм, напруга дуги, вид та полярність струму, швидкість зварювання, витрати плазмутворюючого газу, витрати присадкового порошку	Рівень виділення шкідливих речовин ЗА: інтенсивність, г/хв; питоме виділення, г/кг зварювального матеріалу; вміст в повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>



В процесі наплавлення електродне покриття, серцевина порошкового дроту або флюс, плавляться, утворюючи шлак, який в той час, як виконує основну свою функцію - захист металевого розплаву від навколишнього середовища, також, не дає випаровуватися з нього летучих елементів. В такому випадку потенційно шкідливі метали, що потрібні для забезпечення необхідних фізико механічних властивостей наплавленого шару, бажано вводити, якщо це можливо, в електродний стрижень, а не в електродне покриття, серцевину порошкового дроту або флюс. Деякі летучі складові зі шлакової ванни (фтористі сполуки та оксиди лужних металів) легко перетворюються в ЗА, в той час як більш тугоплавкі оксиди магнію, що утворюються за карбонату магнію і оксиди титану переходять в ЗА в малих кількостях.

- **Випромінювання** є серйозною проблемою в процесі плазмового нанесення покриття, так як, тут задіяні видиме, ультрафіолетове та інфрачервоне види випромінювання;

- **Шуми.** Як відомо, процес плазмового наплавлення, завдяки роботі установки, супроводжується шумом рівнем до 120 - 130 дБА, а це, серйозно перевищує допустимі норми. Одним з основних джерел шуму на робочому місці є плазмотрони Крім цього, на робочій станції можуть бути присутні інші джерела шуму, що, в свою чергу, також створює несприятливі умови для роботи;

- **Психофізіологічні фактори**, до яких можна віднести нервово-психічні (емоційні перенавантаження, розумові та емоційні, одноманітність роботи) та фізичні перевантаження;

- До **соціальних ШВНФ** відносять неякісну організацію роботи, напружені відносини всередині колективу, зміна біоритмів, невдоволення роботою або робочим процесом, понаднормова робота, соціальна ізоляція (включаючи відрив від сім'ї);

Так як даний процес автоматизований, то варто згадати про позитивні та негативні наслідки використання роботів при плазмовому наплавленні.

До переваг можна віднести:

- зменшення об'єму некваліфікованої ручної праці;
- поліпшення умов роботи;
- зниження шансу та рівня травматизма на підприємстві;

До небезпечних виробничих факторів в використанні роботів на підприємстві відносять:

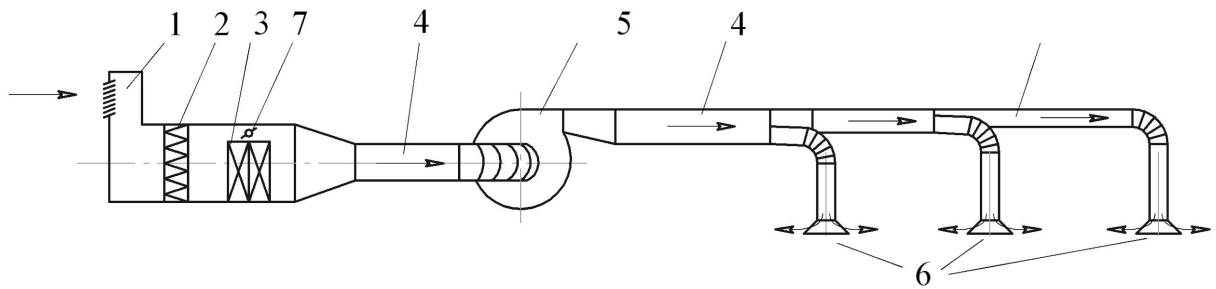
- непередбачені рухи виконавчих органів, робота під час навчання та наладки, регулювання й ремонту;
- помилкові дії оператора під час ремонту, роботи або наладки робота
- порушення умов експлуатації технологічного комплексу або використання на за прямим його призначенням, або в невідповідності до його технічних даних
- порушення умов ергономіки та охорони праці при організації автоматизованої або роботизованої ділянки, зокрема, неправильне розташування обладнання, тари, транспортних засобів, завантажувальних та розвантажувальних систем та пультів керування.

-

#### **4.2. Інженерні рішення для забезпечення безпеки технологічного процесу**

В процесі розробки інженерних рішень було проаналізовано технологічний процес та його особливості.

