

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка пристрою для очищення деталей від забруднень

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Спеціалізація Машини та апарати легкої промисловості

Шифр МРМА 22.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
2 курсу група МБм-21-1


Підпис

Буць Р.М.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

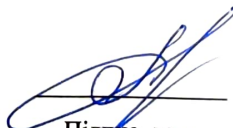
к.т.н., доц. Романець Т.П.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата


Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

_____ 202__ р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерної механіки

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістер

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Шифр і назва

Спеціалізація Машини та апарати легкої промисловості

Освітня програма _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

 .2022р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Буць Роман Михайлович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка пристрою для очищення деталей від забруднень

керівник роботи Романець Тарас Петрович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 1 04 2022р. № 83

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи звіт з практики, аналіз технічних рішень за темою роботи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Суть технологічного процесу та аналіз існуючого обладнання.

2 Обґрунтування вибору способу очищення деталей від забруднень.

3 Розрахунок параметрів роботи пристрою для очищення деталей від

забруднень. 4 Розробка пристрою для очищення деталей в миючому

середовищі. Загальні висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Пристрої для очищення деталей від забруднень (ДО, А1). 2. Способи

чищення деталей (ДІ, А1). 3. Пристрій для створення миючого ефекту (ДТ,

А1). 4. Будова пристрою для очищення деталей від забруднень (СК, 2А1). 5.

Взаємодія миючого середовища з забрудненням (ДД, А1). 6. Характеристики

роботи розробленого пристрою (ТК, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1 Огляд та аналіз існуючих технічних рішень		
2 Обґрунтування вибору способу очищення деталей від забруднень		
3 Розрахунок параметрів роботи пристрою для очищення деталей від забруднень		
4 Розробка пристрою для очищення деталей в миючому середовищі		
5 Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу		

Студент


Підпис

Р.М. Буць
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Т.П. Романець
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Буць Роман Михайлович
2. Тема магістерської роботи Розробка пристрою для очищення деталей від забруднень
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____
4. Об'єм магістерської роботи: креслень 8 арк., сторінок записки 77
5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки: Вступ. 1 Суть технологічного процесу та аналіз існуючого обладнання. 2 Обґрунтування вибору способу очищення деталей від забруднень. 3 Розрахунок параметрів роботи пристрою для очищення деталей від забруднень. 4 Розробка пристрою для очищення деталей в газорідному середовищі. Загальні висновки. Перелік джерел посилань.

Підпис студента 

"28" 12 2022 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1 від "29" 12 2022 р.

Оцінка проекту ЕК добре 4,5.0 / B

Рекомендації ЕК рекомендувало до виробництва у виробництво

Особливі відмітки _____

Технічний секретар 

"29" 12 2022 р.

Зміст

Вступ	5
1 Суть технологічного процесу та аналіз існуючого обладнання	7
1.1 Очищення поверхонь деталей від забруднень	7
1.2 Характеристика забруднень та технологічних рідин для очищення...	14
1.3 Способи очищення деталей від забруднень	21
1.4 Пристрої для очищення деталей від забруднень	28
2 Обґрунтування вибору способу очищення деталей від забруднень	40
3 Розрахунок параметрів роботи пристрою для очищення деталей від забруднень	47
3.1 Розрахунок параметрів приводу робочого органу пристрою для очищення деталей від забруднень	48
4 Розробка пристрою для очищення деталей в газорідному середовищі	51
4.1 Технологічний процес очищення деталей в газорідному середовищі.....	51
4.2 Взаємодія газових пухирців з поверхню деталі.....	53
4.3 Рух газового пухирця по забрудненій поверхні.....	59
4.4 Механізм переносу забруднення від поверхні деталі в миючий розчин	71
Загальні висновки	74
Перелік джерел посилань	76
Додаток А	78

МРМА 22.00.00.000 ПЗ				
№м.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав	Буць Р.М.			
Перевір.	Романець Т.П.			
Н.контр.	Поліщук О.С.			
Затвер.	Поліщук О.С.			
Розробка пристрою для очищення деталей від забруднень			Літера	Аркуш
			м	4
			ХНУ, гр. МБм-21-1	
			Аркушів	77

ВСТУП

Підвищення якості виробів легкої промисловості пов'язано зокрема із покращенням другорядних промислових процесів, наприклад, очистка поверхонь виробів від забруднення перед складальними операціями, перед дефектуванням чи нанесенням покриття.

Ретельна очистка робочих поверхонь машини від промислового та експлуатаційного забруднення запобігає передчасному зносу відповідних виробів, вузлів та агрегатів, збільшується період їх безвідмовної роботи, покращує технічні та експлуатаційні характеристики машини, економить дорогоцінні метали та робочі рідини, скорочує затрати на обслуговування та ремонт машини.

Підвищення виробничої чистоти машини легкої промисловості, збільшення на цій основі її надійності та ресурсу рівноцінно, таким чином, додатковому випуску машин та запасних частин до них. Розробка та впровадження в легку промисловість способів та засобів інтенсифікованої очистки поверхонь виробів при обслуговуванні агрегатів та систем машин, дає змогу підвищити техніко-економічні показники експлуатації обладнання. Крім того інтенсифікація процесу очистки поверхонь від забруднення перед нанесенням покриття дозволяє підвищити якість декоративних та захисних покриттів виробів, наприклад фурнітури.

Більше поширення має метод промивання виробів в миючих установках із активною дією миючої рідини після подачі в потік рідини газових пухирців.

Конструкторські роботи по створенню ефективного обладнання для очистки виробів машини в газорідинному потоці стримується деякими труднощами, пов'язаних із недостатнім рівнем вивчення фізико-технічних процесів, які лежать в основі способу, із відсутністю систематизованих даних про їх фактичну ефективність, недосконалість методів розрахунку, а також недостатність досвіду конструювання та випробування відповідного технологічного

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

обладнання. Відсутність рекомендацій по вибору параметрів газорідного потоку, залежить від конкретних умов експлуатації.

Ці сторони питання ще слабо вивчені та потребують досконалого аналізу. Розробка пристрою для очищення виробів від забруднень із активізацією миючого розчину газорідними потоками є актуальною задачею.

					MPMA 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

1 СУТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Очищення поверхонь виробів від забруднень

Очищення поверхні металевих виробів, внутрішніх порожнин вузлів, агрегатів і систем – це комплекс складних фізико-хімічних і механічних процесів, ефективність яких залежить від властивостей очищувального середовища, розміру і властивостей частинок бруду, технологічних режимів очищення, конструктивні особливості очищуваних виробів, агрегатів і систем. Тип і ступінь забруднення, що залишається після очищення поверхні, залежить головним чином від методу очищення та типу очисного середовища.

