

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерної механіки
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
ОС «Бакалавр»

Тема „ Удосконалення технології збору озимої пшениці з модернізацією
комбайна Claas Lexion ”

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство
Спеціальність 208 Агроінженерія
Шифр ДПАІ 22.07.00.00.000 ПЗ

Студент гр. АІ-18-1 Нагабась В.В.
Керівник роботи к.т.н., доц. Лук'янюк М.В.
Нормоконтролер к.т.н., доц. Лук'янюк М.В.
До захисту допускаю: к.т.н., доц. Мартинюк А.В.
Завідувач кафедри ГМ та АІ _____ 2022 р.

Хмельницький, 2022р.

Зміст

ВСТУП.....	3
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ	6
1.1. ПРИЗНАЧЕННЯ.....	6
1.2. ПРИНЦИП РОБОТИ.....	6
1.3. БУДОВА	6
1.4. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ.....	8
1.5. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ПОДРІБНЮЮЧОГО АПАРАТУ.....	9
1.6. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕЙ.....	11
1.6.1. Поверхнєве зміцнення методами механічного впливу.....	11
1.6.2. Хіміко-термічна обробка сталевих поверхонь	12
1.6.3. Цементация сталевих поверхонь	12
1.6.4. Ціанування сталевих поверхонь	12
1.6.5. Азотування сталевих деталей	13
1.6.6. Дифузійна металізація.....	14
1.7. ВИСНОВОК	15
2. МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АЗОТУВАННЯ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ.....	17
2.1. МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ АЗОТУВАННЯ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ.....	17
2.2. РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВКИ	20
2.2.1. Оптимальні режими процесу азотування у тліючому розряді	20
2.2.2. Питомі витрати енергії.....	21
2.2.3. Потужність розряду	21
2.2.4. Площа поперечного перерізу робочої частини камери	21
2.2.5. Робочий об'єм камери.....	21
2.2.6. Визначення загальної потужності розряду	22

					ДПАІ 22.11.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Нагабась				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Лук'янюк						50
Реценз.					Пояснювальна записка		
Н. Контр.	Лук'янюк				ХНУ зр. АІ-18-1		
Затверд.	Мартинюк						

2.2.7. Тривалість процесу азотування	22
2.2.8. Витрати газів	22
2.2.9. Розрахунок та вибір обладнання вакуумної системи	23
2.3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ОСНАТКИ ДЛЯ АЗОТУВАННЯ КОМПЛЕКТУ	
НОЖІВ КУТЕРА.....	26
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	
ІОННО-АЗОТОВАНИХ СТАЛЕЙ.....	34
3.1. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІОННО-АЗОТОВАНИХ СТАЛЕЙ.....	34
3.2. ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ЗРАЗКІВ АЗОТОВАНИХ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ.....	42
3.3. ЗНОСОСТІЙКІСТЬ НОЖІВ ТА ДЕТАЛЕЙ НОЖОВИХ ВУЗЛІВ АЗОТОВАНИХ В	
ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ	45
ВИСНОВКИ	45
ЛІТЕРАТУРА:.....	46

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку економіки України у зв'язку з динамікою зростання попиту на високу якість натуральної продукції сільського господарства особливе значення приділяється вдосконаленню обладнання, його модернізації.

Високоєфективне рослинництво базується на зональній науці обґрунтування технологій вирощування сільськогосподарських культур, за основу якої взяті біологічні характеристики рослин, правильне використання землі відповідно до її родючості та кліматичних умов регіону.

Технологія обробки повинна включати такі основні прийоми: відбір культур та сортів, які за місцевими ґрунто-кліматичними умовами мають найбільшу економічну та біологічну цінність, вибір найкращих попередників у сівозміні, система обробітку ґрунту, застосування добрив, насінництва, система забезпечення захисту рослин від організмів, які негативно впливають на фермерські культури, системи машин, підготовка насіння до посіву, методи, норми висіву та глибина посіву, догляд за посівом, збирання врожаю, первинна обробка зібраного врожаю.

Сучасна тенденція розвитку сільського господарства направлена на зростання врожайності, яку забезпечує сорт спільно з науковою технологією обробки.

Зниження загальної культури землеробства, порушенням технологій обробітку, недотриманням науково встановлених сівозмін, зменшенням захисних заходів, реальні врожаї значно нижче можливих і якість не відповідає сучасним вимогам.

Причини низької та нестабільної врожайності сільськогосподарських культур різні. Загальні фактори, такі як слабкий матеріальний та технологічний фундамент рослинництва, родючість ґрунту, несвоєчасна робота та технічна експлуатація, недостатнє врахування ґрунтових та кліматичних умов, еколого-економічні особливості району. Агробіологічні

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристики сучасних сортів та їх реакція на технологію та технобіологічні методи вирощування, спрямовані на підвищення врожайності та якості виробництва, зберігання та обробки.

Від рівня підготовки насіннєвого матеріалу залежать терміни, якість посадки, продуктивність посадкових машин і урожай.

Виробництво зернових - одна з основних галузей сільськогосподарського виробництва. Зерно використовується не тільки у сфері виробництва харчових продуктів, але через свої властивості воно незамінне у багатьох галузях економіки. Тому необхідно розвивати рослинництво різними шляхами, використовувати нові технології та обладнання, а також користуватися перевагами останніх наукових досягнень.

Переробка зерна - досить трудомісткий процес. Основними завданнями фермерських господарств цього району є: збільшення врожайності орних земель, що залежить від покращення запасів насіння, передових методів землеробства, поліпшення родючості ґрунтів, удосконалення та застосування найкращих машин та обладнання, скорочення терміну збирання врожаю, належного зберігання, а також використання добрив та пестицидів. Дотримання технологій вирощування зернових культур є основою підвищення їх врожайності, отримання хороших результатів господарювання в сфері сільського господарства України.

Одним із технологічних процесів комбайнового збирання зернових культур є процес подрібнення побічних частин урожаю: соломи, кукурудзиння і т.п. Забезпечення ефективності його використання в якості кормів, органічних добрив і таке інше.

Подрібнення соломи при комбайному збиранні зернових культур на сучасному етапі здійснюється за допомогою спеціального подрібнюючого агрегату як складової частини комбайну. Сам процес подрібнення здійснюється за допомогою спеціальних ножів які знаходяться в задній частині комбайна. Одна частина ножів закріплена нерухомо в одному

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

суцільному рядові, а інші попарно-шарнірно і з періодичним розміщення по декілька штук.

Метою нашої роботи є модифікація ножів шляхом азотування поверхневих шарів в тліючому розряді.

Підвищення зносостійкості січкарних ножів для комбайна CLAAS LEXION

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

1.1. Призначення

При роботі зернозбирального комбайна відбувається процеси які несуть в собі важливу роль для автоматизації збору урожаю.

Зернозбиральний комбайн – це сільськогосподарська машина для збирання колосових культур, таких як пшениця, ячмінь і т.д. При встановленні додаткових модулів агрегат здатний збирати й інші культури: кукурузу, гречку, соняшник, бобові і т.д.

Комбайн для збору зернових представляє собою складний механізм, який виконує повний технологічний цикл, до якого входять такі операції:

- зріз хлібних колосків;
- подача їх до молотилки;
- обмолот;
- очищення вороха;
- переміщення зерна в бункер;
- відвантаження зерна.

1.2. Принцип роботи

Комбайн представляє собою машину, яка виконує водночас декілька операцій. Рухаючись по полю, комбайн зрізає культуру. Після цього виконується подача зерна до молотильного апарату, де відбувається обмолот. Після цього відділення чистого зерна від включень. Готовий продукт подається в спеціальний бункер, який наповнюється в процесі обробки поля. При заповненні бункера комбайн рухається до місця відвантаження, або відвантажується безпосередньо в процесі обробки у полі.

Комбайн заміняє такі агрегати, як жатка, молотилка і віялка. Комбайн є універсальним для збору урожаю.

1.3. Будова

Комбайн має відносно просту будову, при цьому включаючи в себе

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доволі велику кількість елементів. Одночасна робота всіх елементів забезпечує ефективний збір урожаю.

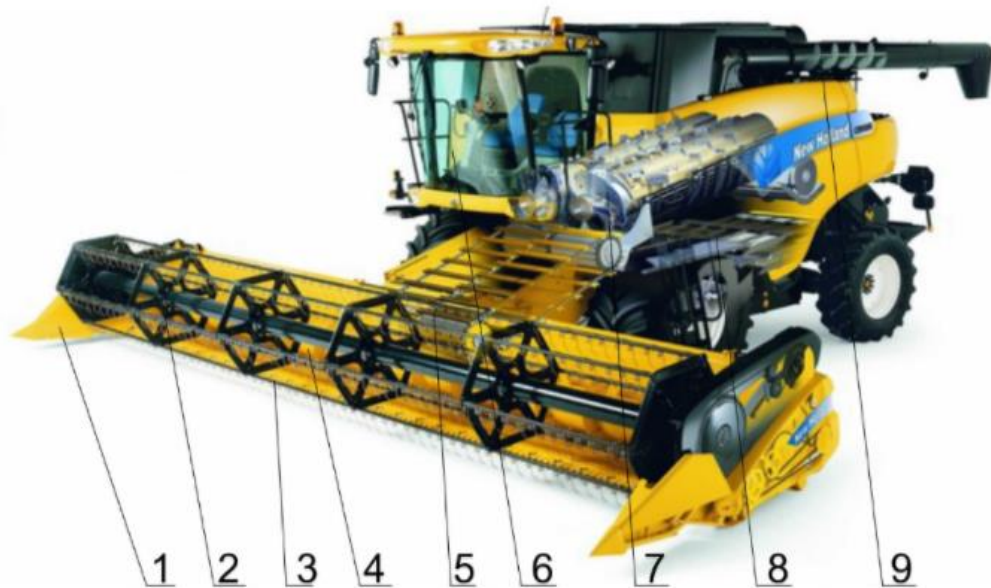


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд комбайна New Holland CR 8.90

1 – відсікач; 2 – двигун; 3 – косилка із сегментними ножами; 4 – шнек для переміщення зернової маси; 5 – транспортер; 6 – кабіна; 7 – молотилка та сепаратор; 8 – соломотряс; 9 – шнековий транспортер для відвантаження

Основними вузлами зернових комбайнів є:

- Жатка;
- Проставка;
- Наклонна камера;
- Молотильно-сепаруючий пристрій;
- Бункер;
- Копнитель;
- Двигун;
- Трансмсія;
- Ходова система;

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

- Гідравлічна система;
- Електроустаткування;
- Органи керування;
- Кабіна;
- Електронна система контролю.

Будова зернозбирального комбайна дозволяє йому працювати доволі довго в одному і тому ж режимі. Для стабільної роботи потрібно слідкувати за роботою всіх елементів та у випадку необхідності замінювати їх. Тако ж потрібно не забувати про заточку лез, заміну масл та інших технічних рідин у двигуні та трансмісії.

1.4. Аналіз процесу подрібнення

Процеси різання застосовують у консервному, цукробуряковому, м'ясопереробному, хлібопекарному, кондитерському та інших виробництвах. Різання надає сировині певної форми, розмірів та необхідної якості поверхні. Робочим органом у різальних машинах є ніж.

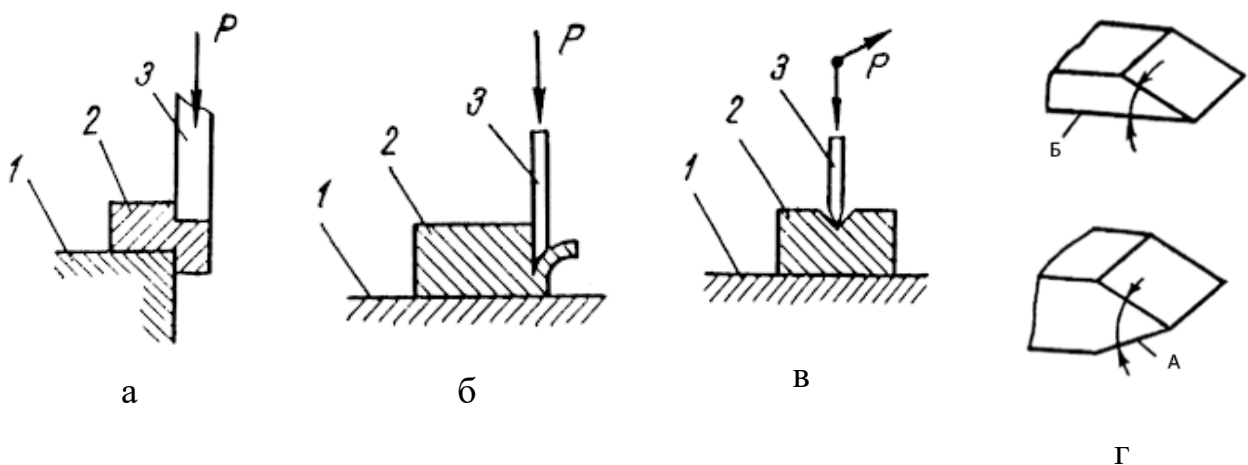


Рисунок 1.2 - Види ножів та способів різання

Ножі (рис.) мають форму двогранного одностороннього або двостороннього клина. Грань А одностороннього клина є робочою, або лицевою. Плоска грань Б називається опорною (рис., 1.2 а). У двосторонньому

клинні (рис., 1.2 б) обидві грані робочі. Лінія перетину граней називається ріжучим (робочим) пругом або лезом. Кут α і 2α між гранями називається кутом загострення. Різання за допомогою ножів часто називають різанням лезом. Якщо ріжучий пруг ножа має зубчасту форму, ножі називають пилками.