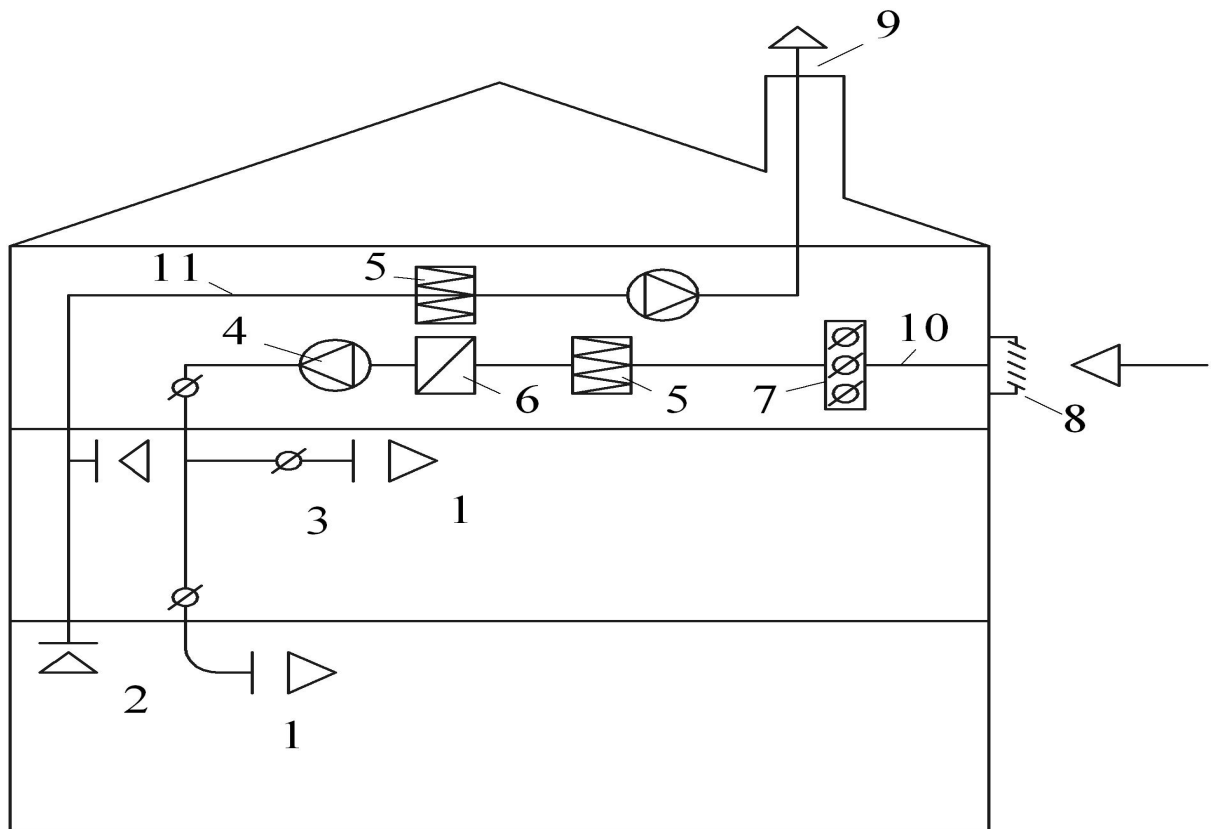
Згідно вимог в цех обладнаний загальнообмінною приточновитяжною системою вентиляції. Видалення повітря проводиться з нижньої зони, а подача повітря проводиться струменями низької концентрації в верхню частину робочої зони, де скупчуються ЗА і таким чином, відбувається їхнє розрідження та очищення повітря. Для порівняння на рис. 4.1 - 4.2 наведено схеми різних систем вентиляції.



1 - повітрозабірний пристрій; 2 - фільтр для очищення повітря; 3 - калорифер; 4 - повітропроводи; 5 - вентилятор; 6 - приточні патрубки; 7 - обвідний канал;

Рис. 4.1 - Схема приточної вентиляції [23]

В використанні даної схеми одним з недоліків є те, що об'єм приточного повітря дорівнює об'єму витянутого повітря. Розглянемо схему на рис. 4.2.



1 - розподільники повітря; 2 - повітроприймачі; 3 - заслінки; 4 - вентилятор; 5 - фільтр; 6 - нагрівач повітря; 7 - повітряний клапан; 8 - зовнішня решітка; 9 - витяжна "парасоля"; 10 - приточний повітряпровід; 11 - витяжний повітряпровід

Рис. 4.2 - Схема системи приточно-витяжної вентиляції [23]

Дана система нам підходить. При виборі реальної системи вентиляції будемо брати за основу дану схему.

Одною з головних задач при розробці технологічного процесу, яку потрібно ставити перед собою - це забезпечення особистої безпеки працівників та операторів обладнання [29] .

- безпека праці повинна відповідати вимогам стандарту ДСТУ 2456-94 [24]

В зв'язку з цим були обрані наступні засоби особистого захисту:

- маска зварника для захисту очей, обличчя та шиї від випромінювання струменю плазми та бризків розплавленого металу;
- спеціальний одяг зварника, який відповідає стандартам
- засіб індивідуального захисту органів дихання 3M FFP2 з клапаном.

В зв'язку з тим, що процес плазмового нанесення покриття супроводжується різними видами випромінювання, а саме видиме, ультрафіолетове та інфрачервоне, то виберемо маску зварника ECO-ARC ESAB з підйомним склом показану на рис. 4.3. Враховуючи що одним з найважливіших елементів екіпірування персоналу, який має справу з наплавленням та високими температурами є спецодяг, який має бути вогнестійким.



Рисунок 4.3 – Маска зварювальна ECO-ARC ESAB



Рис. 4.4 - Костюм зварника 491NR-91KR-FLAM-15

### 4.3. Розрахунок інженерних рішень

Відповідно до ДСТУ 2456-94[24] при зварюванні покритими електродами, неплавкими електродами, автоматичному, напівавтоматичному в захисних газах, під шаром флюсу, порошковим дротом слід використовувати місцеву вентиляцію. Також є доцільним використовувати таку вентиляцію при зварюванні гальванопокритих і кольорових металів, при точковому контактному зварюванні, при контактному стиковому зварюванні та при термічному різанні металів. В усіх інших випадках можна використовувати загальнообмінну вентиляцію. Її також слід використовувати в поєднанні з місцевою вентиляцією, яка розрахована на витягування шкідливих речовин з приміщення, які не змогли видалити місцеві витяжні пристрої.