Тривалість процесу очищення виробів, вузлів і систем сучасних машин становить 10%-15% від загального часу, що витрачається на їх виготовлення і монтаж. Тому вибір очисного середовища, способу та гідродинамічних параметрів очищення є важливим етапом технологічного процесу виготовлення машини. Забруднення з металевих поверхонь у вигляді налиплих плівок, твердих часток, масел, жирів можна видалити шляхом механічної дії, розчинення, хімічної реакції або миття. У деяких випадках використовуються комбіновані види очищення.

В даний час для очищення виробів, агрегатів і систем машин широко застосовуються очисні рідини з високою фізико-хімічною активністю. Крім здатності мийної рідини розпушувати, руйнувати або розчиняти шар бруду, використовується також здатність рідини механічно впливати на тверді частинки бруду.

Оскільки забруднення металевої поверхні зазвичай є сумішшю твердих мікрочастинок, продуктів корозії та окислення з полімеризованими залишками масел, жирів, жиру тощо, їх видалення часто вимагає великих зусиль і виконання спеціальних операцій. Для полегшення видалення твердих частинок

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

бруд з поверхні заготовок і виробів у полімеризованому шарі рекомендується замочування в рідинах з високою хімічною активністю. У більшості випадків прання необхідно проводити незабаром після виготовлення продукції.

Спосіб очищення металевої поверхні деталі струменем промивної рідини (оптимальна технологія) визначається на основі аналізу гідродинамічної взаємодії промивної рідини з частинками забруднення, а також на основі результатів експериментальні дослідження. У цьому контексті розглянемо механізм видалення забруднень потоком очисної рідини. Не применшуючи значення фізико-хімічних факторів, обумовлених діяльністю мийного середовища, багато дослідників схильні розглядати процес механічної дії рідини на забруднення як одну з основних умов, що визначають ефективність очищення.

Процес очищення металевої поверхні потоком рідини можна розділити на наступні взаємопов'язані елементарні процеси: відділення частинок бруду від поверхні, що очищається, вирівнювання забруднень потоком рідини та транспортування бруду до фільтруючого пристрою.

Процес видалення частинок бруду є основною частиною всього процесу очищення. При цьому частинки, що відірвалися від поверхні, повинні бути швидко видалені, для чого потік рідини повинен мати необхідну вирівнювальну і транспортувальну здатність.

Під рівноважною здатністю рідкого середовища розуміється його здатність утримувати тверді частинки певного розміру у зваженому стані. з теорії гідравлічного транспорту відомо, що здатність до рівноваги залежить від структури вагового середовища і його міцності. Здатність до балансування визначається типом і концентрацією вантажів, що зважуються. Здатність диспергованого середовища до зважування, звичайно, характеризується найбільшим (критичним) розміром і кількістю частинок, які можуть бути стабільно суспендовані цим середовищем. В даний час загальновизнано, що стабільний рідинний транспорт важких частинок у зваженому стані можливий тільки в турбулентних потоках рідини.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

На частинку, що лежить на поверхні, що очищається, діють такі сили: вага частки в рідині; адгезія частинки до поверхні; виштовхувальна сила, яка є вертикальною складовою головного вектора гідродинамічної дії рідини на частинку; сила опору, яка є складовою головного вектора гідродинамічної дії рідини на частинку, збігається з напрямком вектора швидкості потоку. Оскільки деякі розміри частинок забруднення, які необхідно видалити, коливаються від 0,5 мкм до 100 мкм, під час очищення виявляється досить велика їх кількість, прихована в товщі прикордонного шару рідини, який є шаром рідини на поверхні під дією стримується силами в'язкості. Граничний шар перешкоджає контакту частинок бруду з сусідніми шарами рідини, що інтенсивно рухається, і ускладнює видалення прилиплих частинок з поверхні.

Окрема частинка, що лежить на поверхні, що очищається, яка виступає із загальної маси або оточуючих частинок, піддається силі потоком миючої рідини, причиною якої є сила фронтального опору частинки. Чим ближча форма частинки до м'яча, тим більша ймовірність того, що вона буде рухатися, котячись. Плоскі та довгі частинки на поверхні або поблизу неї рухаються шляхом ковзання.

Мабуть, частинка може відірватися від поверхні, якщо сума сил гідродинамічного впливу рідини на частинку в напрямку потоку перевищує силу тертя частинки об поверхню.

Величина сили тертя частинки об поверхню залежить від її сили зчеплення з поверхнею, яка в основному визначається вагою частинки та силою зчеплення.

Тверді частинки розміром менше 100 мкм і з великою загальною площею поверхні можуть сильно прилипати одна до одної та до поверхні відкладення частинок. Такі частинки також здатні активно адсорбувати маслянисті речовини на своїй поверхні, що підвищує адгезію частинки до поверхні, що очищається.

Міцність зчеплення визначається характером контактуючих тіл, міжмолекулярними та електричними взаємодіями, а також капілярною дією та іншими причинами. Міцність зчеплення частинок зростає зі зменшенням розміру і зволоженням контактної поверхні.

Для дрібних частинок бруду сила адгезії може бути на кілька порядків більшою, ніж сила тяжіння, і, таким чином, є основною силою, яка утримує частинку на поверхні, що очищається.

Відриву частинки сприяє виштовхувальна сила, яка виникає внаслідок несиметричного обтікання частинки з різними швидкостями. У такому потоці тиск рідини під частинкою перевищує тиск рідини над нею. Коли частинка мала або трохи виступає із загальної маси інших частинок, що осідають на поверхні, сила опору на першому етапі пропорційна швидкості потоку рідини; Якщо частка велика і значно виступає з прикордонного шару рідини, силу опору можна вважати пропорційною квадрату швидкості потоку рідини, який, звичайно, вважається значенням локальної швидкості потоку в центрі сила тяжіння центральної частини частинки.

При певній швидкості потоку рідини спостерігається початок руху перших частинок, стійкість яких може порушуватися, при цьому частинки коливаються і ривком відриваються від поверхні, що очищається, від рухомої поверхні. За певних обставин частинки, що відірвалися, можуть знову осісти на поверхню або потрапити в потік у зваженому стані.

Величина місцевої швидкості течії рідини в зоні розташування частинки, де відбувається її відрив від поверхні, відповідає середній швидкості руху рідини, яка називається швидкістю відриву. Розрахунок процесу поділу частинок зводиться до визначення цієї швидкості як функції розміру частинок.

Дослідження ряду вітчизняних вчених показали, що значення швидкості зсуву цих частинок на глибині потоку 0,5 м дорівнюють від 0,1 м/с до 3,2 м/с. Деякі дослідники стверджують, що через відмінності в обтіканні частинок іс-

тотно різних розмірів неможливо знайти загальну формулу для визначення швидкості поділу частинок.