Різання можна поділити на три основні види: різання пуансоном (рис.1.2 в), різання різцем (плоским клином, рис.1.2 г), різання ножем (рис.1.2 г). Пуансон 3 під дією сили P , яка направлена перпендикулярно своїй робочій грані, зрізає матеріал 2, що знаходиться на матриці 1. За його допомогою ріжуть в основному тверді харчові продукти, наприклад овочі. Різець 3 (рис.1.2 г) і ніж (рис.1.2 г) діють на матеріал 2, що знаходиться на опорній плиті 1, як клини. За їх допомогою ріжуть тверді, пластичні і м'які харчові продукти: м'ясо, рибу, хліб, овочі тощо.

Ножам у різальних машинах надають обертового, поступального, поворотно-поступального, планетарного і віброуючого руху. Є різальні машини, в яких ножі нерухомі.

Залежно від напрямку відносного переміщення ножа і продукту подрібнювання поділяється на рубку та різку. Під час рубки різальний інструмент переміщується відносно продукту перпендикулярно ріжучому пругу (лезу), під час різки - під гострим кутом до ріжучого пруга.

1.5. Аналіз конструкції подрібнюючого апарату

У сільському господарстві застосовуються різні конструкції подрібнюючих апаратів зернозбиральних комбайнів. Ріжучі апарати з шарнірною підвіскою ножів досліджувалися в основному при різанні вільно стоячого стебла. Визначальним фактором для здійснення безпідпiрного різання є критична швидкість різання. При швидкості різання нижче критичної процес різання не здійснюється.

Вперше вивчення безпідпiрного зрізу рослин провів академік В.П.Горячкін, що запропонував формулу для визначення критичної швидкості різання. Потім цими питаннями займалися академіки А.Ю. Ішлінський,

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

І.Ф.Василенко, а також Б.М. Гутъяр, В.І. Фомін, В.Я. Каллюс, Н.Е. Резнік та ін.

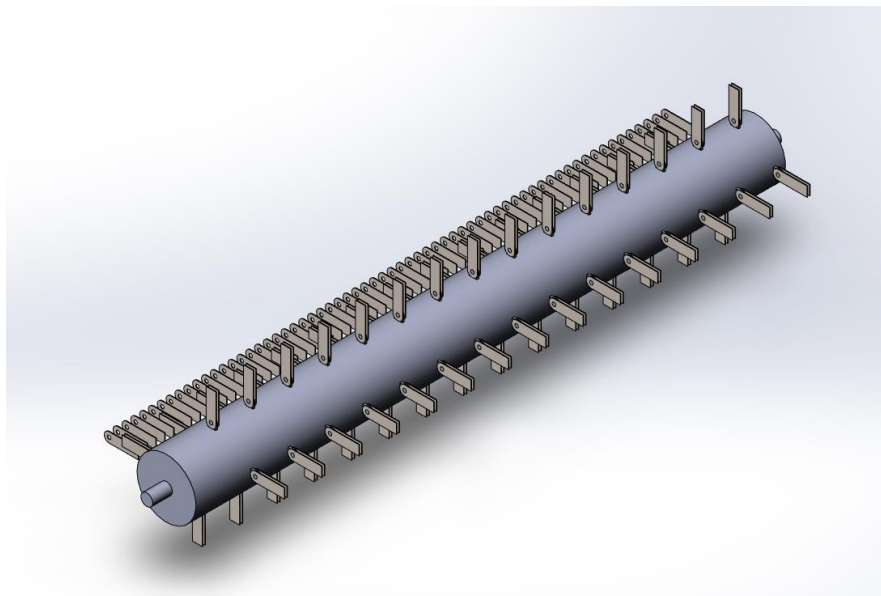


Рисунок 1.3 - Барабан з шарнірно підвішеними ножами

Теорією кормодробарки із шарнірними молотками займалися І.В. Макаров, С.В.Мельников, В.І.Сироватка та ін. Робіт з дослідження подрібнюючого апарата незернової частини урожаю (НЧУ) із шарнірними ножами до зернозбирального комбайна вкрай мало.

Відома одна докладна робота Ю.М.Шидловського, який шляхом експериментально-теоретичних досліджень встановив, що для забезпечення необхідної якості подрібнення й розщеплення соломи й оптимальних енергетичних витрат швидкість різання повинна становити 48...50 м/с, центр ваги молотка доцільно розміщувати на відстані не менше 0,7 довжини ножа від осі його підвісу, а маса ножа повинна бути не менше 1,4 кг.

У роботі авторами була запропонована й обґрунтована конструкція шарнірного ножа, яка, як показав досвід, забезпечувала надійне протікання технологічного процесу при роботі в основному на подрібнюванні сухих злаків, що було істотним недоліком.

Метою дослідження було визначення основних факторів впливу на процес подрібнення соломистих продуктів в зернозбиральному комбайні

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

оптимальних параметрів подрібнюючого апарата із шарнірною підвіскою ножів.

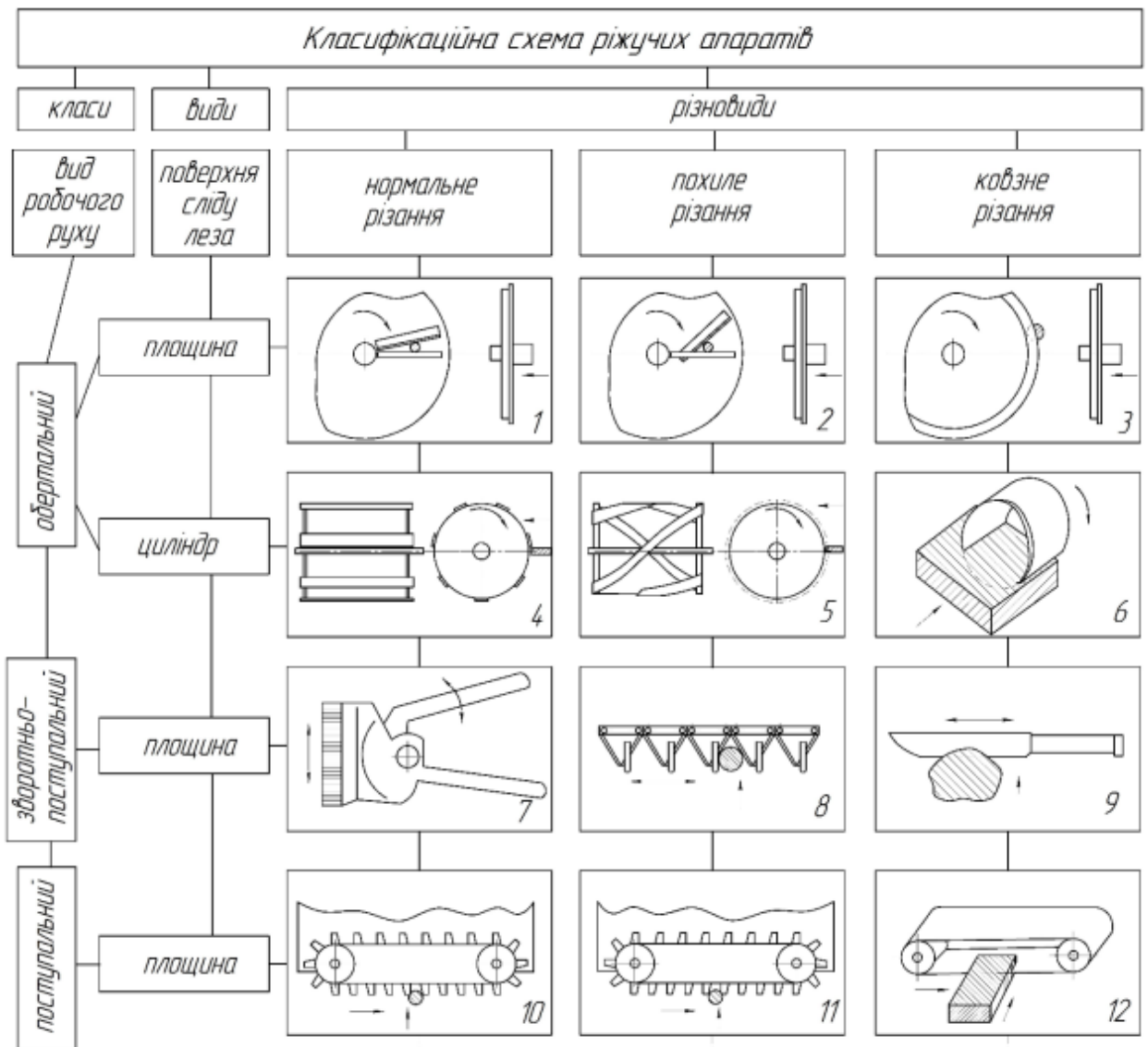


Рисунок 1.4 - Класифікаційна схема ріжучих апаратів Н.Є. Резніка

1.6. Аналіз методів поверхневого зміцнення сталей

1.6.1. Поверхневе зміцнення методами механічного впливу

Деформаційне зміцнення — зміцнення шляхом пластичного деформування в умовах часткового або повного стримування рекристалізації.

Механічні способи зміцнення ґрунтуються на використанні наклепу, що здійснюється накаткою, гідроабразивною чи дробоструминною обробкою,

обкаткою кульками чи роликками, алмазним вигладжуванням, дорнуванням тощо, які реалізують поверхнєве пластичне деформування.

Використання деформаційного зміцнення — простий та ефективний спосіб підвищення тримальної здатності і довговічності деталей машин та елементів споруд, особливо тих, що працюють в умовах знакозмінних навантажень (осі, вали, зубчасті колеса, підшипники, поршні, циліндри двигунів, зварні конструкції, інструменти тощо). Часто поверхнєве пластичне деформування крім зміцнення, значно зменшує шорсткість поверхні, підвищує зносостійкість деталей, покращує естетичний вигляд (зміцнювально-оздолювальна обробка).

1.6.2. Хіміко-термічна обробка сталевих поверхонь

В процесі хіміко-термічного зміцнення (наприклад, цементация, азотування, ціанування, дифузійна металізація тощо) метал насичують елементами, реакція з якими поліпшує механічні властивості поверхневого шару.

1.6.3. Цементация сталевих поверхонь

Цементация сталі — вид хіміко-термічної обробки, що полягає у поверхневому дифузійному насиченні маловуглецевої сталі вуглецем з метою підвищення твердості та зносостійкості. Цементация з наступною термічною обробкою одночасно підвищують і границю витривалості.

Цементации піддають маловуглецеві і леговані сталі. Процес у разі використання твердого карбюризатора проводиться при температурах 900...950 °С, при газовій цементации (газоподібний карбюризатор) — при 850...900 °С.

Після цементации вироби піддають термообробці (гартуванню), що приводить до утворення мартенситної фази у поверхневому шарі виробу (гартування на мартенсит) з наступним відпуском для зняття внутрішніх напружень.

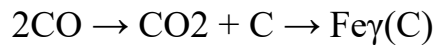
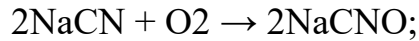
1.6.4. Ціанування сталевих поверхонь

Ціанування — хіміко-термічна обробка, при якій поверхня насичується одночасно атомарним вуглецем та азотом в розплавах, що містять ціаністі солі

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

NaCN або KCN.

Здійснюється в ваннах з розплавленими ціанистими солями, наприклад NaCN з добавками солей NaCl, BaCl та ін. При окисленні ціанистого натрію утворюється атомарний азот та окис вуглецю:



У результаті ціанування поверхневий шар деталі складається з карбонітридів Fe₂(N, C) або Fe₃(N, C), а під ним розташовується аустеніт, збагачений азотом, що при наступному гартуванні частково перетворюється у мартенсит.

Глибина шару (від 0,1 до 2 мм) і концентрація в ньому вуглецю та азоту залежать від температури процесу та його тривалості. Ціанований шар має високу твердість HRC 58...62 і хорошу стійкість до спрацювання. Підвищується границя витривалості та корозійна стійкість.

Залежно від температури перебігу процесу розрізняють високотемпературне, середньотемпературне та низькотемпературне ціанування.

1.6.5. Азотування сталевих деталей

Азотування (часом нітрування)— вид хіміко-термічної обробки, котрий полягає у насиченні азотом поверхневого шару металевих виробів для підвищення твердості, стійкості проти спрацювання, витривалості та корозійної стійкості в різних агресивних середовищах.

Міцнісне азотування виробів проводять при температурі 500...600 °C у камерних, шахтних, контейнерних або ковпакових печах, в які подають струмину сухого аміаку. В печі аміак розпадається на водень і азот. Легуючі елементи (алюміній, молібден, ванадій, хром) утворюють з азотом стійкі хімічні сполуки — нітриди, які надають виробам великої твердості (1200 за Віккерсом). Товщина азотованого шару становить 0,3...0,6 мм при витримуванні у печі від

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

24 до 90 год.

Азотування підвищує твердість поверхневого шару, зносостійкість, витривалість і корозійну стійкість сталевих виробів. Азотований шар має твердість 700...1200 HV, (58...72 HRC), яка зберігається при робочих температурах до 600 °С.

Азотуванню піддають циліндри і клапани двигунів, зубці шестерень, сідла до клапанів, шпинделі і ходові гвинти швидкохідних верстатів тощо. Азотування підвищує також стійкість вимірювального інструмента, який застосовується в машинобудуванні (різьбові пробки і кільця, плоскі калібри, скоби, шаблони тощо). Азотування виробів провадять після механічної і термічної обробки.