Розрахунок швидкості повітря висмоктувача розраховується наступним шляхом:

$$V_o = 8 \cdot V_x \cdot (x/d)^2 = 8 \cdot 0.3 \cdot \left(\frac{0.4}{0.5}\right)^2 = 1.45 \text{ м/с},$$

де,  $d$  – діаметр вхідного отвору, м

$x$  – відстань від вхідного отвору воронки до зони зварювання, м.

Об'єм повітря що видаляється висмоктуючим пристроєм розраховуються за:

$$L_M = 3300 \cdot F_o \cdot V_o = 3300 \cdot 0.2 \cdot 1.4 = 937 \text{ м}^3/\text{год}$$

де,  $V_o$  - швидкість повітря в отворі висмоктувача, м/с

$L_M$  - об'єм повітря, яке необхідно видалити місцевою вентиляцією,

$F_o$  - площа відкритого перерізу витяжного отвору висмоктувача.

#### 4.4.Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

Плазмові методи нанесення покриття повинні проводитись в окремо виділених для цього приміщеннях або ізольованих частинах цеху. Додаткові операції для плазмового нанесення покриття (очищення, підготовка порошків, механічна обробка і т.д.) проводяться за межами основної робочої ділянки, з використанням плазмових методів нанесення покриття.

Ручне плазмове наплавлення необхідно виконувати в укритті типу “витяжна шафа”, внутрішня поверхня якої повинна бути звукопоглинаюча. Установки для використання високочастотної низькотемпературної плазми потребують екранування.

Балони із газом повинні бути розташовані поза межами робочої ділянки для роботи з плазмою та наступної подачею до газозбірного щитка.

Приміщення для зберігання водню повинні бути оснащені механічною притоко-витяжною вентиляцією, кратністю повітрообміну 10 і вище. З допомогою автоматичних газоаналізаторів необхідно контролювати вміст водню в повітрі приміщень.

Плазмове напилення виконується в герметичних камерах з контролем атмосфери або в кабінках, вкритих зсередини звукопоглинаючим покриттям з коефіцієнтом звукопоглинання не менше 0.7.

При напиленні деталей великих розмірів для зниження рівня шуму та ультразвуку слід застосовувати звукоізоляційні кожухи, що не міцно прикріплені до обладнання.

Якщо в технологічному процесі вказано, що на установці неможливо застосовувати звукоізолюючі покриття або кожухи, операторам слід знаходитися в звукоізолюючій кабіні з вікнами для спостереження та керування процесу.

Якщо місцева вентиляція не може забезпечити потрібну чистоту повітря, наприклад, при різанні в замкнених і напівзамкнених приміщеннях, необхідно здійснювати подачу чистого повітря в зону роботи оператора.

Для зниження ймовірності ураження електричним струмом разом із загальними засобами забезпечення безпеки працівника необхідно перевіряти роботу кнопочних пристроїв дистанційного включення і вимикання установки з метою запобігання випадкового пуску обладнання і блокуючих пристроїв, що забезпечують автоматичне вимкнення електроживлення в разі зупинки подачі охолоджуючої рідини, а також блокування кожуха, що закриває струмопідвідну частину осцилятора і відключає електроживлення при знятті кожуха.

Усі процеси з плазмового нанесення покриття повинні проводитись в складі, не менше, ніж з двох робітників.

Для обезжирювання виробу перед початком наплавлення заборонено застосовувати трихлоретилен, який при взаємодії з азотом можливе утворення фосгену.

#### **4.4.1 Пожежна безпека**

Електричне обладнання, що застосовують для нанесення покриття, і умови його експлуатації повинні бути згідно вимог ДНАОП 0.00-1.32-01 [30] та ДНАОП 0.00-1.21-98 [31]. Корпус установки для електрозварювальних робіт потрібно заземлювати. Захисне заземлення і занулення виконується згідно з ПУЕ-2017 [32].

Послідовне включення в заземлюючий провідник декількох апаратів заборонено. Окремі елементи зварювального кола, а також відрізки зварювальних кабелів при нарощуванні довжини повинні бути з'єднані роз'ємними з'єднувальними муфтами. Забороняється з'єднувати зварювальне коло скрутками з оголеним кабелем. Необхідно щоб струмопідвідні кабелі зварювального кола були по всій довжині ізольовані та захищені від механічних ушкоджень. Зворотнім проводом, що з'єднує зварювальні вироби з джерелом

зварювального струму, можуть слугувати гнучкі, а також металічні шини достатнього перерізу, зварювальні плити і сама зварювальна конструкція.

Використання в якості зворотного проводу мережі заземлення металевих конструкцій будівлі, комунікацій і незварювального обладнання забороняється.

З'єднання між собою окремих елементів, що використовуються в якості окремого проводу, повинно виконуватися з високою обережністю та точністю (зварювання та/або зажим струбциною). При зварюванні кругових швів допускається з'єднання зворотного проводу з виробом, що зварюється, за допомогою ковзкого контакту. Зажим вторинної обмотки трансформатора, до якого підключається зворотній провід, а також аналогічні зажими у зварювальних випрямлячах і генераторах, в яких обмотки збудження підключаються до розподільчої електричної мережі без розділяючого трансформатора, необхідно заземлювати.

Якщо установка має кілька пультів керування, обслуговування яких з одного робочого місця неможливе, кожен пульт повинен бути обладнаний апаратом ручного аварійного відключення.

На установках або автоматичних лініях з великим фронтом обслуговування кнопки аварійного відключення повинні розташовуватися одна від одної на відстані не більше 10 м. Кнопки керування, що використовуються у таких випадках, повинні мати защіпки, які забезпечують тільки примусове повернення контактів у початковий стан. Якщо для забезпечення безпеки працюючих установкою необхідно керувати одночасно обома руками, система керування повинна забезпечити дворучне включення, що допускає можливість пуску установки тільки одночасним включенням пускових кнопок (рукояток), які повинні розташовуватися на відстані 300-600 мм одна від одної.