Середня швидкість потоку, необхідна для розділення частинок, збільшується зі зменшенням розміру частинок. Це пояснюється тим, що силовий вплив на дрібні частинки, розташовані в товщі прикордонного шару, де швидкість руху рідини мала, також дуже незначна. Збільшення локальних швидкостей рідини, необхідних для поділу частинок, також призводить до зростання середньої швидкості. Відрив дрібних частинок також відбувається за рахунок значних сил зчеплення.

Неможливість забезпечити необхідну для очищення швидкість потоку миючої рідини (близько 30 м/с) призводить до значного збільшення часу очищення, а також не гарантує повного видалення частинок бруду розміром менше 5 мкм – 10 мкм.

Спеціальні дослідження показують, що ефективно видалення полідисперсних порошкоподібних частинок забруднюючих речовин розміром від 2 мкм до 100 мкм можливе навіть при помірних середніх швидкостях промивної рідини, якщо в потоці штучно створюється збурення коливаннями тиску або витрати рідини.

У той же час недолік недостатньої витрати рідини для миття компенсується тим, що в рідині виникають коливання тиску, які сприяють більшому руйнуванню зв'язків, які утримують частинки бруду на поверхні, що очищається.

Турбулентний потік рідини характеризується наявністю поперечних (відносно основного напрямку руху) пульсуючих швидкостей рідини, що є наслідком турбулентного перенесення кінцевих мас рідини.

Наявність поперечних пульсацій швидкостей рідини в турбулентному потоці дозволяє транспортувати тверді частинки разом з масою рідини (в поперечному напрямку) і утримувати їх у зваженому стані.

Поверхні продуктів, що очищаються, можуть бути гладкими з гідравлічної точки зору, тобто мати настільки низький рівень шорсткості, що це не впливає на рівень втрати тиску на довжині потоку при заданих числах Re . Низька шорсткість не може бути джерелом турбулентності прикордонного шару або потоку рідини.

Розглянемо механічну дію струменя рідини, що виливається на забруднену поверхню. Між забрудненням і поверхнею деталі існують певні сили зчеплення, які утримують забруднення на поверхні тіла (деталі). Величина сил зчеплення залежить від складу і виду забруднення. Робота з видалення забруднень полягає в механічній і фізико-хімічній дії очисного середовища на забруднення (розчинення). Процес механічної дії очисного середовища досліджувався багатьма вченими і вважається одним з основних факторів, що забезпечують ефективність очищення.

Струмінь миючої рідини при контакті із забрудненою поверхнею вирівнюється і розтікається від центру контакту з поверхнею в сторони. При цьому гідродинамічні сили тиску (сили тиску рідини), які діють на поверхню з боку потоку і створюють нормальний тиск на поверхню, і сили швидкості потоку рідини, що поширюється по поверхні, ці сили тертя створюють дотичні напруги.

При турбулентному режимі руху рідини відбувається дуже бурхливе хаотичне перемішування рідини. Турбулентні пульсації передають імпульс рідини на поверхню текучого твердого тіла, це призводить до появи потоку середнього імпульсу до поверхні. Наявність середнього потоку імпульсу до твердої поверхні означає, що на цю поверхню діє сила поверхневого тертя. Передачу імпульсу в рідині можна охарактеризувати турбулентною в'язкістю.

Бульбашки газу, які утворюються при протіканні рідини, з гострими краями на вході мають діаметр від 0,1 мм до 0,4 мм і вважаються твердими домішками, оскільки тиск усередині бульбашок газу перевищує тиск у рідині.

Тип руху рідини під впливом турбулентних пульсацій сприяє збільшенню інтенсивності видалення розчинних домішок з поверхні твердих тіл, оскільки імпульси, що підносяться до поверхні домішок, більші.

Газорідинна суміш, що утворюється в очисній установці, завдяки наявності дрібних газових бульбашок руйнує прикордонний шар (в'язкий підшар), наявний на забрудненій поверхні, в турбулентному потоці, тим самим збільшуючи інтенсивність передачі розчинення рідини. до забруднення, тим самим збільшуючи інтенсивність видалення забруднення з твердої поверхні, можна збільшити при тих же режимах роботи обладнання без збільшення споживання енергії.

З огляду технічної літератури було встановлено, що на продуктивність очищення впливає не тільки турбулентність потоку та сили рідини, перпендикулярні площині, що очищається, але також тангенціальні сили тертя миючої рідини. .

Результати досліджень тертя газорідинного потоку дозволяють говорити про його використання як інтенсифікатора процесу очищення дрібними бульбашками газу при низькому газовмісті. Застосування газорідинного потоку дозволяє підвищити напругу тертя без збільшення швидкості і тиску рідини, що використовується для інтенсифікації процесу очищення при використанні чистої очисної рідини.

Способи отримання газорідинних, парорідинних систем у технологічних процесах відомі з багатьох літературних джерел. У хімічній технології барботування часто використовують для хімічних реакцій. У цьому процесі газ під тиском вдувається через спеціальні форсунки в рідину і перемішує її. Такі процеси характеризуються значною витратою газової фази. Процес барботування також широко використовується в процесах миття продукту.

Однак розмір бульбашок газу, отриманих на заводах, коливається від 0,002 до 0,004 мкм. Для прання невеликих виробів складної конфігурації не-

обхідно отримувати бульбашки розміром не більше 0,001 м для попадання у важкодоступні місця.

Для створення газорідного потоку з такими параметрами пропонується використовувати гідродинамічну кавітацію при зворотно-поступальному русі рідини через сопло з гострими краями на вході та виході.

1.2 Характеристика забруднень та технологічних рідин для очищення

Практика використання машин різного призначення показує, що забруднення, що виникають у виробничо-експлуатаційному процесі, призводять до передчасного зносу виробів, виходу з ладу вузлів і систем, погіршення працездатності і параметрів машин, а також до різкого збільшення ремонтів і експлуатації. витрати .

Забруднювачі — це тверді та рідкі плівки, тверді відкладення, продукти корозії або захисні шари, які потрапляють на поверхню виробів або утворюються на них у процесі виготовлення, складання, випробувань, консервації та експлуатації. Вид забруднення визначається особливостями технології виробництва продукції, рівнем культури виробництва та експлуатації, збереженням тощо.