Антикорозійному азотуванню (температура 600...700 °С) піддають також вироби з вуглецевої сталі з утворенням азотованого шару завтовшки 0,01...0,04 мм при витримуванні у печі протягом 15 хв для дрібних деталей і до 10 год — для великих.

1.6.6. Дифузійна металізація

Дифузійна металізація — вид хіміко-термічної обробки, що базується на дифузійному насиченні поверхневих шарів виробів з металів і сплавів іншими металами. Дифузійна металізація проводиться для підвищення твердості, корозійної стійкості, зносостійкості, жаротривкості, блиску і естетичного вигляду.

Процес дифузійної металізації може відбуватися з твердої фази, в розплавах металів, якщо метал має невисоку температуру плавлення (цинк, алюміній), в паровому середовищі сублімованого металу або газовому середовищі галогенідів металів (CrCl_3 , AlCl_3 , SiCl_4 і т.д.).

Насичення з твердої фази застосовують для заліза, нікелю, кобальту, титану та інших металів. У цьому випадку дифузійну металізацію здійснюють різними тугоплавкими металами (Mo, W, Nb, U та ін.), пружність пари яких менша за пружність пари основного металу. Процес протікає в

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

герметизованому контейнері, в якому оброблювані деталі засипаються порошкоподібним металом, у вакуумі або в нейтральному середовищі при 1000...1500 °С.

Насичення з рідкої фази застосовують при алітуванні, хромуванні, цинкуванні, мідненні. Процес відбувається в печах-ваннах, в яких розплав дифундуючого металу або його солі взаємодіють з поверхнею оброблюваних виробів при температурі 800...1300 °С. Цим методом здійснюють також комплексну дифузійну металізацію, наприклад хромоалітування, хромотитанування, хромонікелювання і т.д.

Насичення з парової фази застосовують для сплавів на основі заліза, нікелю, молібдену, титану та інших металів такими елементами, які мають вищу пружність пари, ніж метал, що насичується, наприклад Zn, Al, Cr, Ti та ін. Процес відбувається в герметичних контейнерах при розрідженні до 10^{-2} Н/м² і температурі 850...1600 °С, контактним або безконтактним способом. У першому випадку парова фаза виникає при сублімації металу і генерується поблизу місць контакту порошкоподібного металу з оброблюваною поверхнею, у другому — генерування парової фази відбувається на деякій відстані від поверхні.

Насичення з газової фази проводять при дифузійній металізації елементами: Al, Cr, Mn, Mo, W, Nb, Ti та ін. Дифузії металу передують реакції взаємодії газоподібних хімічних сполук дифундуючого елемента з основним металом. Газовою фазою служать галогеніди (переважно, хлориди) дифундуючих металів. Газове насичення здійснюється в муфельних печах або в печах спеціальної конструкції при 700...1000 °С. Газова фаза може генеруватися на відстані від поверхні насичення (безконтактний спосіб) і в зоні контакту джерела активної фази з поверхнею металу (контактний спосіб).

1.7. Висновок

На наш погляд найкращим методом зміцнення матеріалу є азотування в тліючому розряді. Порівняно з такими розповсюдженими способами ХТО, як

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цементация, нітроцементация, ціанування і газове азотування у печах, метод БАТР має наступні переваги: істотне скорочення тривалості обробки; можливість отримання шарів заданої структури і фазового складу; мінімальна серед усіх відомих процесів даного класу енергоємність; відсутність формозміни оброблюваних об'єктів; можливість обробки глухих і наскрізних отворів; повторюваність результатів; екологічність, покращення санітарно-гігієнічних умов виробництва; зниження собівартості обробки.

БАТР відноситься до технологій універсального застосування, оскільки є ефективним методом модифікації не лише деталей з конструкційних сталей, але й штампової та ливарної оснастки, а також різального інструменту. Під час обробки конструкційних сталей БАТР дозволяє істотно знизити короблення та деформацію деталей, які неминуче виникають при інших видах ХТО, наприклад, при цементації та нітроцементації. Останнє дозволяє уникнути фінішної обробки, і відповідно, зменшення товщини модифікованого шару. Для деяких виробів, наприклад, довгомірних валів, шестерень великого діаметра, БАТР є єдиним способом отримання готового виробу з мінімальною кількістю браку.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2. МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АЗОТУВАННЯ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ

2.1. Модернізація установки для азотування в тліючому розряді

Конструкція установок для азотування в тліючому розряді, що застосовуються у промисловості, є достатньо різноманітними. У кожному окремому випадку установка призначення для певного виду покриттів.

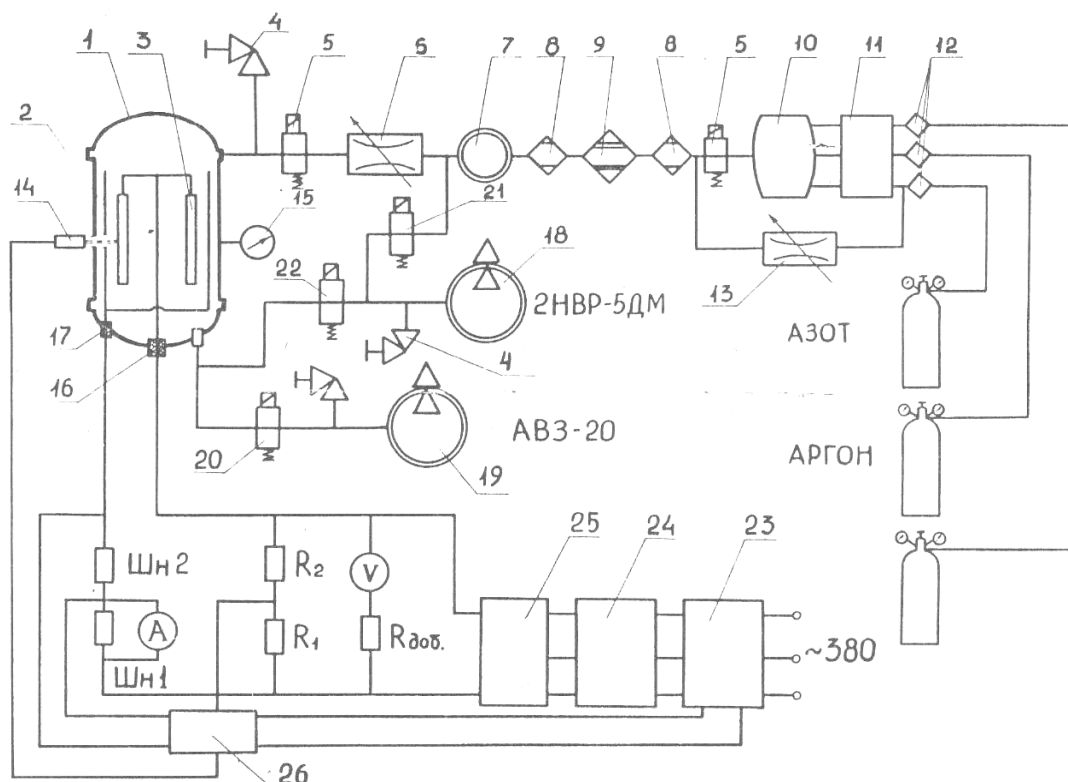


Рисунок 2.1 - Принципова схема установки для азотування в тліючому розряді:

- 1 – розрядна камера; 2 – анод; 3 – катод; 4 – натікач;
 5, 20–22 – електромагнітні вакуумні клапани; 6, 13 – дросель;
 7 – витратомір; 8 – вологовідділювач; 9 – кисневловлювач; 10 – змішувач;
 11 – дозатор; 12 – фільтр; 14 – датчик температури; 15 – вакуумметр;
 16 – струмоввід катода; 17 – струмоввід анода; 18, 19 – вакуумні насоси;
 23 – регулятор напруги; 24 – силовий трансформатор; 25 – випрямляч;
 26 – контролер

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПАІ 22.11.00.00.000

Арк.

17

У будь-якому випадку для отримання покриттів у тліючому розряді – установка мусить включати в себе наступні функціональні вузли:

- систему електроживлення розряду;
- систему вакуумну;
- систему підготовки газової суміші;
- систему очистки газової суміші;
- систему подачі газу до камери;
- систему керування та контролю за розрядом;
- систему контролю за технологічними параметрами процесу;
- розрядну камеру.

Система електроживлення складається із регулятора напруги РНТТ, силового трансформатора Т, випрямляча В та ємнісно – індуктивних фільтрів. Працює система наступним чином: через регулятор напруги РНТТ – напруга подається на силовий трансформатор Т.

Силовий трансформатор Т – підвищує напругу до потрібного значення, котра через випрямляч В та систему ємнісно-індуктивних фільтрів подається в розрядну камеру 1 на струмовводи живлення.

Вакуумна система складається із пластинчасто-роторного насоса 7, електродвигуна 13, системи клапанів. Вакуумний насос приводиться в рух за допомогою електродвигуна і забезпечує необхідне для розряду розрідження в камері, а під час процесу азотування відкачку відпрацьованої газової суміші.

Для запобігання потрапляння мастила до системи передбачений клапан-натікання 14 для подачі повітря до камери по закінченню роботи насоса, або при аварійній зупинці його в процесі азотування.

Робочі гази подаються із балонів в систему підготовки суміші, де змішується у відповідних пропорціях в залежності від необхідної концентрації. Далі газова суміш через редуктор з певним заданим тиском подається до системи очистки.

Газова суміш проходить через цеолітову пастку, яка представляє собою патрон наповнений цеолітом, де очищується від вологи і потрапляє в блок

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

очистки суміші від кисню (патрон наповнений мідною стружкою підігрітий до високої температури). В блоці кисневої очистки кисень, якщо такий трапляється реагує з розігрітою мідною стружкою і утворює окис міді. Далі, через дросель 12 газова суміш потрапляє у вакуумну розрядну камеру 1. Необхідний тиск робочої суміші у камері забезпечується спільною роботою вакуумного насосу 7 та регулювального дроселя 12. Для запуску повітря до камери перед відкриттям останньої - служить клапан натікання 14.

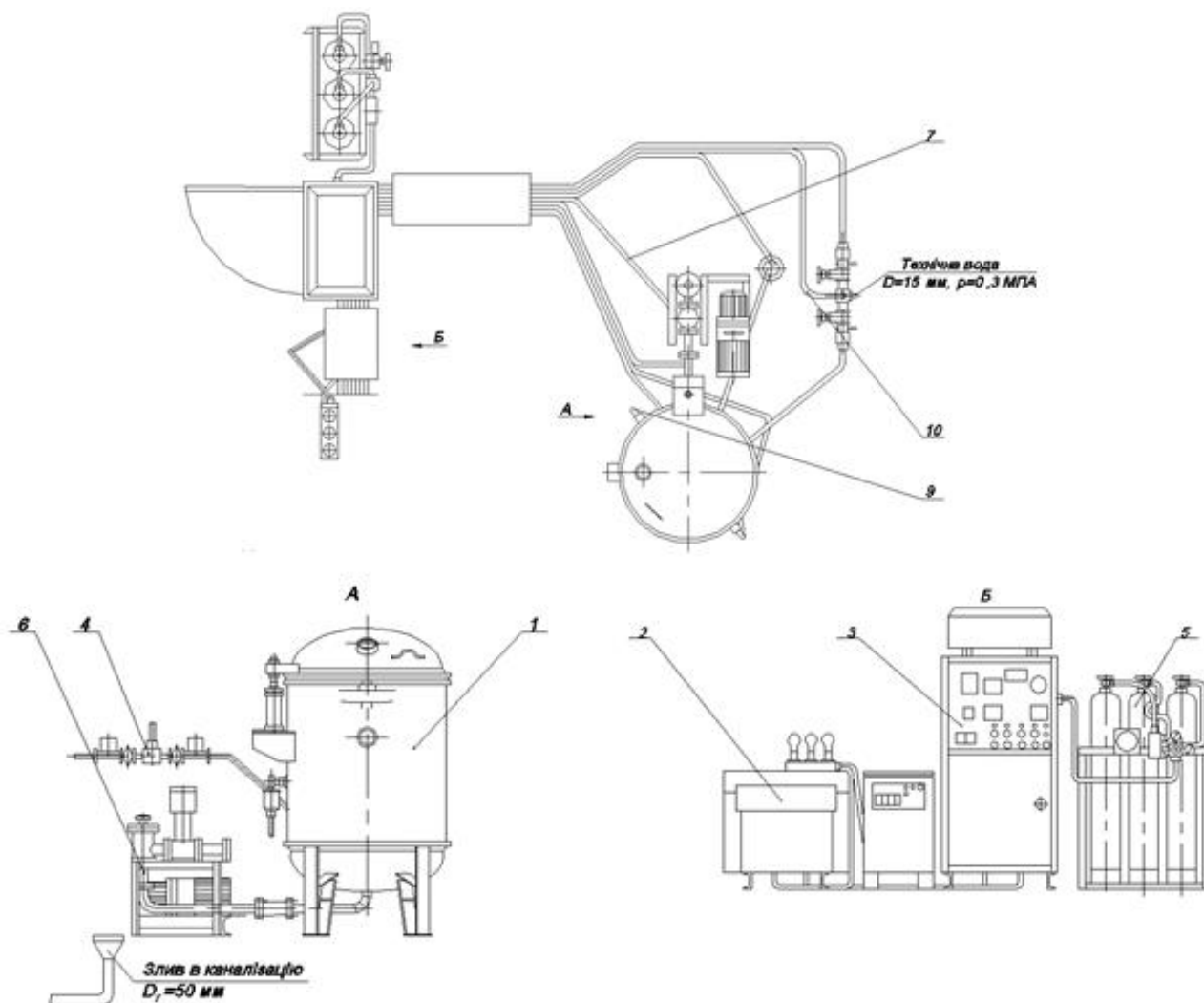


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд установки для азотування в тліючому розряді (УАТР-50)

Система контролю та керування розрядом складається із двох блоків: блока керування та блока контролю. Блок керування призначений для

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПАІ 22.11.00.00.000

Арк.