В особливо відповідальних випадках для дворучного включення повинна бути передбачена протизаклинна схема, яка знижує ймовірність до нуля роботи на установці, якщо одна з кнопок (рукояток) включення заклинена. Схема приєднання декількох джерел зварювального струму, що працюють на одну



зварювальну дугу, повинна виключати можливість одержання між виробом і електродом напруги, що перевищує найбільшу напругу холостого ходу одного з джерел зварювального струму.

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 [33] приміщення, у яких виконуються зварювальні роботи, за вимогами вибухопожежної небезпеки належить до категорії Г (негорючі речовини й матеріали у гарячому, розжареному, розплавленому станах, процеси обробки яких супроводжуються виділенням променистої теплоти, іскор та полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються чи утилізуються у вигляді палива). Згідно з ДНАОП 0.00-1.21-98 та ДНАОП 0.00-1.32-01 у приміщенні виділяється зона II-Па, де обертаються тверді горючі речовини. Категорія за БЕМЗ (безпечний експериментальний зазор між фланцями оболонки, мм) – ПА ( $> 0,9$  мм).

Група вибухобезпеки сумішей (за температурою самозапалювання) – ТІ (ТС) В  $> 450$  °С. Ступінь вогнестійкості будівлі – І (не допускається поширення вогню на основні будівельні конструкції), мінімально допустиме обмеження вогнестійкості – 2,5 год, максимально допустиме обмеження поширення вогню для внутрішніх стін – 25 см. застосування пожежної сигналізації з датчиком (ИДФ-І, ДПД і др.); використанням вогнегасників (клас пожежі В):

- ОХП-10, ОХВП-10;
- ОВП-7, ОХ-7, ОП-10А;

для класу пожежі Е вогнегасники типу

- УО, ОП-10А відповідно до НАПБ Б.03.002-2007;

При організації технологічного процесу необхідно дотримуватися усіх вимог електростатичної безпеки. Передбачається також:

- аварійне зливання пожежонебезпечних рідин;
- аварійне втручання горючих газів із апаратури;

Рекомендації:

- періодична очистка робочого місця цеху;
- апаратури від горючих відходів;

- відкладання пилю;
- вилучення пожежонебезпечних відходів виробництва;
- заміна легкозаймисті рідини та горючі рідини на пожежобезпечні технічні миючі засоби;

- у випадку пробою електричної напруги на корпус зварювального агрегату необхідно відключити рубильник і довести до відома про це майстра або начальника ділянки;

- у випадку потрапляння кого-небудь з персоналу під напругу, перш за все необхідно відключити зварювальний агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яну поверхню, підклавши під голову м'яку матерію, викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103, в разі необхідності, надати постраждалому першу медичну допомогу;

- У випадку загорання зварювальної установки необхідно відключити рубильник і приступити до гасіння пожежі за допомогою вогнегасника;

- у випадку одержання травми необхідно довести до відома про це майстра, начальника ділянки та звернутися в медпункт;

- у разі появи стороннього шуму, запаху гару, необхідно вимкнути електроживлення загальним рубильником;

- У випадку розлиття будь якого продукту необхідно засипати піском зібрати і усунути у безпечне місце;

- при виникненні іскріння (спалахування) струмоведучих частин електрообладнання, працівник зобов'язаний негайно їх знеживлити, повідомити про це керівництво підрозділу;

У випадку виникнення пожежі працівник зобов'язаний:

- припинити роботу;
- обезживлити електрообладнання;
- негайно розпочати гасіння наявними засобами пожежогасіння та донести до відома керівництву та пожежній охороні;

- доповісти про те, що трапилось завідувачу лабораторії;
- винести з приміщення посудини з вогнебезпечними речовинами;
- працівник повинен вжити заходів щодо надання необхідної допомоги потерпілому при нещасних випадках до прибуття лікаря;

#### Послідовність надання першої допомоги:

- усунути вплив на організм небезпечних та шкідливих чинників, які загрожують здоров'ю та життю постраждалому (звільнити від впливу електричного струму, винести із зараженої атмосфери, погасити одяг, що горить, тощо);
- визначити характер та тяжкість травм, найбільшу загрозу для життя постраждалого та послідовність заходів щодо його рятування;
- виконати необхідні заходи щодо рятування постраждалого за порядком терміновості (відновити прохідність дихальних шляхів, провести штучне дихання, зовнішній масаж серця, зупинити кровотечу, іммобілізувати місце перелому, накласти пов'язку тощо);
- підтримувати основні життєві функції постраждалого до прибуття медичного працівника;
- викликати лікаря, або прийняти заходи для транспортування постраждалого у найближчий лікарський заклад;
- допомога постраждалому, яка надається не медичними працівниками, не повинна замінювати допомогу з боку медичного персоналу та повинна надаватися лише до прибуття лікаря;

## 5 СТАРАП - ПРОЕКТ

Поняття стартапу як форми малого підприємства набуло широкої популярності по всьому світу через появу інтернету, через що стало легше шукати інвесторів, розповсюджувати свою продукцію та ідеї на інші ринки та знаходити свою аудиторію користувачів і, завдяки цьому стало однією з основних складових частин сучасної інноваційної економіки, оскільки, завдяки гнучкості та експоненціально зростаючого ринку стартапів сумарна кількість інновацій росте відповідно.