Всі типи забруднень можна розділити на три основні види:

- неорганічні забруднення, механічно пов'язані з поверхнею: забруднення, слабо зв'язані з поверхнею (пил, стружка, стружка металевої та неметалічної природи, сажа, пісок, глина та ін.); Домішки, які механічно втягуються в поверхню (абразивні зерна, мінеральні або металеві частинки); забруднення, що осідають на поверхні (соляні кірки після обробки в соляних ваннах, накип тощо); забруднення, приплавлені до поверхні або затверділі з розплаву (флюс, зварювальний шлак, ливарна сажа, керамічні покриття після спікання скла тощо);

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

- бруд і покриття органічної природи або на органічних зв'язках, механічно пов'язаних з поверхнею: бруд, слабо зв'язаний з поверхнею (пил, стружка і стружка пластмаси, дерева тощо, сажа, вугілля, кокс); Забруднення з низькою адгезією до поверхні (масляні та масляні плівки, а також мастила, шліфувальні, полірувальні та притиральні пасти); міцно зчеплені з поверхнею забруднення (лак, смола, клей, фарби та лаки, шпаклівка та герметик).

- Забруднювачі та плівки, хімічно пов'язані з поверхнею: оксиди та гідрати оксидів, включаючи природні оксиди або гідроксидні плівки на чорних (іржа) і кольорових металах (природні плівки, оксиди та продукти корозії), оксиди, що утворюються під час термічної обробки або гарячого тиску обробка, оксидні покриття (воронені плівки на чорних металах, анодовані плівки або чорні плівки на кольорових металах); Солі та солеподібні сполуки (карбонати та основні солі кольорових металів, сульфідні чорних і кольорових металів, фосфати чорних і хромати кольорових металів, силікати).

На практиці, як правило, це сукупність домішок різного типу, що визначається характером попередніх операцій обробки продуктів або продуктів, консервації та ін. В принципі забруднення можна розділити на наступні групи в залежності від попереднього операція:

- після механічного різання (стружка і стружка металів і неметалів, машинні емульсії і мастила), фінішної обробки і обробки, притирки і фінішної обробки (абразивний пил і зерна, пасти, масла, мастила, емульсії, клейові смоли);

- після механічної обробки холодним тиском, штампування, кування, прокатки (масла, мастила, графіт, тальк) і після гарячої обробки пресом (дьюгтові вироби, луски, конверти);

- після лиття (накип, оксидні плівки, дим);

- після зварювання (окалина, оксиди, зварювальний шлак, залишки покриття та флюсу);

- після паяння (оксиди, залишки флюсу);

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

- після термічної обробки (накип, оксидні плівки, сажа, кокс, сажа, смоли та продукти коксування);
- після обробки та фарбування (лаки, фарби);
- після монтажних робіт (масла, емульсії, механічні частинки, відбитки рук і т.д.);
- після випробувань, контрольних вузлів і розкладів (масла, емульсії, механічні частки та різні види промислових забруднень);
- після зберігання та транспортування (покриття для захисту від корозії, включаючи захисні лаки та фарби, консерваційні мастила, пасивуючі розчинні солі та продукти корозії, що утворюються під час зберігання).

1.2.1 Властивості забруднень

При розробці технологічних методів очищення слід враховувати властивості забруднюючих речовин: їх агрегатний стан (твердий або рідкий, в'язкість рідин і температуру плавлення твердих забруднюючих речовин); З'єднання забруднень з поверхнею продукту (полярне чи неполярне); Полімеризація шкідливих компонентів, що відбувається при експлуатації виробів при високих температурах (в двигунах внутрішнього згорання, при гарячому штампуванні, куванні та ін.); наявність твердих і м'яких частинок, що заповнюють канавки, глухі і наскрізні отвори; Агломерація продуктів корозії та окислення з домішками.

Найбільш поширеними для більшості типів продукції є масляні забруднення та комбінації забруднень на масляній основі, полірувальні пасти, неорганічні забруднення, такі як механічні частки та пил, продукти корозії, оксиди, оксидні плівки.

Забруднення масел, в тому числі мінеральних (машинних, шпindelельних, трансформаторних та інших масел), рослинних і тваринних масел, сульфафрезолів і емульсій, часто з включеннями у вигляді пилу, абразивів, стружки, стружки і т.д., характерних для продуктів і виробів, що проходять обробку -

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		16

підлягають консервації, монтажу, розбиранню та експлуатації. Очищення від олійно-жирових забруднень при застосуванні лужних розчинів здійснюється шляхом емульгування та омилення забруднень (для жирів і олій рослинного і тваринного походження), а при використанні органічних середовищ - за рахунок розчинення.

Домішки у вигляді шліфувальних, полірувальних і чистячих паст значно ускладнюють очищення. Паста складається з абразивних мікропорошків і сполучних. Абразивні порошки, до складу яких входять оксид алюмінію, оксид хрому, синтетичний алмаз, плавлений оксид алюмінію, карбід бору та ін., хімічно інертні. Як сполучні використовують олеїнову кислоту, тваринні жири, парафін, стеарин, летові масла.

Олеїнова кислота розчиняється в етиловому спирті, хлороформі, бензині та деяких інших органічних розчинниках. Олеїнова кислота не розчиняється у воді, а омилується в лужному середовищі з утворенням водорозчинного продукту, який називається олеїновим милом. Тваринні жири і олії омилуються в лужному середовищі з утворенням водорозчинних продуктів (гліцерин, мило), мінеральні олії не взаємодіють з кислотами і лугами і не розчиняються у воді. Ці жири й олії добре розчиняються в дихлоретані, гасі, бензині та деяких інших органічних розчинниках.

Неорганічні забруднення, такі як частинки та пил, механічно слабо зв'язані з поверхнею. Вони задовільно видаляються чистою, дистильованою або деіонізованою водою, залежно від вимог до якості очищення.

Серед міцнозв'язаних забруднень значне місце займають продукти корозії, оксиди та оксидні плівки. Їх виникнення зумовлене хімічними та електрохімічними процесами.

Кисень і вологе повітря, агресивне середовище сприяють тому, що поверхневі шари металів з агентами середовища перетворюються в хімічно стійкі форми сполук (оксиди, окалина, іржа). Явища, що відбуваються при окисленні

металів, різноманітні, тому залежно від виду металу і зовнішніх умов на поверхні металу можуть утворюватися оксидні шари різного складу і структури.

Залежно від міцності зв'язку з поверхнею, що очищається, домішки поділяються на міцно і слабозв'язані.

Важливість типу забруднення є вирішальним фактором при виборі або розробці технологічних процесів очищення і забезпечує можливість досягнення високого ступеня чистоти продукції.

1.2.2 Технологічні рідини, що використовуються в процесах очищення

Дуже важливим показником є ступінь хімічної взаємодії забруднення з миючим середовищем. Від правильного вибору засобу для чищення залежить ефективність очищення. Необхідно враховувати, що миюча рідина повинна взаємодіяти з забрудненням, а не з матеріалом, з якого виготовлений очищуваний предмет. Якщо така взаємодія має місце, то вона має бути значно повільнішою за процес видалення домішок і не супроводжуватися зміною фізико-механічних властивостей матеріалу виробу та порушенням його поверхні, конфігурації тощо.