19

керування усіма необхідними параметрами розряду. Він складається із регулятора напруги 15, системи пускачів та вимикачів. Автоматична стабілізація розряду забезпечується за рахунок введення до системи послідовно з'єднаних із розрядною камерою дроселя та активного опору.

Може бути застосована також електронна система захисту від дугового розряду.

Контрольно-вимірювальна система вміщує в себе прилади для контролю та регулювання вакуумних та електричних параметрів розряду. Напруження розряду, а також напруження регулятора напруження вимірюється кіловольтметром та вольтметром, струм вимірюється амперметром.

Для вимірювання температури поверхні катоду (тоб-то деталі, що обробляється) прилад ПЧД 121 призначений для безконтактного вимірювання та контролю температури поверхні катоду у межах 450°-750°С по їх тепловому електромагнітному випромінюванню.

Для вимірювання степені розрідження в розрядній камері – призначений деформаційний газо-розрядний вакуумметр ВДГ–1 13 з перетворювачем.

Усі контрольно-вимірювальні прилади монтуються в окремому блоці з метою уникнення вібрації, що передається від двигуна насоса на корпус установки.

2.2. Розрахунок технологічних параметрів установки

2.2.1. Оптимальні режими процесу азотування у тліючому розряді

Оптимальні режими забезпечуються конструкцією установки, яка проектується із врахуванням потрібної потужності розряду об'єму робочої камери та об'єму робочої суміші газів, що подаються до робочої системи.

Узагальнена площа поверхні нагріву дорівнює площі деталі що підлягає азотуванню а також площі поверхні оснастки (підвіски на якій закріплюються деталі, що обробляються). Площа поверхні ножа кутера, із за складності конфігурації останнього визначалась експериментальним шляхом. В результаті

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

було визначено що загальна площа поверхні комплекту ножів становить $7,50\text{м}^2$. З врахуванням оснастки (підвіски) отриману площу необхідно помножити на коефіцієнт K_0 . Для даного виду деталей цей коефіцієнт приймається $K_0=1,1$, тоді загальна площа поверхні підвіски становитиме:

$$A_{\Pi} = K_0 A_K = 1,1 \cdot 7,5 = 8,25\text{м}^2 \quad (2.1)$$

де A_K - площа поверхні комплекту ножів.

2.2.2. Питомі витрати енергії

Питомі витрати енергії при нагріванні сталевих деталей складають:

$$q = 0,8 \dots 0,9 \text{ Вт/см}^2.$$

2.2.3. Потужність розряду

Потужність розряду визначається наступним чином:

$$P_p = q A_{\Pi} = 0,9 \cdot 82500 = 74\,250 \text{ Вт} \quad (2.2)$$

2.2.4. Площа поперечного перерізу робочої частини камери

Визначення площі поперечного перерізу робочої частини камери:

$$A_{KP} = \frac{\pi D_K^2}{4} \quad (2.3)$$

де D_K – діаметр робочої частини камери, приймається з врахуванням габаритів підвіски разом з закріпленими на ній деталями. $D_K = 750$ мм. Тоді площа перерізу робочої частини камери становитиме:

$$A_{KP} = \frac{\pi \cdot 750^2}{4} = 441\,790 \text{ мм}^2$$

2.2.5. Робочий об'єм камери

Робочий об'єм камери визначається наступним чином:

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$V_{KP} = H_{KP} A_{KP} \quad (2.4)$$

де H_{KP} – висота робочої частини камери.

Приймається з врахуванням габаритів підвіски разом з комплектом деталей, габаритів струмовводів та необхідного проміжку між деталями та верхом і низом камери. Прийнято $H_{KP}=1040$ мм. Звідки робочий об'єм камери становитиме:

$$V_{KP} = 1040 \cdot 441\,790 = 459\,461\,600 \approx 460\text{л}$$

Враховуючи зазори між фланцем камери та кришкою, а також об'єми вікон для спостереження за процесом, приймаємо об'єм камери 460л .

2.2.6. Визначення загальної потужності розряду

Визначення потужності розряду із врахуванням витрат:

$$\Sigma P_p = \frac{P_p}{q} = \frac{74\,250}{0,9} = 82\,500 \text{ Вт} = 82,5\text{кВт}. \quad (2.5)$$

2.2.7. Тривалість процесу азотування

Тривалість азотування із врахуванням потрібної глибини: приймаємо 4...5год. із врахуванням витрат часу на підготовку процесу та охолодження азотованих деталей і загальну тривалість процесу приймаємо 6 год.

2.2.8. Витрати газів

Витрати газів визначаються величиною робочого тиску у розрядній камері. Оптимальне значення тиску складає 0,8...4 мм рт. ст., що відповідає витратам газу. 15...30 л/год. при роботі із вакуумним насосом типу ВА–461М.

На якість процесу впливають швидкість натікання та ступінь герметичності камери.

У процесі експлуатації установи та перед її запуском слід перевірити швидкість натискання котра мусить бути не більша за $V_H = 0,1\text{мм Hg cm} / \text{год}$.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.2.9. Розрахунок та вибір обладнання вакуумної системи

Вихідні данні:

- ємність камери $V_{кр} = 80л$;
- довжина з'єднувального трубопроводу (прийнято довжину з'єднувального трубопроводу $l_T = 1м$;
- площа поперечного перерізу з'єднувального трубопроводу – $48,5 \text{ мм}^2$;
- тиск у вакуумній системі $p = 2...4 \text{ мм рт.ст.}$

Відкачування повітря та відпрацьованої суміші із камери відбувається вакуумним насосом, котрий приводиться в рух електродвигуном. Для виключення шкідливого впливу вібрації насосу на розрядну камеру, в системі передбачені амортизатори на пружинах стиску. У якості з'єднувальної арматури - використовуються стандартні вакуумні гумові шланги перерізом $78,5 \text{ мм}$. Для з'єднання насосу із розрядною камерою (у робочому режимі насосу) та із атмосферою в холостому режимі, та після зупинки насосу передбачений комбінований клапан натіканням із атмосфери. Вакуумна система також містить прилади контролю: вакуумметр деформаційний газорозрядний ВДГ – 1 ТУЗ 475.007 із перетворювачем ТУ 2.832.001 та датчиком ТУ 2.438.007.

Із метою герметизації газорозрядної камери між плитою, камерою та кришкою камери передбачені прокладки із круглої вакуумної гуми, котра поміщується в пазах фланців камери.

Кришка притискується до фланців камери із допомогою спеціальних відкидних гвинтів, а камера до плити – за допомогою скоб.

Усі основні вузли вакуумної системи: плита, корпус камери, кришка - виготовлені із корозійно-стійкої сталі 12Х13.

У процесі розрахунку основних елементів вакуумної системи необхідно підібрати вакуумний насос, створити перевірочний розрахунок клинопасової передачі та гвинтового підйомного пристрою.

У процесі розрахунку передбачено підібрати насос таким чином, щоб забезпечити мінімальний час відкачки повітря при мінімальних витратах

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

потужності.

Приймаємо час відкачки $t_g = 15...20 \text{ хв}$. Швидкості відкачки залежить від продуктивності насоса наступним чином:

$$t_g = 2,3 \frac{V_K}{S_e} \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (2.6)$$

де V_K – загальний об'єм, що підлягає відкачуванню м^3 ;

S_e – ефективна продуктивність насосу, м^3 ;

p_1 – початковий тиск в системі мм рт. ст. ;

p_2 – кінцевий тиск у системі мм рт. ст.

Загальний об'єм дорівнює сумі об'ємів камери та трубопроводів

$$\Sigma V = V_K + V_T \quad (2.7)$$

де V_K – об'єм камери, м^3 ;

V_T – об'єм трубопроводів, м^3 .

Об'єм трубопроводів дорівнює:

$$V_T = \frac{\pi d_T^2}{4} l_T \quad (2.8)$$

де d_T – діаметр трубопроводу, м ;

l_T – загальна довжина, м .

Ефективна продуктивність насосу визначається формулою:

$$S_E = \frac{S_n}{1 + \frac{S_n}{c}} \quad (2.9)$$

де S_n – номінальна продуктивність насосу, $\text{м}^3/\text{сек.}$;

c – пропускна здатність трубопроводу, $\text{м}^3/\text{с}$;

Пропускна здатність трубопроводу:

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$c = 121,5 \frac{d_T}{l_T} (1,5 \cdot 10^3 d_T p_{cp} + 0,9) \quad (2.10)$$

де d_T – діаметр трубопроводу, м;

l_T – довжина трубопроводу, м;

p_{cp} – серединний тиск у трубопроводі мм рт. ст.

$$t_e = 2,3 \frac{\Sigma V}{S_e} \lg \frac{p_1}{p_2} = \frac{2,3 V_{KP} + \frac{\pi d_T^2}{4} l_T}{\frac{S_n}{1 + \frac{S_n}{c}}} \lg \frac{p_1}{p_2} =$$

$$= 2,3 \frac{[4V_{KP} + \pi d_T^2 l_T] [121,5 d_n^3 (1,5 \cdot 10^3 d_T p_{cp} + 0,9) + S_n c]}{4 S_n 121,5 d_T^3 (1,5 \cdot 10^3 d_T p_{cp} + 0,9)} \lg \frac{p_1}{p_2} = \quad (2.11)$$

$$= \frac{0,005 [4V_{KP} + \pi d_T^2 l_T] [121,5 d_T^3 (1,5 \cdot 10^3 d_T p_{cp} + 0,9) + S_n c]}{S_n d_T^3 (1,5 \cdot 10^3 d_T p_{cp} + 0,9)} \lg \frac{p_1}{p_2}$$

Остаточна формула для визначення часу відкачування повітря із газорозрядної камери має вигляд:

$$t_e = \frac{0,005 [4V_{KP} + \pi d_T^2 l_T] [121,5 d_T^3 (1,5 \cdot 10^3 d_T p_{cp} + 0,9) + S_n c]}{S_n d_T^3 (1,5 \cdot 10^3 d_T p_{cp} + 0,9)} \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (2.12)$$

Змінюючи S_n – знайдемо оптимальну продуктивність насоса, необхідну для відкачки повітря із газорозрядної камери протягом 15-20 хв.

Характеристика насоса:

- продуктивність – 0,89 м/сек.;
- розрядження – 0,001 мм Нг ст.;
- число обертів ротора – 540 об/хв.;
- габарити, мм.: 530×300×415 мм;
- вага із приводом – 64 кг.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.3. Розробка конструкції оснастки для азотування комплекту

ножів кутера

Виходячи з технологічних можливостей обладнання для азотування деталей та інструменту в тліючому розряді було прийнято рішення для створення оригінальної підвіски типу «Ялинка». Конструкція була створена та розрахована в системі SolidWorks.

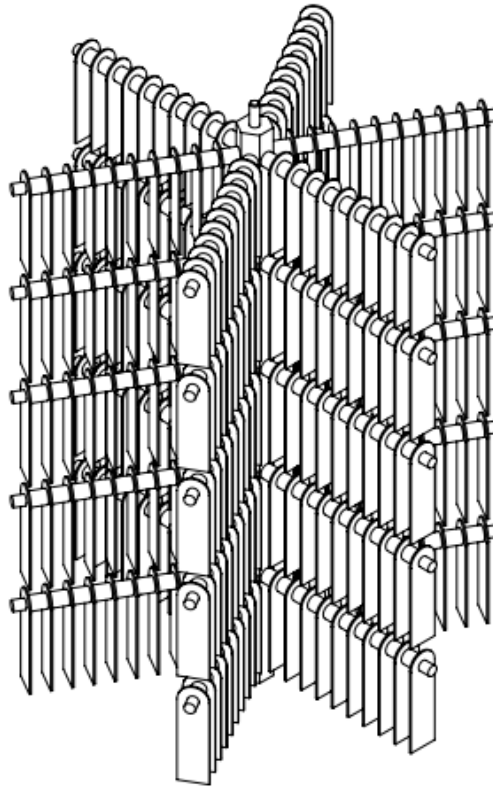


Рисунок 2.3 – Підвіс камери типу «Ялинка» для установки УАТР-50

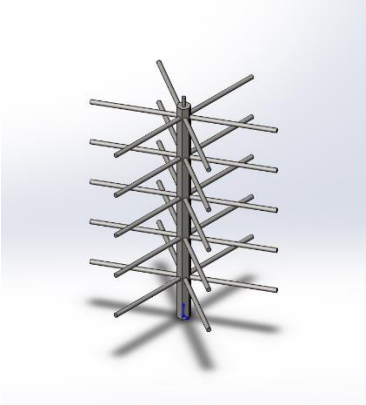
В основі підвіски лежить шестеграний вал до якого на кожній площині приварюються вал круглого профілю.

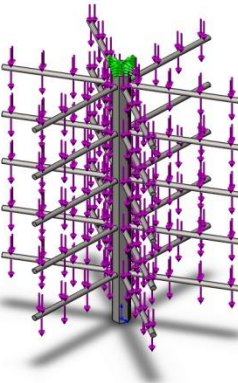
На кожній гілці можна розмістити 10 ножів із шайбами між ними і затяжною гайкою на кінці гілки. Ялинка має 5 ярусів та 6 гілок на кожному з них.