Опис проекту: враховуючи, що найбільшою галуззю економіки в Україні є сільське господарство, яке становило практично 40% експорту станом на 2018 рік та працевлаштує майже 3 млн. населення, розробки, дослідження та інновації в даній галузі є критичними для добробуту та фінансових інтересів Держави.

Основна проблема теперішнього стану полягає в тому, що при високих цінах на продукцію та комплектацію не відбувається максимальної реалізації по відношенню ціна/якість. На сьогоднішній день використовуються чисельні методи підвищення зносостійкості відвалів плугів, які потребують розвитку та володіють характерними недоліками, наприклад, при встановленні керамічних пластин на відвалі є високий рівень ризику зривання пластини в процесі експлуатації, що призводить до зупинки виробничого процесу та необхідності негайного ремонту та відновлення, не кажучи вже про складність самого процесу. Даний проект намагається усунути та запобігти даним недолікам технології, розробленим раніше. Тому, з допомогою [37] проведемо аналіз стартап-проекту.

Таблиця 5.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Основна ідея стартап-проекту	Напрямки застосування	Вигода для користувача
полягає в максимізації ресурсу та підвищенню зносостійкості відвалу плуга, що, в свою чергу дозволить зменшити витрати на початковий продукт, зменшити кількість обслуговуючого персоналу, збільшити рівень заробітної плати в зв'язку зі скороченням штатного персоналу та, за рахунок автоматизації процесу зменшити його трудомісткість для людини	1. Підвищення ефективності промислового виробництва сільськогосподарської техніки	Значне зниження ціни на продукцію, без втрат якості та працездатності; Підвищення швидкості проведення процесу за рахунок його автоматизації; Зменшення подальших втрат на ремонт та відновлення деталі;

Тепер визначимо та проведемо аналіз переваг та можливих недоліків та ефективність виконання проекту. Результати аналізу в порівнянні з конкуруючими технологіями наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	u			Слабка сторона	Нейтральна сторона	Сильна сторона
		Мій проект	ТОВ «Астарта»	ТОВ «KUNN»			
1	Збільшення ресурсу відвалу плуга	150–250%	80 – 120%	130-200%	Зміна технічного обладнання та висока ймовірність ускладнень на стадії прийняття нової технології		Зменшення ціни кінцевого продукту в середньому на 20% без втрат працездатності та зносостійкості
2	Рівень автоматизації	Використання автоматизованої техніки, та, як наслідок, зменшення витрат на допоміжне обладнання та кваліфікацію персоналу	Використання ручних способів підвищення зносостійкості	Використання ручних способів підвищення зносостійкості	Висока ціна обладнання		Зменшення людського фактору до мінімуму, підвищення якості охорони праці та безпеки життєдіяльності
3	Кількість робочого персоналу	Оператори установки: 1. Обслуговуючий персонал: 3.	Наплавники: 2 Обслуговуючий персонал: 7	Наплавник: 1 Обслуговуючий персонал: 5			Сумарні витрати на заробітну плату персоналу – нижчі. Висока кваліфікація потрібна лише для тих, хто ремонтує установку для наплавлення

Тепер проведемо аудит ідеї проекту та визначаємо технологічну здійсненність всіх аспектів технології. Результати неведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології та реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Нанесення покриття на відвал плуга до початку експлуатації	Попереднє нанесення зносостійкого покриття та, як наслідок, підвищення ресурсу відвалу плуга	Можливе вдосконалення нинішніх технологій	Дана технологія знаходиться в відкритому доступі
2.	Використання деталі з дешевого матеріалу та наступне нанесення зносостійкого покриття з дорожчого матеріалу	Подальшої розробки дана технологія не потребує	Технологія може бути вдосконалена	Дана технологія знаходиться в відкритому доступі

Так, як дана технологія потенційно може застосовуватися лише в сільськогосподарській промисловості, незважаючи, що ця галузь є досить великою, цільова група лише одна, як показано в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Характеристика потенційних клієнтів проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Високоякісна деталь, з високою зностійкістю	Сільське господарство		Стійкість до абразивного зношування та корозії
2.		Сільське господарство		Висока тривалість експлуатації

Перед початком роботи проекту необхідно провести аналіз факторів небезпеки та загроз для передбачення можливих варіантів розвитку проекту.

Таблиця 5.5 – Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Несправність установки або її елементів	Змушена зупинка роботи підприємства, в зв'язку з неспроможністю використання несправного обладнання	Наявність в штаті компанії спеціаліста з обслуговування установки та її комплектуючих
2.	Зміна потреб ринку	Зниження рівня актуальності теми в зв'язку зі зміною пріоритетів	Універсальність установки та обладнання дозволяє наплавляти



		ринкового попиту	практично будь-який матеріал та наносити покриття різних видів
3.	Втрата обладнання та продукції внаслідок пограбування, пожежі або стихійного лиха	Враховуючи високу вартість обладнання та факт того, що процес відбувається при високій температурі, існує ймовірність появи нештатної ситуації	3.Впровадження мір для запобігання пожежі та пограбуванню за рахунок охорони праці та наймання спеціаліста з охорони; Придбання страхового полісу

Таблиця 5.6 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Застосування в одній з найбільших галузей України та потенційний вихід на міжнародний ринок	Забезпечення високоякісними комплектуючими та деталями в даній галузі – одна з найголовніших проблем	Збільшення ринкової частки та гарантований ріст в якості лідера в своїй сфері
2	Державні контракти на постачання високоякісною продукцією	Перемогу в тендерному конкурсі та подальший розвиток державного сільськогосподарського масиву	Зайняття стабільної економічної ніши та подальший розвиток компанії в даному напрямку