Всі миючі засоби, які використовуються для чищення, можна розділити на дві групи:

- органічні розчинники та емульсійні препарати;
- Лужні та синтетичні засоби для чищення.

Органічні розчинники знайшли широке застосування в закордонному і вітчизняному виробництві завдяки високій швидкості видалення домішок, можливості проводити процес без механічних і термічних впливів, корозійної інертності до виробів з чорних і кольорових металів і сплавів.

Найбільш поширеними розчинниками є маргінальні, ароматичні та хлоровані вуглеводні.

Ароматичні та хлоровані вуглеводні є хорошими розчинниками мінеральних масел і старої фарби. Однак вони характеризуються високою токсичніс-

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18

тю, крім того, ароматичні вуглеводні вибухонебезпечні і горючі. Тому ці розчинники не мають широкого застосування. Їх використання можливе лише за наявності автоматичних пристроїв.

В даний час в основному використовуються такі розчинники: дизельне паливо, гас, бензин і мінеральний спирт. Це дешеві і відносно нетоксичні розчинники. Використовуються для очищення внутрішніх поверхонь масляних каналів, очищення паливних систем, електрообладнання та видалення шарів старої фарби.

Емульсійні препарати являють собою композицію або систему, що містить, крім розчинників, поверхнево-активні речовини (ПАР) і воду. Емульсійне очищення зазвичай використовується там, де інші види очищення забирають надто багато часу та недостатньо ефективні. Одним із шляхів розширення емульсійної очистки слід вважати підвищення очисної здатності дешевих розчинників - ксилолу і дизельного палива - шляхом вибору ефективних емульгаторів і ПАР, що в них розчиняються.

Найбільш широке поширення в практиці прибирання знайшли лужні розчини. Перевагами цих рішень є їхня відносна дешевизна, а використовувана технологія не потребує спеціального обладнання.

Останнім часом для підвищення миючої здатності широко використовують синтетичні мийні засоби, що містять поверхнево-активні речовини та активні добавки. Сучасні мийні засоби використовують аніонні ПАР і немоногенні ПАР. Молекули аніонних ПАР у водних розчинах дисоціюють на неактивні катіони (метал або водень) і на поверхнево-активні аніони (вуглеводневі ланцюги). До цієї групи поверхнево-активних речовин відносяться жирні масла, солі сульфованих високомолекулярних спиртів, жирні кислоти та інші сполуки.

Фосфати, карбонати і силікати натрію широко використовуються в якості активних добавок до мийних засобів, посилюючи дію поверхнево-активних речовин і один одного в потрібному напрямку.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		19

Фосфати мають потужні пептизуючі властивості та розщеплюють великі забруднені частинки на менші, іноді до колоїдних розмірів.

Карбонати є найдешевшими електролітами і утворюють лужний резерв в очисному розчині.

При гідролізі силікатів лужних металів утворюється кремнієва кислота в колоїдному стані. Здатність кремнезему диспергувати тверді та жирні забруднювачі допомагає в процесі очищення, а також відіграє важливу роль у запобіганні повторному відкладенню вимитих забруднень. Наявність силікатів має антикорозійний ефект. При видаленні різних видів забруднень з поверхні виробів використовуються різні методи очищення. Усі відомі способи очищення виробів можна розділити на три великі групи - механічні, фізико-хімічні та комбіновані (очисні пристрої поєднують фізико-хімічну активність мийних засобів з механічним впливом на забруднення, які видаляються з поверхні виробів). Багато дослідників вважають процес механічної дії рідини на забруднення однією з основних умов, що визначають ефективність очищення, а основними факторами є нормальна і дотична складові сил тертя очисного середовища.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		20

1.3 Способи очищення виробів від забруднень

1.3.1 Ультразвуковий спосіб очищення

Практика ультразвукового очищення використовує ультразвукові коливання високої потужності, які створюють нерегулярне поле з порушенням цілісності середовища для очищення.

Вплив ультразвуку на рідину на межі розділу радіатор-рідина призводить до явищ кавітації, які супроводжуються значним локальним підвищенням тиску та температури рідини. Необоротні втрати енергії створюють звукові струми в рідині, які відіграють важливу роль у передачі частинок забруднюючих речовин, зважених у рідині. Ці явища викликають основний фізичний вплив на процес ультразвукового очищення, вони посилюють хімічну взаємодію очисної рідини з домішками.

На додаток до чисто механічного руйнування плівок бруду, кавітація та акустичні струми інтенсифікують процеси емульгування та розчинення, які супроводжують процес очищення. Звукові потоки допомагають видалити забруднення та покращити обмін миючого розчину в зоні очищення. Експериментальні дослідження ультразвукових кавітаційних полів, проведені за допомогою високошвидкісної кінематографії, показали, що кавітаційні бульбашки є основним фактором, що руйнує поверхневі плівки забруднюючих речовин.

Створення ультразвукових коливань в рідині дозволяє істотно підвищити ефективність і якість очищення продуктів від гідроагрегатів, арматури, трубопроводів і фільтруючих елементів. Оптимальний підбір параметрів ультразвукового поля, найбільш раціональне розташування ультразвукових перетворювачів, відбиваючих і фокусуєчих пристроїв, генерація ультразвукових коливань відносно двох осей координат і використання насосів рідини через порожнини, що очищаються одночасно з дією ультразвуку, дозволяє отримати хороші результати очищення.

Застосування ультразвукової очистки продуктів в даний час обмежено через високу вартість процесу. На думку експертів, економічно вигідно використовувати його лише з якісними матеріалами та прецизійними механічними виробами та вузлами.

До недоліків ультразвукового очищення можна віднести обмежені розміри очищуваних продуктів, складність забезпечення ефективної доставки ультразвукової енергії у важкодоступні місця (мертві отвори тощо), складність видалення забруднень із зони очищення, наприклад, а також можливість кавітаційного пошкодження виробів у певних режимах.

Ультразвукове очищення здійснюється в обладнанні, що складається з одного або декількох ультразвукових технологічних пристроїв, генератора і джерела ультразвуку - електроакустичних перетворювачів.

За призначенням, типом використання та конструктивними особливостями ультразвукові апарати можна розділити на чотири основні групи: універсальне малогабаритне обладнання, промислові ванни та обладнання з одним положенням, промислове обладнання з кількома положеннями, промислові автоматизовані установки.

Універсальні малі установки характеризуються тим, що крім генератора використовуються ванни або ванни різної місткості з певною інтенсивністю та об'ємною щільністю ультразвукової енергії, що дає можливість використовувати ці пристрої для очищення виробів різної конфігурації та габаритів. різноманітних забруднень. Перетворювачі можна занурювати та монтувати. Діапазон потужностей генераторів від 0,015 кВт до 10 кВт, місткість ванн від 0,5 л до 100 л.