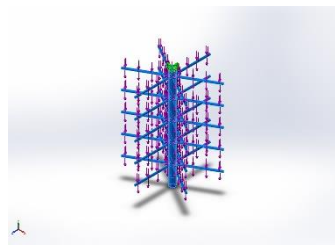
У верхній частині стовбура розміщено місце для кріплення підвісу у камері для азотування, а у нижній місце для температурного датчика.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 2.1 – Статичні дослідження підвіски

	<p align="center">Симуляція підвіски</p> <p>Date: 10 юня 2022 г.</p> <p>Розробник: Нагабась Володимир Валентинович</p> <p>Дослідження: Статичний підвіска</p> <p>Тип аналізу: Статичний</p>
---	--

 <p align="center">Імя моделі: Підвіска</p> <p align="center">Активна конфігурація: за замовчуванням</p>
--

Тверді тіла			
Імя та посилання документа	Розглядається як	Об'ємні властивості	Шлях документа/ Дата зміни
<p>Лінійний масив</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:37,007 1 kg Об'єм:0,0047 445 m³ Плотність:7 800 kg/m³ Маса:362,67 N</p>	<p>D:\Нагабась \Підвіска.SL DPRT Jun 9 11:59:34 2022</p>

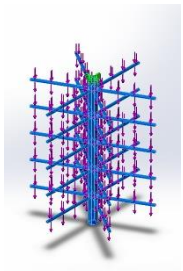
Таблиця 2.2 – Властивості дослідження

Назва дослідження	Статический підвіска
Тип аналізу	Статический
Тип сітки	Сетка на твердом теле
Тепловий ефект:	Вкл
Термічний параметр	Включить тепловые нагрузки
Температура при нульовій напрузі	298 Kelvin
Включити ефекти тиску рідини із SOLIDWORKS Flow Simulation	Выкл
Тип програми	FFEPlus
Вплив навантаження на власну частоту:	Викл
Мягка пружина:	Викл
Инерційне розвантаження:	Викл
Несумісні параметри звязку	Авто
Великі переміщення	Викл
Розрахунок сили вільних тіл	Вкл
Тертя	Викл
Використання адаптивних методів:	Викл
Папка результатів	Документ SOLIDWORKS (D:\Нагабась)

Таблиця 2.3 – Одиниці вимірювання при проведенні дослідження

Система одиниц измерения:	СИ (MKS)
Длина/Перемещение	mm
Температура	Kelvin
Угловая скорость	Рад/сек
Давление/Напряжение	N/m ²

Таблиця 2.4 – Властивості матеріалів для проектування підвісу

Посилання на модель	Властивості		Компоненти
	Імя:	Вуглецева сталь	Тверде тіло 1 (Лінійний масив2) (Підвіска)
	Тип моделі:	Лінійний Пружний Ізотропний	
	Критерій міцності по замовчуванню:	Максимальна напруга von Mises	
	Межа текучості:	2,20594e+08 N/m ²	
	Межа міцності при розтягу:	3,99826e+08 N/m ²	
	Модуль пружності:	2,1e+11 N/m ²	
	Коефіцієнт Пуасона:	0,28	
	Масова щільність:	7 800 kg/m ³	
	Модуль зсуву:	7,9e+10 N/m ²	
	Коефіцієнт теплового розширення:	1,3e-05 /Kelvin	
Дані кривої:N/A			

Таблиця 2.5 – Навантаження та кріплення

Назва кріплення	Вид кріплення	Дані кріплення			
Зафіксований-1		Об'єкти: 1 грані Тип: Зафіксована геометрія			
Результуючі сили					
Компоненти	X	Y	Z	Результуюча	
Сила реакції(N)	0,00923557	870,011	-0,00970102	870,011	
Реактивний момент(N.m)	0	0	0	0	

Таблиця 2.6 – Навантаження прикладені до моделі

Назва	Зображення моделі	Завантаження даних	
Сила-1		Об'єкти:	29 грані
		Справочний:	Кромка < 1 >
		Тип:	Прикласти силу
		Значення:	---; ---; 30 N

Таблиця 2.6 - Інформація про сітку

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Розбивання яке використовується:	Стандартна сітка
Автоматичне ущільнення сітки:	Викл
Включити автоцикли сітки:	Викл
Точки Якобіана сітки високої якості	16 Точки
Розмір елемента	17,7015 mm
Допуск	0,885076 mm
Кількість сітки	Висока

Таблиця 2.7 - Інформація про сітку -Деталізація

Всього вузлів	33717
Всього елементів	17252
Максимальне співвідношення сторін	8,1351
% елементов с соотношением сторон < 3	94,6
Процент елементів з співвідношенням сторін > 10	0
Процент спотворених елементів	0
Час для завершення сітки (hh:mm:ss):	00:00:03
Імя комп'ютера:	KSW-6

Таблиця 2.7 - Результуючі сили

Сили реакції

Вибраний набір	Одиниці	Сума X	Сума Y	Сума Z	Результуюча
Модель	N	0,00923557	870,011	- 0,00970102	870,011

Моменти реакції

Вибраний набір	Одиниці	Сума X	Сума Y	Сума Z	Результуюча
Модель	N.m	0	0	0	0

Сили вільних тіл

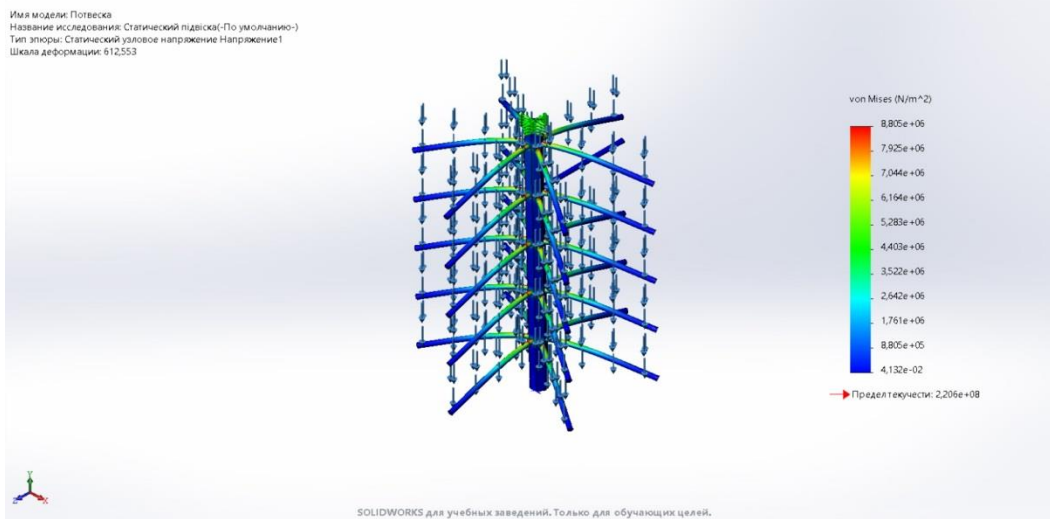
Вибраний набір	Одиниці	Сума X	Сума Y	Сума Z	Результуюча
всей модели	N	0,849458	0,00706063	0,158381	0,864125

Момент вільних тіл

Вибраний набір	Одиниці	Сума X	Сума Y	Сума Z	Результуюча
всей модели	N.m	0	0	0	1e-33

Таблиця 2.8 - Результати дослідження

Імя	Тип	Мин	Макс
Напруження1	VON: Напруження Von Mises	4,132e-02N/m ² Узел: 20487	8,805e+06N/m ² Узел: 20200

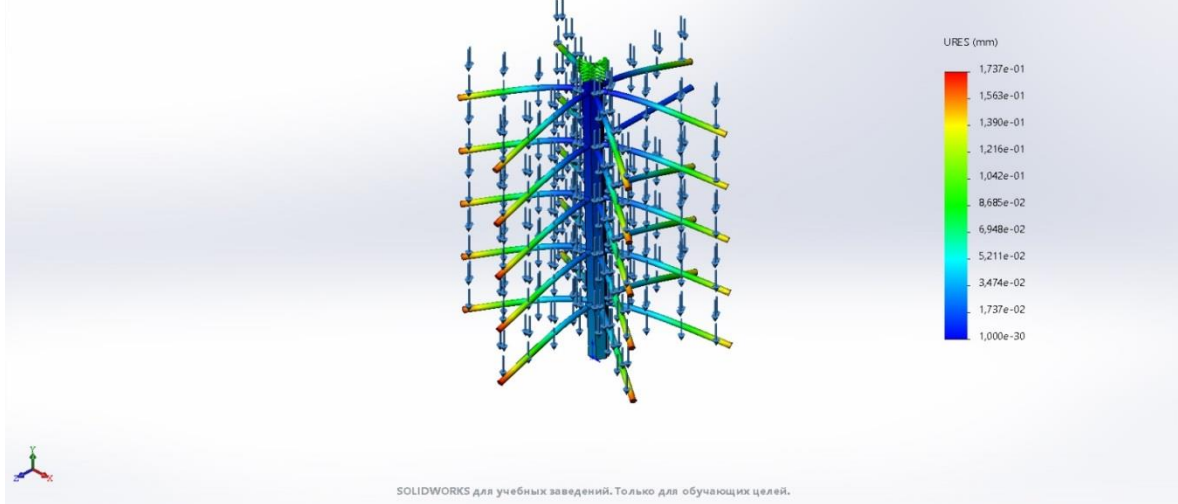


Підвіска -Статичний підвіска-Напруження

Продовження таблиці 2.8 - Результати дослідження

Імя	Тип	Мин	Макс
Переміщення1	URES: Результуючі переміщення	0,000e+00mm Узел: 3271	1,737e-01mm Узел: 33699

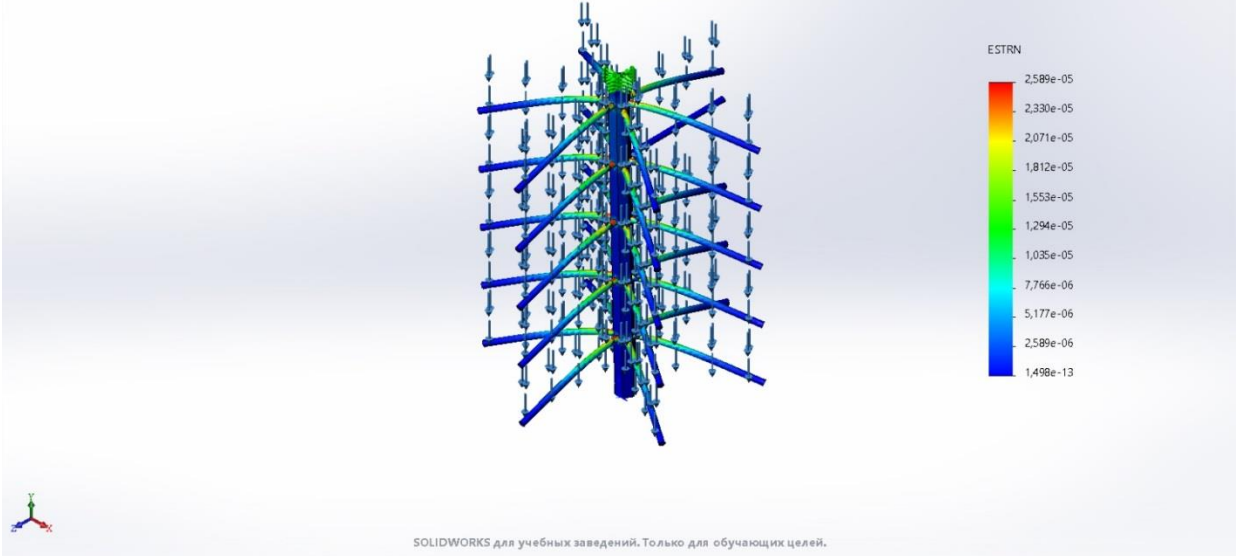
Имя модели: Потвеска
 Название исследования: Статический подвеска-(По умолчанию-)
 Тип эпоры: Статическое перемещение Перемещение1
 Шкала деформации: 612,553



Підвіска -Статичний підвіска-Напруження

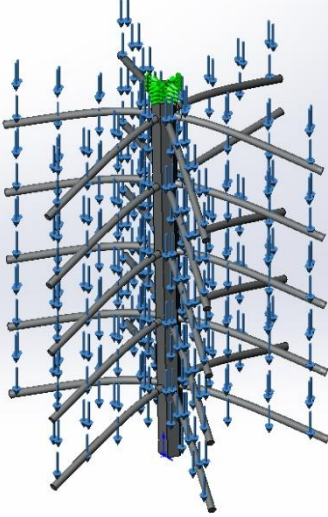
Імя	Тип	Мин	Макс
Деформація1	ESTRN: Еквівалентна деформація	1,498e-13 Елемент: 3021	2,589e-05 Елемент: 11545

Имя модели: Потвеска
 Название исследования: Статический подвеска-(По умолчанию-)
 Тип эпоры: Статическая деформация Деформация1
 Шкала деформации: 612,553



Підвіска -Статичний підвіска-Напруження

Продовження таблиці 2.8 - Результати дослідження

Імя	Тип
Переміщення{ 1 }	Деформована форма
<p>Імя моделі: Потвеска Названіе іследования: Статический підвіска(-По умолчанию-) Тип эпюры: Деформированная форма Перемещение1{1} Шкала деформации: 612,553</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">SOLIDWORKS для учебных заведений. Только для обучающих целей.</p>	
<p>Підвіска -Статичний підвіска-Напруження { 1 }</p>	

Висновки

За даним аналізом конструкція з легкістю витримує данні їй навантаження. Та має у своєму запасі достатній запас міцності, що в майбутньому дозволяє нам використовувати зразки з більшою масою.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІОННО-АЗОТОВАНИХ СТАЛЕЙ

3.1. Фізико-механічні властивості іонно-азотованих сталей.