3	Розвиток в інші галузі	Завдяки універсальності устаткування розширення номенклатури виробів та галузей, з якими може працювати підприємство	Розширення в інші галузі означає фінансовий та технологічний розвиток, що, в свою чергу, призводить до росту кваліфікації робітників та підвищення заробітної плати персоналу
---	------------------------	--	---

Після проведення аналізу загроз, можливостей, слабких та сильних сторін проекту можна побудувати таблицю SWOT – аналізу, яка складається з матриці всіх вищевказаних даних. Результати наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – SWOT – аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Можливості	Результат
Зменшення ціни кінцевого продукту без втрат працездатності та зносостійкості  Зменшення людського фактору до мінімуму  Сумарні витрати на заробітну плату персоналу – нижчі. Висока кваліфікація потрібна лише для тих, хто ремонтує установку для наплавлення	Застосування в одній з найбільших галузей України та потенційний вихід на міжнародний ринок  Державні контракти на постачання високоякісною продукцією  Розвиток в інші галузі	Зниження впливу людського фактору на результат роботи, підвищення заробітної плати працівникам та прибутку підприємства, водночас, підвищивши якість продукції
Слабкі сторони	Загрози	Результат
Зміна технічного	Несправність установки або її елементів	Гостра потреба в висококваліфікованому

обладнання та висока ймовірність ускладнень на стадії прийняття нової технології	Зміна потреб ринку	обслуговуючому персоналі для устаткування, низький рівень або відсутність прибутку на ранніх стадіях реалізації проекту
Висока ціна обладнання	Втрата обладнання та продукції внаслідок пограбування, пожежі або стихійного лиха	

### Висновок

Проаналізувавши технологію, її переваги та недоліки, стан вітчизняного ринку можна зробити висновок що даний проект має високий потенціал для інвестиційного ринку стартап-проектів, враховуючи, що якість вихідного продукту серйозно покращена за рахунок використання сучасного устаткування та обладнання. Проект потенційно може розвиватися на міжнародному ринку, так як, потреба в розвитку сільського господарства є критичною проблемою по всьому світу.

## ВИСНОВКИ

В ході роботи над дисертацією розглядалися умови роботи та експлуатації відвалу плуга. Розглянута класифікація та конструкції плугів, проаналізовано їхній принцип роботи. Наведено характерні для даного виробу види зношування та спрацювання. Проведено аналіз необхідних технічних характеристик покриття та обрано присадковий матеріал, який може забезпечити високу зносостійкість та опір зношуванню. Наведено хімічний склад та фізичні характеристики основного та присадкового матеріалу.

Проведена порівняльна характеристика сучасних способів зміцнення та підвищення зносостійкості відвалів плугів та обрано оптимальний метод нанесення покриття. Наведено їхні переваги, недоліки та особливості процесу підвищення зносостійкості. Проаналізований вплив легуючих елементів присадкового матеріалу.

Розглянуто сучасне технологічне устаткування і обладнання та обрано технічну установку, плазмотрон, живильник-дозатор та зварювальне джерело живлення. Наведено їхні технічні характеристики та описаний принцип роботи.

Розроблено технологічний процес в рамках нанесення покриття на відвал плуга з підготовкою виробу, обладнання та виробничої ділянки до наплавлення.

Описані основні режими процесу, наведено зразки мікроструктури основного металу та показано розподіл карбідних складових і границі зплавлення наплавленого покриття і основного металу. Прийнято міри по забезпеченню самозаточування плуга шляхом зменшення товщини покриття на краях відвалу, які контактують безпосередньо з ґрунтом. Приведено приклад фазового складу наплавленого шару для різних товщин покриття, обрано заходи по контролю якості наплавленого металу.

Наведені рекомендації для забезпечення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при роботі з даним виробом та, взято до уваги особливості методу підвищення зносостійкості. Наведено заходи по пожежній безпеці в умовах підприємства.

Розроблено стартап-проект по даному технологічному процесу. Наведено ідею стартап-проекту та проведений аналіз основних сильних та слабких сторін. Проаналізовані склад та становище ринку. Проведено аналіз на технологічну здійсненність ідеї проекту. Приведена характеристика потенційних клієнтів проекту та проведено аналіз факторів загроз та можливостей стартапу. Виконаний SWOT-аналіз стартап-проекту.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей и сплавов/ В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Подобщ. ред. В.Г. Сорокина – М.: Машиностроение, 1989.- 640с.
2. Износ деталей сельскохозяйственных машин / Севернев Н.Н., Каплун Г.П., Короткевич В.А. [И др.]. - М.: Колос, 1972. - 288 с.
3. Комаристов В.Е., Дунай Н.Ф. Сельскохозяйственные машины. - М. «Колос», 1976 - 496 с. ил.
4. Машиностроение. Энциклопедия: т IV. Сельскохозяйственные машины и оборудование / Под ред. И.П. Ксеновича. - М.: Машиностроение, 1998. - 720 с.
5. Михальченков, А.М. Классификация конструкций отвалов сельскохозяйственного назначения / А.М. Михальченков, С.Н. Прудников, В.И. Лавров, Т.А. Ермакова // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. - 2014. - № 1 (5). - С. 28-31.
6. Огрызков, Е.П. Влияние физико-механических свойств почв на их изнашивающую способность / Е.П. Огрызков // Механизация и Электрификации сельского хозяйства. - 1969. - № 7. - С. 35-41.
7. Фрумин И.И. Технология механизированной наплавки. - М. «Высшаяшкола », 1965 - 306 с.
8. Кудинов В.В. Нанесение покрытий наплавлением. Теория, технология и оборудование/ В.В. Кудинов, Г.В. Бобров. – М.: Металлургия, 1992. - 432с.
9. Рабинович, И.П., В путях повышения износостойкости отвалов /128 И.П. Рабинович, А. Н. Розенбаум // сельхозмашин. - 1954. - № 10.
10. Буренко Л. А., Винокуров В. Н. Ремонт сельскохозяйственных машин. - М.: Росагропромиздат, 1991. - 201 с.
11. Патон, Б.Е. Эволюция систем импульсной подачи электродной проволоки для сварки и наплавки / Б.Е. Патон, В.А. Лебедев, В.Г. Пичак, С.И. Полосков //Сварка и диагностика. – 2009.- № 3. – С.46-51.