Однопозиційні промислові ванни і установки, як правило, мають велику потужність і призначені для здійснення найпростіших технологічних процесів, що складаються з однієї операції. Вони можуть бути механізовані та оснащені пристроями, що підвищують ефективність технологічного процесу. Однопозиційні установки, крім механізації процесу очищення, можуть мати

автоматичне завантаження і вивантаження продуктів і працювати в автоматичному і напівавтоматичному режимах.

Багатопозиційне промислове обладнання використовується для очищення виробів різної конфігурації з невеликою програмою і широким асортиментом. Потужність таких установок може бути різною, в основному від 0,1 кВт до 10 кВт. Установки містять кілька технологічних позицій і обслуговуються вручну. Крім ультразвукових ванн, вони мають технологічні позиції для виконання допоміжних операцій, що супроводжують ультразвукове очищення, наприклад, камери для сушіння виробів холодним і нагрітим повітрям. Залежно від ступеня механізації установки цієї групи поділяються на механізовані і немеханізовані - на спеціалізовані й універсальні залежно від призначення.

1.3.2 Вібраційний і вібробарбота́жний способи очищення

Ультразвукове очищення використовує ультразвукові коливання високої потужності, які створюють нерегулярне поле, що порушує цілісність очисного середовища.

Дія ультразвуку на рідину на межі холодніша-рідина призводить до явищ кавітації, які супроводжуються значним локальним підвищенням тиску і температури рідини. Необоротні втрати енергії створюють звукові потоки в рідині, які відіграють важливу роль у перенесенні частинок забруднюючих речовин, зважених у рідині. Ці явища викликають основний фізичний вплив на процес ультразвукового очищення, вони посилюють хімічну взаємодію очисної рідини з домішками.

На додаток до чисто механічного руйнування плівок бруду, кавітація та акустичні струми інтенсифікують процеси емульгування та розчинення, пов'язані з процесом очищення. Звукові потоки допомагають видалити бруд і покращити обмін миючого розчину в зоні очищення. Експериментальні дослідження ультразвукових кавітаційних полів, проведені за допомогою висо-

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		23

кошвидкісної кінематографії, показали, що кавітаційні бульбашки є основним фактором, що руйнує поверхневі плівки забруднюючих речовин.

Створюючи в рідині ультразвукові коливання, можна значно підвищити ефективність і якість очищення продуктів від гідроагрегатів, арматури, трубопроводів і фільтруючих елементів. Оптимальний вибір параметрів ультразвукового поля, найбільш раціональне розташування ультразвукових перетворювачів, відхиляючих і фокусуєчих пристроїв, генерація ультразвукових коливань відносно двох осей координат і використання рідинних насосів через порожнини, які одночасно очищаються під дією ультразвуку, дозволяють досягти хороших результатів очищення.

Застосування ультразвукової очистки продуктів в даний час обмежено через високу вартість процесу. На думку експертів, економічно доцільно використовувати його лише для високоякісних матеріалів і виробів і вузлів тонкої механіки.

До недоліків ультразвукового очищення можна віднести обмежений розмір очищуваних продуктів, складність забезпечення ефективної доставки ультразвукової енергії у важкодоступні місця (мертві отвори тощо), складність видалення забруднень із зони очищення, напр. і можливість кавітаційного пошкодження виробів на певних режимах.

Ультразвукове очищення здійснюється в обладнанні, що складається з одного або декількох ультразвукових технологічних пристроїв, генератора і джерела ультразвуку - електроакустичних перетворювачів.

Залежно від призначення, типу використання та конструктивних особливостей ультразвукові прилади можна розділити на чотири основні групи: універсальні малогабаритні апарати, промислові ванни та однопозиційні апарати, промислові багатопозиційні апарати, промислове автоматизоване обладнання.

Універсальні малогабаритні установки характеризуються тим, що крім генератора використовуються ванни або ванни різної ємності з певною інтен-

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24

сивністю та об'ємною щільністю ультразвукової енергії, що дає можливість використовувати ці пристрої для очищення виробів різної конфігурації. і розміри. різні забруднювачі. Перетворювачі можна занурювати та монтувати. Діапазон потужностей генераторів від 0,015 кВт до 10 кВт, місткість ванн від 0,5 л до 100 л.

Однопозиційні промислові ванни і установки, як правило, мають велику потужність і призначені для здійснення найпростіших технологічних процесів, що складаються з однієї операції. Вони можуть бути механізовані та оснащені пристроями, що підвищують ефективність технологічного процесу. Однопозиційні установки, крім механізації процесу очищення, можуть мати автоматичне завантаження і вивантаження продуктів і працювати в автоматичному і напівавтоматичному режимах.

Багатопозиційне промислове обладнання використовується для очищення виробів різної конфігурації з невеликою програмою і широким асортиментом. Потужність таких установок може бути різною, в основному від 0,1 кВт до 10 кВт. Установки містять кілька технологічних позицій і обслуговуються вручну. Крім ультразвукових ванн, вони мають технологічні позиції для виконання допоміжних операцій, що супроводжують ультразвукове очищення, на-пр. Б. Камери для сушіння продуктів холодним і нагрітим повітрям. Залежно від ступеня механізації установки цієї групи поділяються на механізовані і немеханізовані - на спеціалізовані й універсальні залежно від призначення.

1.3.3 Струменевий та струменево - пульсаційний способи очищення

Чималої популярності набув струменевий метод очищення. Причина широкого застосування струминного очищення полягає у високому механічному впливі струменів на забруднену поверхню, що дозволяє інтенсифікувати процес очищення.

До переваг струминного методу очищення можна віднести відносно низьку вартість миючих засобів, оскільки динамічна дія струменів компенсує

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		25

недоліки використовуваних очисних засобів. Висока продуктивність процесу дробеструйного очищення дозволяє використовувати таке обладнання в масовому виробництві продукції та на ремонтних підприємствах. Важливою перевагою цих машин є простота установки на існуючих лініях і їх адаптованість практично до будь-яких засобів транспортування продукції.

Для підвищення ефективності очищення піддону від жирових забруднень використовується струминно-пульсаційний спосіб очищення. При цьому маємо збільшення величини нормальних і дотичних напружень при розтіканні рідини по поверхні, що очищається. Пульсація струменів досягається різними способами, наприклад використанням енергії гідравлічного удару рідини.

До недоліків струминного і струминно-пульсаційного методів можна віднести необхідність спеціального наведення струменів на вироби складної конфігурації, які мають глибокі кишені і глухі отвори, які через екранування залишаються недоступними для струменів очисної рідини.

Струменеві і струминні пульсаційні системи включають очисну камеру із завантажувальним вікном, продукотримач, колектори з форсунками, розташованими в очисній камері, систему подачі очисної рідини і теплообмінник.