Експериментальні дослідження зразків виготовлених із матеріалу ножів, після їх зміцнення азотуванням в тліючому розряді.

Дослідження проводились на зразках з метою оптимізації параметрів азотування для досягнення оптимальних характеристик модернізованого поверхневого шару.

У процесі досліджень азотування ножів проводились в атмосфері азоту та аргону в безводневому середовищі.

Зміцнення зразків здійснювалося в умовах лабораторії Подільського наукового фізико технологічного центру, в Хмельницькому національному університеті на установці азотування в тліючому розряді в без водневому середовищі, розробленій і виготовленій в ПНФТЦ.

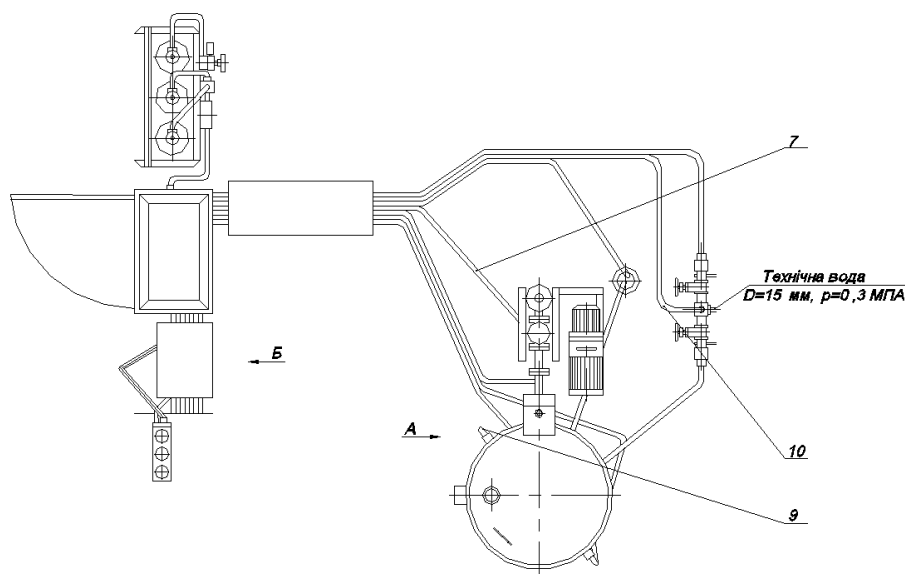


Рисунок 3.1. Установа азотування в тліючому розряді УАТР-50, вид зверху

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

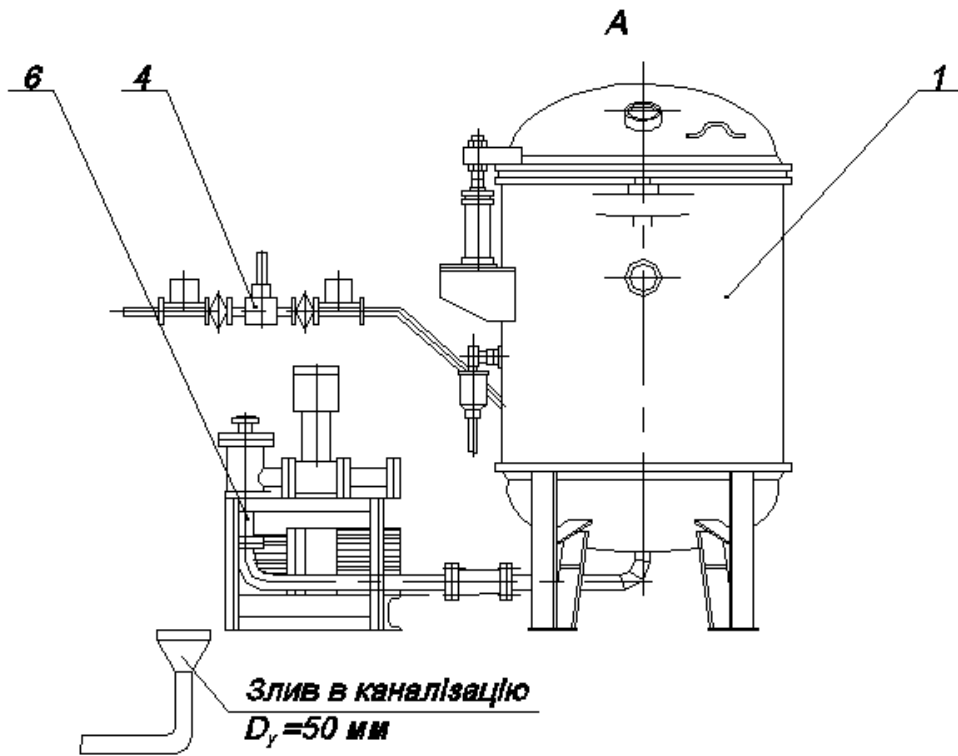


Рисунок 3.2. Розрядна камера установка УАТР-50

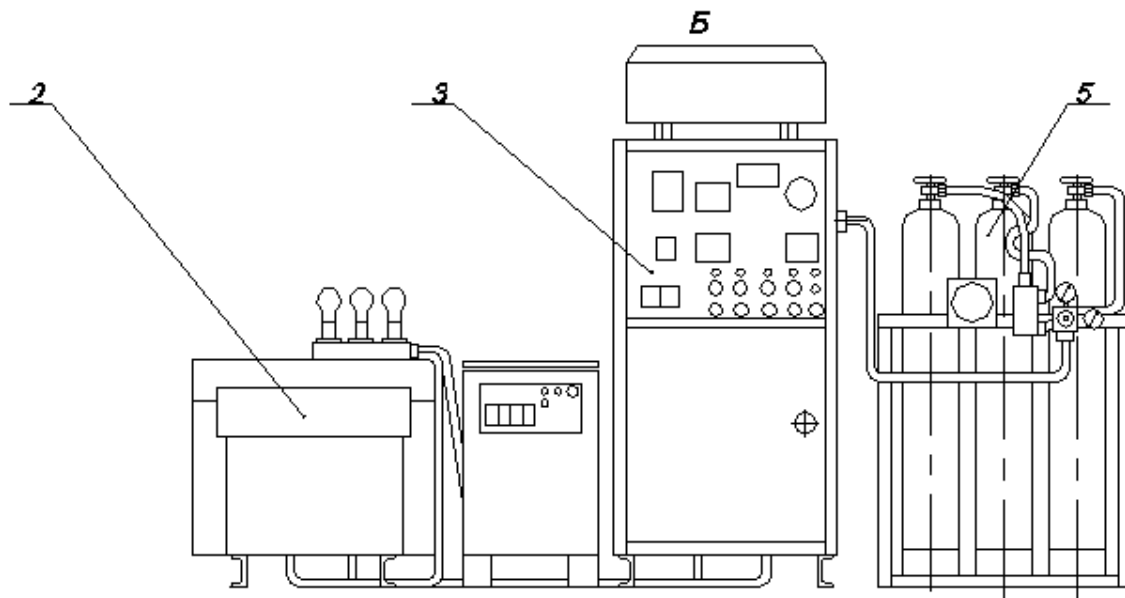


Рисунок 3.3. Блоки енергетичного забезпечення установки УАТР-50

Варіант двокамерної установки азотування в тліючому розряді представлено на рис. 3.4.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



Рисунок 3.4. Загальний вид установки азотування в тліючому розряді УАТР-50 (варіант двокамерної установки)

Дослідження показали, що значній мірі змінюються фізико – механічні характеристики азотованих шарів так як крихкість та пластичність, котрі мають значний вплив на довговічність деталей, що працюють в умовах, максимально наближених до умов роботи ножів січкарні. Присутність водню у насичуючому газовому середовищі інтенсифікує процес азотування, але разом із тим викликає окрихчення поверхні металу, що при роботу ножів призводить до викришування ріжучої крайки.

Основними фізико – механічними характеристиками іонно-азотованого шару є глибина азотування та твердість. Значний вплив на глибину іонно-азотованого шару має температура ведення процесу.

Встановлено, що глибина іонно-азотованого шару збільшується із підвищенням температури азотування.

Максимальна мікротвердість на ребрах отримана при температурі 540°С, а на площині – при 580° С.

Значний вплив на глибину іонно-азотованого шару здійснює склад насичуючого середовища, а саме, об’ємне співвідношення азоту та аргону.

Нижче приведені залежності глибини іонно-азотованого шару від відсоткового вмісту аргону у насичуючому середовищі. Дослідження проводились при наступному режимі азотування:

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- середовище - $25\% N_2 + 75\% Ar$;
- температура азотування - $520^\circ C$;
- тиск у розрядній камері – $6,5 \text{ Па}$;
- тривалість азотування – 4 години.

Слід зазначити, що розбавлення азоту аргоном у насичуючому середовищі впливає також і на пластичні характеристики іонно-азотованого шару. Із підвищенням відсоткового вмісту аргону у насичуючому середовищі пластичність іонно-азотованого шару збільшується. Для кожної марки сталі – існує оптимальна концентрація аргону у суміші, що забезпечує максимальну глибину іонно-азотованого шару. Для досліджуваного матеріалу найбільш оптимальним на наш погляд являється середовище – $25\% N_2 + 75\% Ar$;

За попередніми дослідженнями виконаними в умовах лабораторії ПНФТЦ ХНУ залежність глибини азотованого шару від процентного вмісту компонентів азото-аргонової суміші представлена на рис. 3.5.

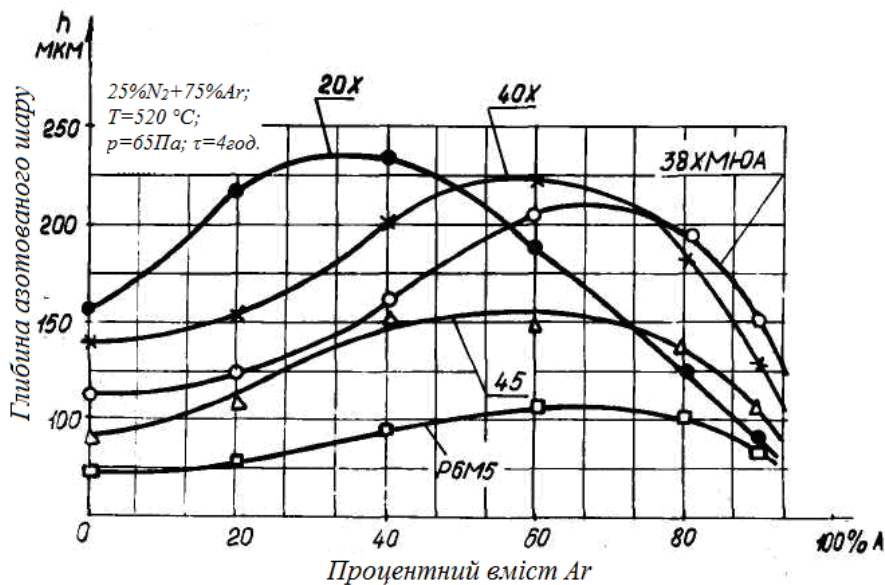


Рисунок 3.5. Залежність глибини азотованого шару від процентного вмісту компонентів азото-аргонової суміші

В результаті проведених досліджень на зразках із сталі 40X13 було встановлено закономірність розподілу глибини азотованого шару від

процентного вмісту компонентів газової суміші, яка за результатами близька до результатів досліджень що проводились раніше. На рис. 3.6. представлена залежність глибини іонно-азотованого шару від процентного співвідношення суміші. Параметри процесу при цьому залишені такими, які були при виконанні попередніх досліджень: температура $T = 520 \text{ }^\circ\text{C}$; тиск $p = 65 \text{ Па}$; тривалість $\tau = 4 \text{ год}$.

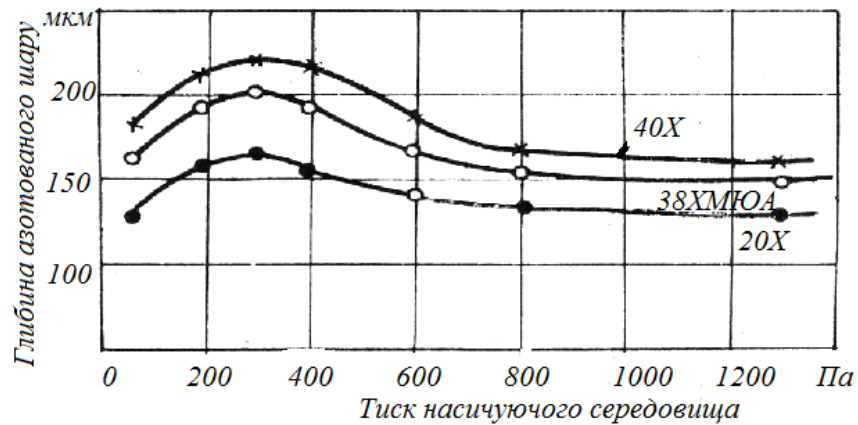


Рисунок 3.6. Залежність глибини азотованого шару від процентного складу насичуючого середовища для сталі 40X13

За попередніми дослідженнями виконаними в умовах лабораторії ПНФТЦ ХНУ залежність глибини азотованого шару від тиску насичуючого середовища представлена на рис. 3.7.