12. Тененбаум М.М., Кауфман С.М. и др. Методика установления предельных состояний рабочих органов почвообрабатывающих машин, 1985. – с. 33.
13. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.
14. Износ деталей сельскохозяйственных машин. М.М. Севернев, Г.П. Каплун, В.А. Короткевич. – Ленинград: «КОЛОС» – 1972. – 288 с.
15. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию М.М. Тененбаум. – М.: Машиностроение, 1978. – 271 с.
16. Бернштейн Д.Б. Оценка возможности самозатачивания почворезущих элементов при абразивном изнашивании/ Д.Б. Бернштейн // Тракторы и сельхозмашины. – 1985. – №6.– С. 15–19.
17. Голубина, С.А. Целесообразность разработки оборудования для вибродуговой полуавтоматической наплавки / С.А. Голубина // Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборо- и машиностроении: Материалы региональной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 19 – 20 апреля 2006 г., т. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – С. 239 – 240.
18. Черноиванов, В.И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. – Москва-Челябинск.: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992 с.
19. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник для практичних робіт /О.Г.Левченко. – К.: Основа, 2010.– 10 с.
20. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей /О.Г.Левченко. – К.: Основа, 2010.–240 с.
21. Технология ремонта машин / Под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с.

22. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» (зварювальні та споріднені спеціалізації) / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. Г. Левченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 110 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 30 с.

23. Балт сервіс [Електронний ресурс] URL: <https://baltservice.net/ventilyatsiya-i-konditsionirovanie/vidy-konditsionerov-i-ventilyatsii/vidy-ventilyatsii/mekhanicheskaya/>

24. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки

25. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

26. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

27. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

28. ГОСТ 12.4.103-83 «ССБТ. Одежда специальная. Средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация»

29. ДСТУ 7239:2011. Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.

30. Охорона праці та цивільний захист: підручник / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний та ін. // За ред. О. Г. Левченка. К.: Основа, 2019. – 472 с.

31. НПАОП 28.52-1.31-13. Правила охорони праці під час зварювання металів.

32. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – К.: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.

33. НАПБ Б.03.002-2007. Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
34. Плазма - мастер [Електронний ресурс]: К., 2014. URL: <http://www.plasma-master.com.ua/rus/products/PM-300.htm>.
35. its-m Випрямляч зварювальний ВД – 506ДК [Електронний ресурс] К., 2015. URL: <http://www.its-m.ru/vyprjamitel-svarochnyj-vd-506dk.html>
36. Ecotes АВД104-et-15-150[Електронний ресурс]. URL: <https://ecotes.com.ua/index.php/services/vysokoe-davlenie-avd/avd/104-et-15-150>
37. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с
38. Панич А.Е., Свечкарев В.П., Олишевский Д.П. Центр коллективного пользования научным оборудованием «Высокие технологии» // Инженерный вестник Дона, 2007, №1. URL: [www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2007](http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2007)
39. ДСТУ EN 420-2017. Загальні вимоги до рукавиць
40. Соловых Е.К. Тенденции развития технологий поверхностного упрочнения в машиностроении. / Е.К.Соловых. – Кіровоград: КОД, 2012. – 91с.
41. Термическая обработка в машиностроении. Справочник. Под ред. Лахтина Ю.М. и Рахштадта А.Г. – М.: Машиностроение, 1980. 783 с.
42. Ющенко К.А. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнєцов, В.М. Корж. – К.: НВП Видавництво «Наукова думка України», 2007. – 557 с
43. Трение и износ материалов на основе полимеров [Текст] / В.А. Белый, А.И. Свириденко, М.И. Петроковец, В.Г. Савкин. - Минск.: Наука и техника, 1976. - 432 с.
44. Харламов Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин / Ю.А.Харламов, И.А.Будагьянц. – Луганск: Суну ім. Володимира Даля, 2003. – т.1. – 495 с



45. Николаенко Н.В. Износостойкость новых наплавочных материалов применительно к работе сельскохозяйственных машин: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – К., 1972. – 18 с.
46. ДСТУ EN 397:2001. Каски захисні промислові.
47. ДСТУ 3273-95. Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги.
48. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / под ред. А. А. Берлина. - СПб. : Профессия, 2008. - 560 с.
49. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів.
50. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення.
51. Местные вытяжные устройства к оборудованию для сварки и резки металлов: Методические указания по проектированию. - Л.: ВНИИОТ. – 1980. – 52 с.
52. ДСТУ EN 133:2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація.
53. ДСТУ EN 175-2001. Засоби індивідуального захисту очей та обличчя під час зварювальних та споріднених процесів.
54. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.
55. Средства защиты сварщиков: Каталог / О. Г. Левченко, В. Д. Воробьев, Ю. И. Шульга, А. О. Левченко, А. О. Лукьяненко // Под ред. О. Г. Левченко. – К.: Экотехнология, 2012. – 136 с.
56. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 424.
57. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, А.Ф. Ильющенко и др.– Минск: Бел. наука, 1998. – 583 с.