Деякі конструкції мають досить складну систему транспортування продуктів, що очищаються. Установа має конвеєр для переміщення продукції, на якому на поворотних осях одна за одною розміщені платформи, закріплені на осях одноплечі важелі, привід повороту платформи у вигляді транспортного засобу, який перевозить упори і встановлений з можливістю послідовної установки відбувається взаємодія з вільними кінцями важелів.

Найважливішим елементом очисних машин цього типу є робочий орган, який являє собою систему колекторів (трубок), з'єднаних з нагнітальним насосом. До трубопроводів приєднані форсунки, які формують спрямовані струмені мийного розчину.

Вплив променів від робочого органу на поверхню виробів може бути пасивним і активним. Під пасивним розуміється такий вплив, при якому напрямок променів у просторі встановлюється постійним, а поверхня, що очищається, змінює своє положення відносно робочого органу. При пасивному впливі зона контакту струменів з поверхнею, що очищається, рухається по елементарній траєкторії - зазвичай прямолінійно.

Активний ефект — це ефект, при якому напрямок променів у просторі робочої зони безперервно змінюється при фіксованому положенні поверхні, що очищається. Цей принцип реалізований в системі, в якій колектор з патрубками здійснює одночасні обертіві і коливальні рухи в горизонтальній і вертикальній площинах.

Існують способи очищення поверхні, які поєднують пасивну та активну струменеві обробки. Струмені миючої рідини здійснюють коливальний рух по криволінійній траєкторії, а продукт рухається відносно струменя в площині, перпендикулярній напрямку виходу струменя.

Відомі пристрої, в яких газоподібний агент подається разом з подачею очисної рідини, а патрубки кожного колектора для газоподібного агента розташовані зі зміщенням у вертикальній площині від верхнього до нижнього патрубка в напрямку, протилежному напрямку руху продуктів.

1.3.4 Віброструменевий спосіб очищення

Аналіз методів очищення та обладнання, яке реалізує ці методи, показує їх велику різноманітність. Всі методи мають свої переваги і недоліки. Вибір конкретного процесу очищення залежить від виду і характеру забруднень, вимог до чистоти продуктів, умов і типу виробництва, а також з урахуванням економічних факторів.

Для очищення поверхонь і порожнин виробів рекомендується використовувати струминно-пульсаційний спосіб очищення, який чинить сильний вплив потоку на частинки забруднень. Турбулентність потоку забезпечує ви-

соку ефективність очищення поверхні від пилу, масел, мастил, продуктів їх розпаду та стружки, що утворюється після механічних операцій з формування поверхонь і порожнин.

Процес очищення відбувається у ваннах, що означає економію миючої рідини – води. Завдяки цьому методу очищення можна заощадити хімікати та реагенти, що негативно впливає на безпеку обслуговуючого персоналу та захист навколишнього середовища.

Для реалізації цього способу можна використовувати метод зворотно-поступального руху рідини через гостру насадку. У певних режимах у цьому обладнанні відбувається вихід розчиненого в рідині повітря (явище кавітації) і на виході з форсунки утворюється газорідинна суміш, яка, взаємодіючи із забрудненнями, інтенсифікує процес очищення.

На продуктивність процесу очищення впливають нормальна і тангенціальна складові сил тертя рідини на забрудненій поверхні. Бульбашки розміром менше 0,1-0,3 мм поводяться як «тверді» сферичні частинки. звідси можна припустити, що присутні в газорідинній суміші бульбашки збільшують тангенціальні складові сил тертя потоку, що дає можливість підвищити ефективність процесу очищення в газорідинному потоці без збільшення швидкості і тиску рідини, тобто без збільшення споживання енергії.

1.4 Пристрої для очищення виробів від забруднень

1.4.1 Пристрій для миття [1] (див. МРМА 22.00.00.0000ДО)

Пристрій відноситься до рідинної обробки продуктів органічними розчинниками.

Відомий апарат для рідинної обробки продуктів, що містить ванну для розчину і барботерну систему, розміщену на дні ванни, причому барботерна система виконана з пористого металу.

При використанні цього пристрою після зняття тиску рідина потрапляє в систему сечового міхура.

Така установка відрізняється підвищеною надійністю і якістю миття.

Це досягається тим, що барботажна система має форму трубки з отвором із пружного неметалічного матеріалу.

Пристрій складається з мийної ванни 1, встановленої в стаціонарній шафі 2. Мийна ванна обладнана барботажною системою 3. Для зливу мийної рідини використовується кран 4. Для запобігання надмірного випаровування мийної рідини ванну закривають відкидними кришками 5 і 6. Повітря із загальної пневмосистеми через кран 7 подається в систему бульбашок.

Працює пристрій наступним чином.

Ванну 1 заповнюють мийною рідиною. Потім у ванну встановлюють деталі та вузли, які підлягають очищенню. До крана 7 бульбашкової системи 3 повітря подається від пневмомережі. Починається процес очищення. Після закінчення зазначеного часу очищені деталі і вузли знімають і на їх місце встановлюють інші.

Забруднену промивну рідину періодично зливають через кран 4 і замінюють новою.

Прилад простий по конструкції і надійний в експлуатації.

Апарат працює безшумно. Використання цього пристрою є вибухобезпечним.

1.4.2 Пристрій для миття виробів (див. МРМА 22.00.00.0000ДО)

Пристрій призначений для миття виробів на авторемонтних та автотранспортних підприємствах [2].

Пристрій для миття виробів складається з двох барабанів 8 і 9, приводу 10 і бака 11 з мийною рідиною. Кожен з барабанів розділений на кілька секцій 13 радіальними перегородками 12 і має центральну трубу 14 для збору рідини, при цьому перегородки 12 і труба 14 не встановлені на барабані жорстко.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		29

Трубка 14 з'єднана з перегородками і має радіальний отвір 15, що веде до секції 13. Барабан 8 виконаний з отвором 16 в циліндричній стінці. Центри отворів 16, розташованих на кожному з формоутворюючих елементів, мають свої початку, рівновіддалені один від одного, зміщені відносно центрів отворів суміжних формуючих елементів на розмір діаметра отвору. Зовнішні торцеві частини барабана 8 спираються на опори 17 і 18 за допомогою підшипників 19. На верхній торцевій стінці барабана 8 розташований ведучий вал 18 зі шківом 20, при цьому ведучий вал має отвір 21, з'єднаний до трубки 14. Конструкція барабана 9 подібна до барабана 8.