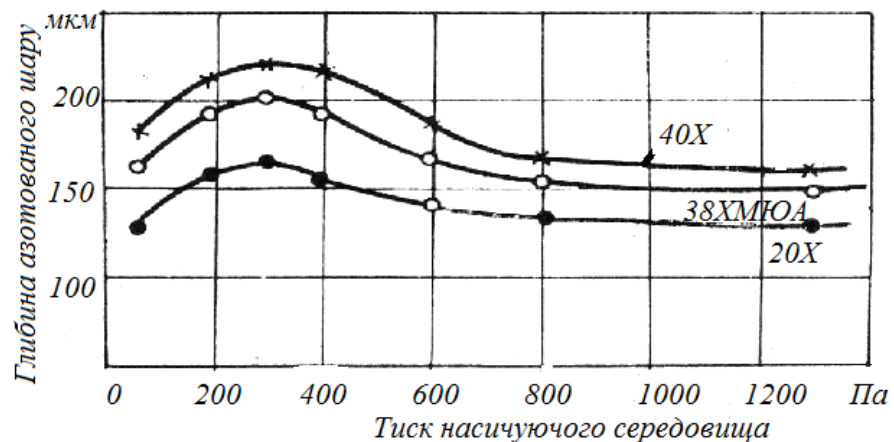


Рисунок 3.7. Залежність глибини азотованого шару від тиску насичуючого середовища

В результаті проведених досліджень на зразках із сталі 40X13 було встановлено закономірність розподілу глибини азотованого шару від тиску газової суміші, яка за результатами близька до результатів досліджень що проводились раніше.

Залежність глибини іонно-азотованого шару від тиску насичуючого середовища представлена на рис. 3.8. Параметри процесу: середовище – $25N_2 + 75\%Ar$; температура $T = 520^\circ C$; тривалість $\tau = 4$ год.

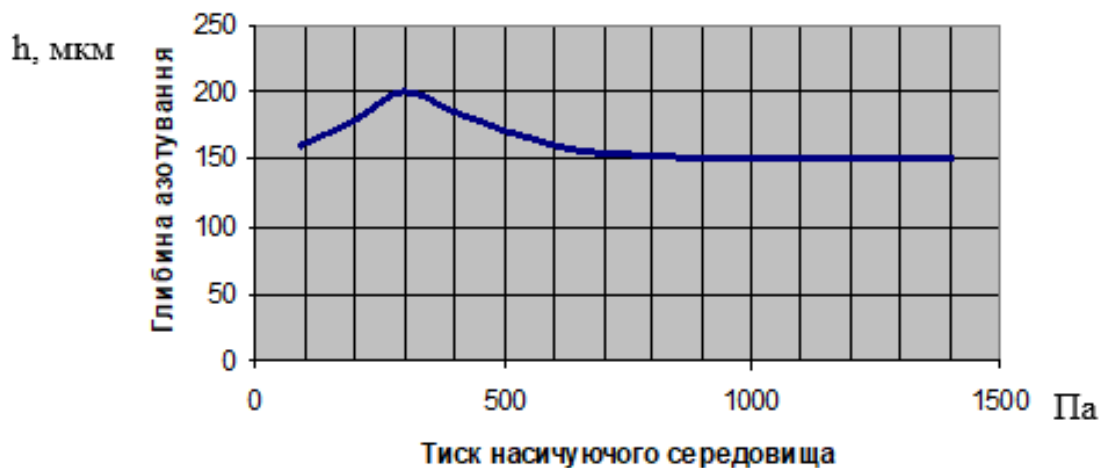


Рисунок 3.8. Залежність глибини іонно-азотованого шару від тиску робочої суміші для сталі 40X13

Залежність глибини іонно-азотованого шару від часу витримки має параболічний характер (рис. 3.9). Параметри азотування, хімічний склад та структура сталі мають вплив тільки на абсолютні значення глибини іонно-азотованого шару.

Важливою фізико-механічною характеристикою іонно-азотованого шару є його твердість. На рисунку . приведено залежність зміни мікротвердості іонно-азотованого шару за глибиною.

На рис. 3.11. представлено результати виміру мікротвердості на зразку зі сталі 40X13, (мікрошліф до травлення). На рисунку чітко видно як змінюється величина сліду від піраміди, починаючи від поверхні і в глибину зразка.

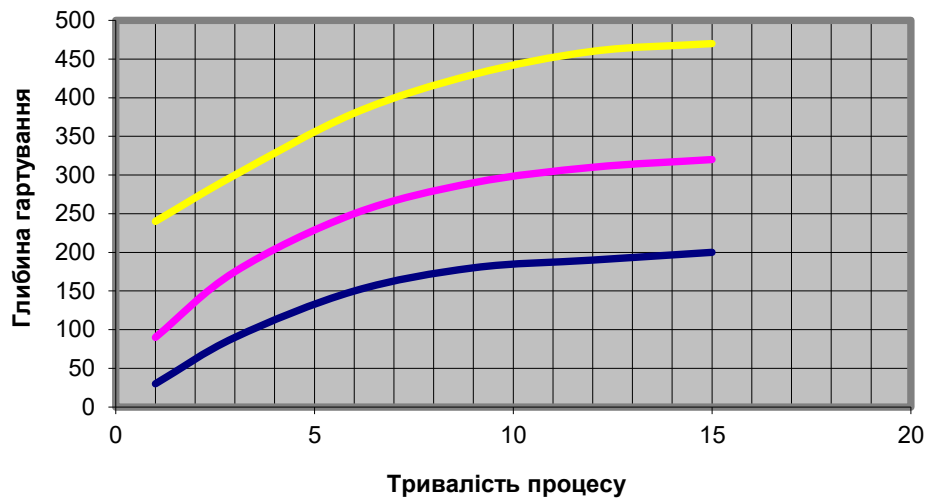


Рисунок 3.9. Залежність глибини іонно-азотованого шару від тривалості процесу та температури

На рис. 3.12. представлено результати виміру мікротвердості на зразку зі сталі 40Х, (мікрошліф після травлення в 4% розчині HNO_3).

На поверхні нітридної зони при певних умовах (значна тривалість азотування та великий азотний потенціал насичуючого середовища) утворюється ϵ -фаза – твердий розчин на базі нітриду Fe_{2-3}N , котра при великій концентрації у ній азоту – має велику твердість, підвищений опір зношення, високу стійкість проти корозії, але разом із тим - більшу крихкість. Товщина ϵ -фази не перевищує 10 мкм.

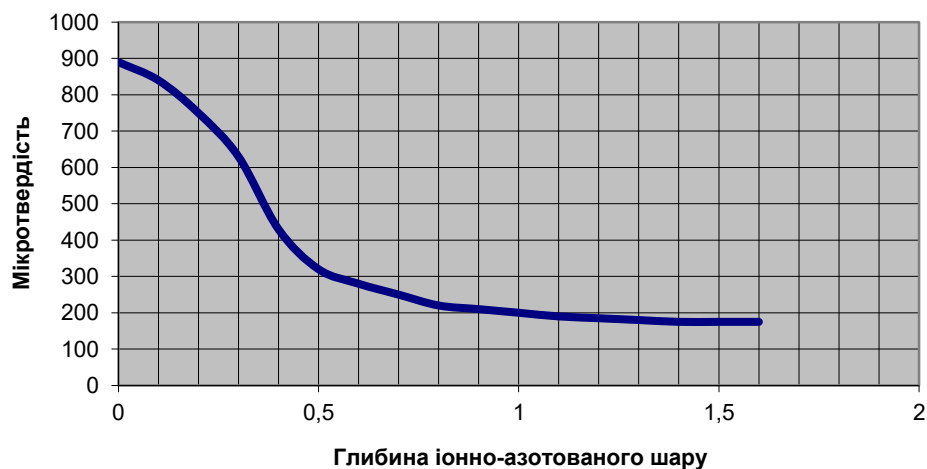


Рисунок 3.10. Характер розподілення мікротвердості за глибиною іонно-азотованого шару

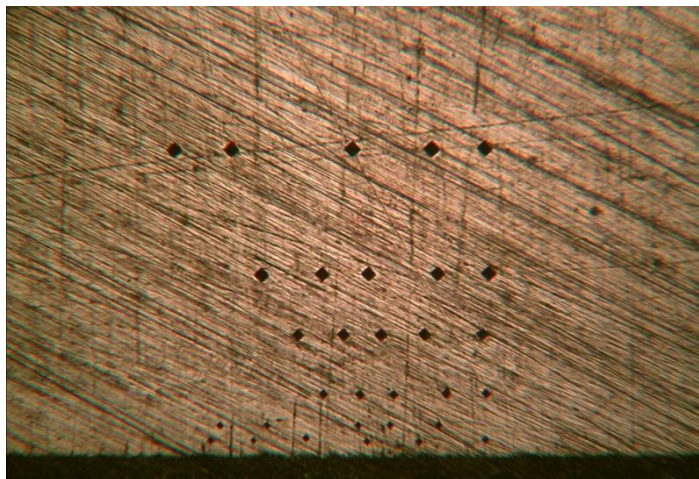


Рисунок 3.11. Характер розподілу мікротвердості по глибині, на зразку зі сталі 40X (стан мікрошліфу до травлення)

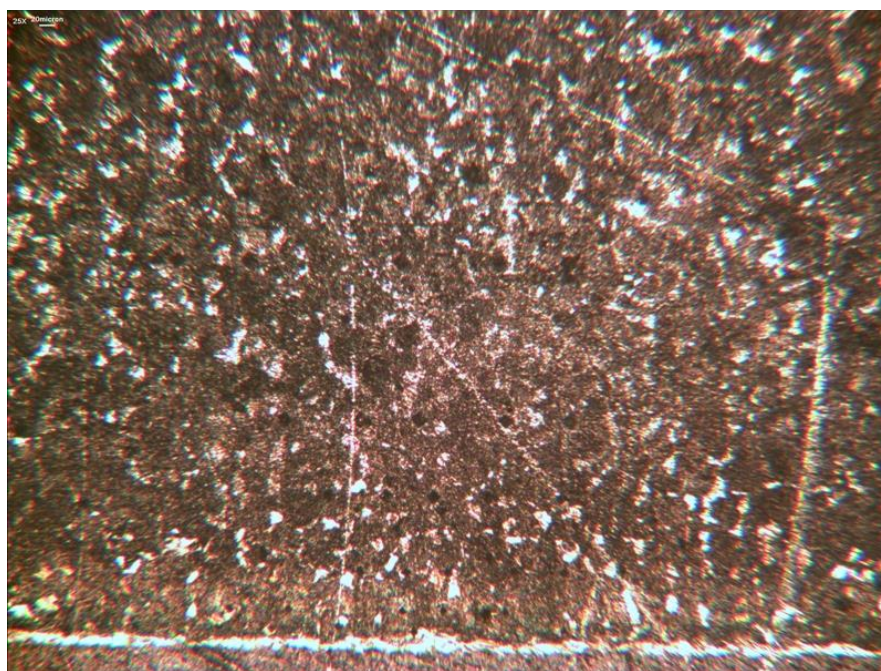


Рисунок 3.12. Мікроструктура зразка зі сталі 40X азотованого в тліючому розряді

Нижня частина нітридної зони є γ' - фазою – твердим розчином на базі нітриду Fe_4N . Під нітридною зоною, що має порівняно невелику товщину (8-10 мкм), розташовується зона внутрішнього азотування, α - фаза , котра має більшу товщину та є основною частиною іонно-азотованого шару. Твердість

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

зони внутрішнього азотування поступово зменшується у напрямку від нітридної зони до матриці по мірі зменшення концентрації азоту. Зона внутрішнього азотування – характеризується гарною пластичністю та зносостійкістю.

При низькотемпературному азотуванні ($t < 590^\circ\text{C}$), - спочатку на поверхні утворюється ненасиченого α розчину, товщина якого збільшується із часом. Вміст азоту у α -фазі – зростає із збільшенням тривалості процесу та через деякий час на поверхні досягається концентрація насичення. Подальше надходження азоту із навколишнього середовища призводить до перенасичення α -фази. Це викликає перекристалізацію $\alpha \Rightarrow \gamma' \Rightarrow \Sigma$. При іонному азотуванні у перші хвилини процесу встановлюється високий градієнт концентрації азоту.

Зміною параметрів іонно-азотованого складу навколишнього середовища, тиску, тривалості та співвідношення процесів катодного та зворотнього катодного розпилення – можна отримати дифузійний шар на базі високо азотистого α – твердого розчину без поверхневої нітридної зони, із однофазною зоною γ' - фаза із товщиною до 10 мкм без пор із гарною пластичністю та зносостійкістю, із однофазною зоною Σ - фази.

3.2. Зносостійкість зразків азотованих в тліючому розряді

В ході виконання даної роботи проводились також дослідження на зносостійкість зразків із сталей 20, 45, 40X, 38ХМЮА, 40Х13 з традиційною термообробкою та з модифікованим поверхневим шаром. Метою досліджень ставилось вибір оптимального матеріалу для виготовлення ножів, а також оптимізація параметрів процесу зміцнення поверхневого шару ножів. Модифікація поверхневого шару здійснювалось шляхом азотування в тліючому розряді за декількома режимами зі зміною параметрів:

- склад насичуючого середовища;
- тиск газової суміші;
- температура процесу;
- час.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Дослідження на зносостійкість проводились на машині тертя 2168 УМТ. Для інтенсифікації процесу дослідження, на зносостійкість, випробування проводились в режимі сухого тертя на зразках встановлених форми та розмірів.