58. Плазменное наплавления композиционных порошков/А.Я. Кулик, Ю.С. Борисов, А.С. Мнухин, М.Д. Никитин.–Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985.–199 с.

59. Плазменное покрытия из порошковых материалов. Справочник / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко – К.: Наукова думка, 1987.– 544с.

60. Кудинов В.В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий / В.В. Кудинов, В.М. Иванов. – М.: Машиностроение.– 1981. – 192 с.

61. Кадырметов А.М. Повышение прочностных характеристик наплавленных и напыленных покрытий / А.М. Кадырметов, В.Н. Бухтояров, Д.И. Мисюнас // Воронежский научно-технический Вестник. – 2016. – Т. 4. № 4 (18). – С. 19-24.

62. Ерохин М.Н., Новиков В.С. Сопко А.А., Беликов И.А. и др. Новое направление повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин – применение технической керамики. / Технология и средства технического сервиса машин в агропромышленном комплексе. – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000. – с. 38-47.

63. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин. - М.: Высшая школа, 2001. – 447 с.

64. Добычин, С.В. Методы поверхностного упрочнения режущих поверхностей деталей машин / С.В. Добычин, А.Р. Федорин, И.В. Царьков // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. – 2016. – № 1 (6). – С. 127-130.

65. Канков, Т.Е., Кирюхин В.Г. Основные направления по повышению надежности лемехов и отвалов / Т.Е. Канков, В.Г. Кирюхин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1986. – № 9. – с. 12-14.

66. Каплук Г.П. Исследование влияния свойств почв на долговечность деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин. – Минск: Изд. Академии сельскохозяйственных наук БССР, 1966. – С. 54–68.

67. Петровский, Д.И. К вопросу о повышении долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин / Д.И. Петровский, В.С. Новиков //

Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научнопрактической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I 25 декабря 2015 г. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2015. – С. 125 – 129.

68. Петров С. А., Бисноватый С. И. Ремонт сельскохозяйственных машин. – М.: Колос, 1972. – 431с.: ил.

69. Плаксин, А.М. Пути повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.М. Плаксин, Е.В. Водясов // АПК России. – 2014. – Т. 68. – С. 60-63.

70. Рабинович И. П. Износ деталей сельскохозяйственных машин. Пути повышения их износостойкости. Сб. «Повышение долговечности машин». Машгиз, 1956, с. 434 – 444.

71. Розенбаум А.Н. Исследование износостойкости сталей для рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Труды ВИСХОМа, вып. 53. Исследование материалов деталей с.х. машин. ОНТИ, 1969. – 143 с.

73. Сайфуллин, Р.Н. Методика выбора рационального способа восстановления изношенных деталей методами наплавки и напыления / Р.Н. Сайфуллин, В.Г. Петряков, О.К. Валиева // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 122. – С. 217-224.

74. Серов, Н.В. Технологические аспекты повышения работоспособности плугов / Н.В. Серов, А.В. Серов, П.И. Бурак // Международный техникоэкономический журнал. – 2015. – №4. – С. 81-89.

75. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В., Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники. – Л.: Лениздат, 1985. – 204 с., ил.

76. Севернев М.М. Определение срока службы деталей машин при абразивном износе. // Труды науч. конф. ВИМЭСХ / Под ред. М.Е. Мацепуро. – Минск: Сельхозиздат БССР, 1961. – С. 91–108.

77. Титов, Н.В. Упрочнение рабочих органов машин, эксплуатируемых в абразивной среде / Н.В. Титов // Научные труды SWorld. – 2012. – Т. 2. № 4. – С. 46-48.

78. Теория сварочных процессов. Под ред. В.В. Фролова. - М. «Высшая школа», 1988 – 559 с. Ил.

79. Теория сварочных процессов. Под ред. В.М. Неровного. - М. «Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана», 2007 – 752 с. Ил.

80. Справочник конструктора-машиностроителя; Под ред. В. И. Анурьева, т. 2, т. 3. – М.: Машиностроение, 1982. – 576с. с ил.

81. Справочник технолога-машиностроителя; Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Т. 2. – М.: –Машиностроение, 1986. 496 с. с ил.

82. Современные методы наплавки рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных сельскохозяйственных машин (обзор) / В.С. Сенчишин, Ч.В. Пулька // Автоматическая сварка. – 2012, №9

83. Сидоров С.А. Критерии целесообразности использования в сельхозмашинах упрочненных рабочих органов/ С.А. Сидоров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – №11. – с. 54-56.

84. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В., Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники. – Л.: Лениздат, 1985. – 204 с., ил.

85. Решетов Д.Н. Детали машин. - М.: Машиностроение, 1974. – 496 с.

86. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. – М.: ФГНУ «Росинформагротех». – Ч. I. – 2001. – 360 с.

87. Ремонт машин. под ред. Ульмана Е. И. – М.: Колос, 1976. – 448с.

88. Размышляев, А.Д. Теплосодержание капель при дуговой наплавке / А.Д. Размышляев, К.В. Багрянский, К.А. Нестеренко // Сварочное производство. – 1972. – №5. – С. 15-16.

# Додатки