Для оптимізації параметрів процесу дослідження на зношування при сухому терті були проведені відповідні дослідження, в результаті яких було встановлені наступні параметри процесу дослідження:

- тиск в зоні тертя – 16 МПа;
- швидкість взаємного переміщення зразка відносно контртіла - $v = 0,1$ м/с;

В якості контр тіла використовувалось кільце упорного підшипника виготовлене із сталі ШХ15.

Результати досліджень приведені у вигляді графіків залежності величини зносу від шляху тертя на рис. 3.16, 3.17, 3.18.

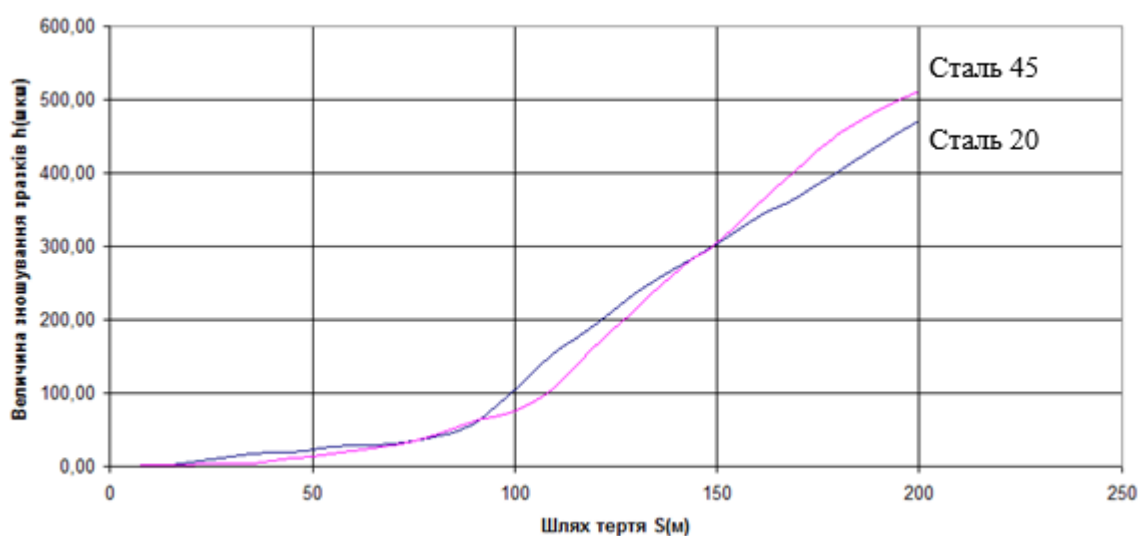


Рисунок 3.16. Зносостійкість іонно-азотованих зразків із конструкторських сталей

За результатами досліджень було встановлено наступне:

- зносостійкість зразків з модернізованою поверхнею, в порівнянні з не модернізованими при сухому терті, збільшується приблизно в 1,5...2,0 рази;
- модифікація поверхні ріжучого інструменту січкарної машин

азотуванням в тліючому розряді є кращим із методів підвищення його зносостійкості;

- оптимальним матеріалом для виготовлення ножів подрівнювача можуть бути сталі леговані хромом: Сталь 40X, 38XМЮА, 40X13.

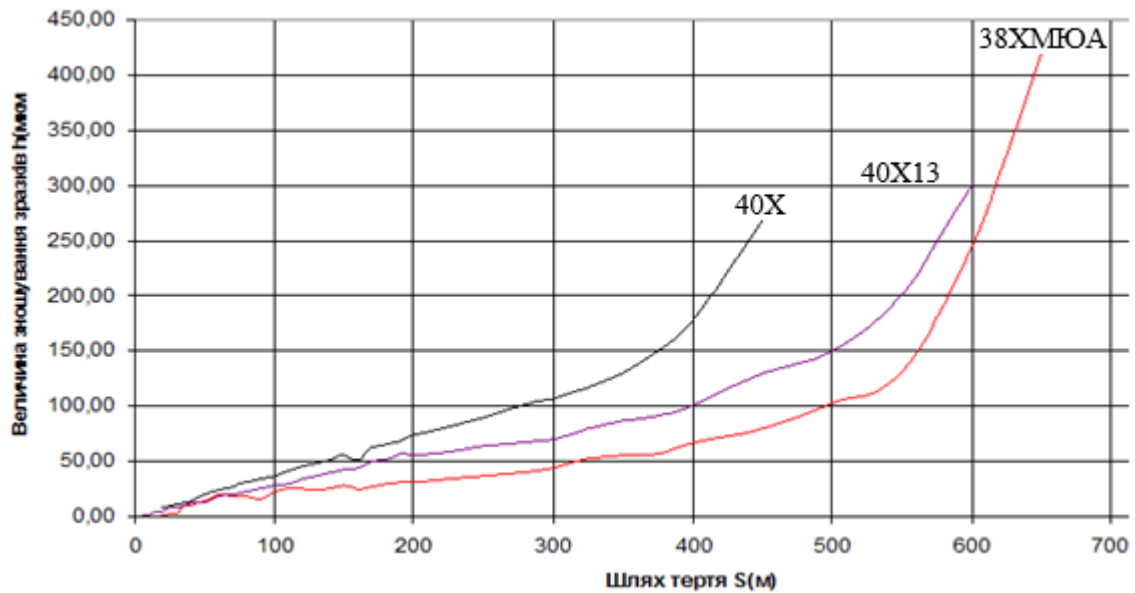


Рисунок 3.17. Зносостійкість іонно-азотованих зразків із легованих сталей

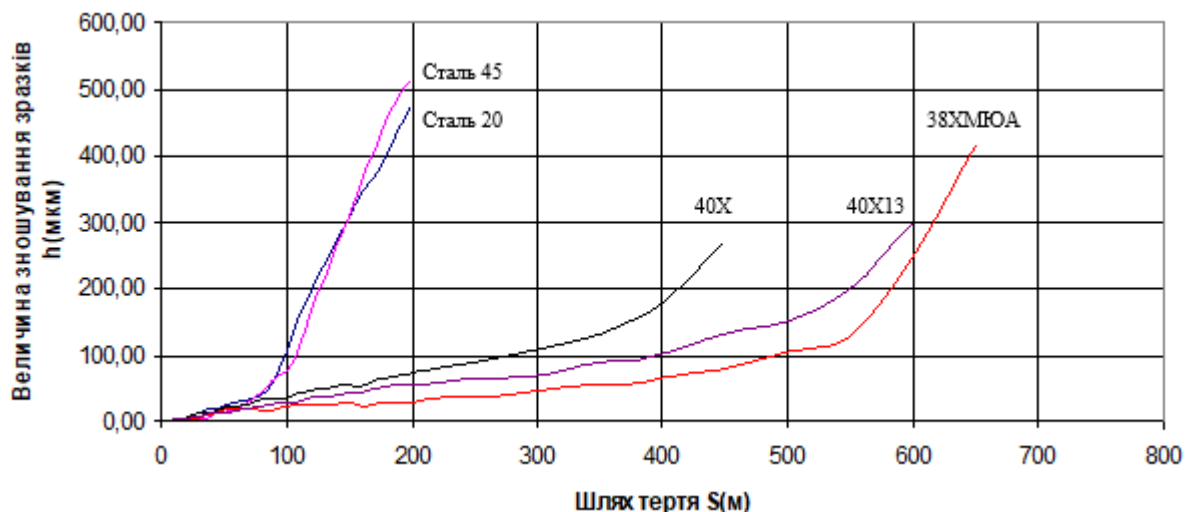


Рисунок 3.18. Порівняльна зносостійкість іонно-азотованих зразків із конструкторських та легованих сталей

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПАІ 22.11.00.00.000

Арк.

44

3.3. Зносостійкість ножів та деталей ножових вузлів азотованих в тліючому розряді

Для проведення експериментальних досліджень зносостійкості ножів та деталей ножових вузлів азотуванням в тліючому розряді були використані результати попередніх досліджень проведених в лабораторіях ПНФТЦ ХНУ, а також дослідження проведені в ході виконання даної роботи для вибору та подальшої оптимізації режимів процесу азотування в тліючому розряді.

Ножі ріжучого вузла виготовлені із сталі 45.

Для зміцнення ножів були прийняті наступні параметри азотування:

- температура насичення 500 °С;
- тиск насичуючого середовища 0,6 мм ртутного стовпа;
- насичуюче середовище 25% Ar 75% N₂;
- тривалість процесу насичення 4 год.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання роботи було проведено теоретичні дослідження в результаті яких зроблено такі висновки:

1. На основі аналізу літературних джерел та проведених досліджень обґрунтовано застосування азотування в тліючому розряді, як оптимальний вид хіміко-термічної обробки.

2. Дослідження залежностей фізико-механічних властивостей азотованих в тліючому розряді сталевих поверхонь від технологічних параметрів процесу азотування в тліючому розряді, вивчення будови та властивостей азотованого шару.

3. Для проведення процесу зміцнення ріжучого інструменту азотуванням в тліючому розряді з використанням установки УАТР-50 розроблено конструкцію (лист ДПАІ 22.11.00.00.000 СК1).

Отже, азотування в тліючому розряді, як вид хіміко-термічної обробки, являється перспективним видом зміцнення ріжучого інструменту, що дозволяє шляхом зміни параметрів процесу модифікувати поверхневий шар ножів змінюючи його властивості залежно від конкретних вимог експлуатації

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА:

1. Машины и аппараты пищевых производств : в 2 кн. Кн. 1 : учеб. для вузов / под ред. В. А. Панфилова. – Москва : Высш. шк., 2001. – 703 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств : в 2 кн. Кн. 2 : учеб. для вузов / под ред. В. А. Панфилова. – Москва : Высш. шк., 2001. – 768 с.
3. Прейс Г. А. Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности / Г.А. Прейс, Н.А.Сологуб, А.И. Некоз. – Москва : Машиностроение, 1979. – 208 с.
4. Батраченко О. В. Підвищення ефективності роботи та довговічності м'ясорізальних машин : автореф. дис. на здобуття степені кандид. техн. наук : спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв» / О.В. Батраченко ; Вінниц. нац. аграр. ун-т. – Вінниця, 2014 р. – 21 с.
5. А.с. 4418689 СССР. Нож к устройству для измельчения мяса / А.И. Некоз, В.И. Белый, И.В. Балык, Н.В. Лукьянюк (СССР).– №1570768 / 1990.
6. Стецькив О. П. Упрочнение режущих инструментов полиграфического оборудования методами ХТО : тезисы докладов к зональной конференции «Современные процессы поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента» / О.П. Стецькив, С.Р. Савчук, О.Я. Лизун. – Пенза, 1985.– С. 30–31.
7. Рядинский А. С. Опыт работы объединения по повышению стойкости инструмента методами химико-термической обработки : тезисы докладов к зональной конференции «Современные процессы поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента» / А.С. Рядинский. – Пенза, 1985.– С. 10–12.
8. Гуревич Я. П. Эффективность применения режущего инструмента, упрочнённого различными методами : сб. «Новые конструкции и прогрессивная технология производства инструмента» / Я.Гуревич, В.А. Шпиньков, И.В.Горохов. – Москва, 1984, С. 31–315.
9. Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей : програма та матеріали III міжнар. наук.-техн. конф. 25-26 березня 2014 р. – Київ : НУХТ, 2014.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Повышение жаропрочности сталей / Шевченко С.М., Сахарова В.Н., Пачурин Г.В., Иняев В.А. // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 4. – с.87–88.

11. Кузін О. А. Матеріалознавство та термічна обробка металів : підруч. / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. – Львів : ПТВФ «Афіша», 2002.–300 с.

12. Лахтин Ю. М. Азотирование ванадия и его сплавов в тлеющем разряде / Ю.М. Лахтин, А. Аль-Викай, В. Е Кольцов : сб. «Повышение надёжности и долговечности деталей машин и инструмента методами ХТО».– Москва, 1981, С. 111–117.

13. Лахтин Ю. М. Азотирование стали / Ю.М.Лахтин, Я.Д. Коган. – Моск : Машиностроение, 1976. – 256 с.

14. Пастух И.М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде.– Харьков : ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.

15. Каплун В. Г. Ионное азотирование в безводородных средах : монография / В. Г. Каплун, П. В. Каплун. – Хмельницкий : Хмельниц. нац.ун-т, 2015. – 315 с.

16. Лахтин Ю. М. Оптимизация газодинамических параметров ионного азотирования / Ю.М.Лахтин, Я.Д. Коган, В.Н. Шапошников // Металловедение и термическая обработка металлов.–1976.– №6.– С.2-7.

17. А.с. Применение ионного азотирования для обработки мелких шариков ФРГ / Мюллер Е. И. (ФРГ).– № 1925486.– 1975 г.

18. Яманака К. Сборник материалов специального отдела по использованию ионной обработки объединённого научно-технического комитета. – Осака, 1975.

19. Яманака К. Технология поверхностного упрочнения с использованием вакуума и электроразряда // Дзайрё кагаку.–1978.– №1.– С.16–22, 28.

20. Спери Р. Вакуумная и ионная термообработка / Спери Р., Бар Ж. / пер. № Б-34475.

21. Каплун В. Г. Влияние режимов ионного азотирования на износостойкость стали 45Х в кислой среде / В.Г.Каплун, А.Е., Рудык,

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

С.А.Манзюк // Проблемы трения и изнашивания : межвузов. республ. сб. –
Вып. 26.– Киев : Техника. – 1985. – С.44-49.

					ДПАІ 22.11.00.00.000	Арк.
						48
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		