Бак 11 з мийною рідиною з'єднаний з центральним патрубком кожного барабана за допомогою насосного агрегату, до складу якого входять насос 22, всмоктувальний патрубок 23, виконавчий механізм 24, перекриття трубопроводу і зливний патрубок 25. Останній вільно вставляється в отвори встановлених барабанних трубок з ущільненням 26, встановленим між сполученими поверхнями. Крім того, контейнер 11 з'єднаний з кожною центральною трубою барабанів за допомогою відповідної трубки, яка містить всмоктувальну трубку 27, з'єднану з всмоктувальною трубою 23, механізм 28 викиду, кришку трубки та вихідну трубку 29, з'єднану з ін'єкційна трубка 25. Бак 11 з насосним агрегатом може бути виконаний окремо, тобто кожен барабан має свою систему подачі мийної рідини.

Пристрій для миття виробів має диференціальний механізм 30, водило 31 є приводним елементом і з'єднане з приводом 10, який обертається за допомогою шківа 32, виконаного на корпусі 33 диференціала, і клинового паса 34. На водилі 31 встановлені сателіти 35 і 36, які можуть здійснювати планетарні рухи навколо центральних коліс 37 і 38. Центральне колесо 37 з'єднане зі шківом 20 барабана 8 за допомогою шківа 39 і клинового ремня 40, - друге центральне колесо 38 до шківа 41 барабана 9. Пристрій також оснащений електромагнітними дисковими гальмами 42, якими центральні колеса 37 і 38 ди-

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		30

ференціального механізму 30 відносно основи 43 гальмують. Гальмами можна керувати або через механізм кулачкового перемикачання, або через реле часу.

Працює пристрій наступним чином. Перед запуском апарату барабани 8 і 9 заповнюються промивною рідиною, яка за допомогою насоса 22 пропускається через отвір 15 трубки 14 в секрет 13, при цьому виконавчий механізм 24 знаходиться у «відкритому стані». положення, а механізм 28 знаходиться в положенні «закрито». Крім того, кількість рідини, що подається в барабани 8 і 9, перевищує кількість рідини, яка витікає з отвору 16. Після наповнення барабанів рідиною привід 10 включає обертання барабанів, при цьому на них діє доцентрова сила. на рідину за рахунок перегородок 12 зростає зі збільшенням кутової швидкості. Дія доцентрової стискаючої сили на циліндричну стінку барабана викликає збільшення витрати рідини, що виходить через отвір. При досягненні заданої кутової швидкості барабанів з перегородками забезпечується заданий тиск, рідина витікає, створюючи тим самим розрідження в секціях 13, т.е. Н. витрата перевищує подачу рідини через насос 22, останній вмикається, виконавчий механізм 24 переводиться в положення с, а механізм 28 автоматично встановлюється в положення «Відкрито», при цьому рідина з ємності 11 по трубах 27 і 29 за рахунок утвореного в них розчину в бочки 8 і 9 надходить в секції 13.

Мийна рідина, що виходить з барабанів під високим тиском, з великою швидкістю і великим запасом кінематичної енергії швидко рухається по мийній поверхні предмета, омиваючи його, а забруднення, що знаходяться на поверхні, піддаються пульсуючим ударам струмін. Пульсація струменя досягається посиленням центру отворів на сусідніх елементах форми на величину. Крім того, пульсуюча подача мийної рідини на об'єкт, який миється, може бути створена за допомогою ввімкнення електромагнітних дискових гальм 42 по черзі з пристроєм керування кулачком. Після того як момент на центральному колесі 38, сателіти 35 і 36 водила 31 починають обертатися навколо центрального колеса 37, при цьому швидкість обертання колеса 37 зменшується на

якусь величину, а швидкість обертання центрального колеса 38 збільшується на ту ж величину, тобто барабан 9 обертається швидкістю, ніж барабан 8, і як наслідок цього, швидкість вильоту струменя рідини із барабану 9 більша, ніж швидкість вильоту струменя рідини із барабану 8.

Потім автоматично гальмо на центральному колесі 37 вимикається, а на центральному колесі 38 вмикається і як наслідок цього барабан 8 обертається із більшою швидкістю, ніж барабан 9, тобто швидкість вильоту струменя рідини із барабану 8 більша швидкості струменя рідини із барабану 9.

Таким чином, запропонована конструкція пристрою для миття виробів дозволяє розширити технологічні можливості і підвищити якість миття.

1.4.3 Пристрій для промивання виробів (див. МРМА 22.00.00.0000ДО)

Пристрій може використовуватися в точному приладобудуванні і відноситься до мийних пристроїв, які використовуються для миття виробів і вузлів приладів безпосередньо на робочому місці [3].

Відомі пристрої для миття виробів, які мають вібратор і встановлену на ньому великогабаритну ванну, мають великі розміри і недостатньо відповідають вимогам до чистоти виробів.

Пропонований пристрій відрізняється тим, що для підвищення ефективності і зменшення габаритів ванна виконана у вигляді двох ємностей, розділених сіткою з фільтром, з'єднаних між собою пазами, розташованими в стінках, а нижня ємність оснащена насосом, на якому встановлено в ньому, наприклад, електромагнітні

Ванна 44 з органічного скла, наприклад, розділена на дві порожнини сіткою 45 з фільтром 46 і встановлена на електромагнітному вібраторі 47, що включає соленоїд 48 і арматуру 49 з пружиною 50. На сітці встановлюється деталь 51 для миття. Електромагнітний насос 52 розташований у нижній порожнині 52 і з'єднаний через канали 53 з верхньою порожниною ванни, яка заповнена промивною рідиною 54, наприклад бензином. При включенні в ме-

режу промивного пристрою якір вібратора разом з ванною сприймає коливальний рух промивної рідини відносно деталі 51. Одночасно насос забезпечує примусову циркуляцію рідини. Напрямок циркуляції рідини та шлях її руху показано стрілками.

Таким чином, за рахунок коливального руху миючої рідини відносно поверхні деталі, що миється, відокремлюються частинки бруду, які потоком, створюваним насосом, втягуються до фільтра і затримуються там, а відфільтрована рідина повертається назад. до частини.

1.4.4 Гідродинамічна установка для рідинної обробки виробів (див. МРМА 22.00.00.0000ДО)

Завод відноситься до техніки обробки штучних заготовок і виробів в рідких середовищах і може бути використаний для промивання, хімічної обробки і нанесення покриттів хімічними процесами при виготовленні невеликих виробів машин, обладнання та інших виробів в різних галузях промисловості [4].

Найбільш близькою до запропонованої за технічною сутністю є гідродинамічна установка, яка складається з ванни, в якій розташовані шнекове днище та робоче колесо з приводом (активатором) для передачі обертального руху рідині та вібраційним приводом для переміщення шнека. дно у вертикальному напрямку відносно ванни вібрувати. При цьому носій шнека встановлений на циліндрі, встановленому всередині ванни, який з'єднаний з ковшем, встановленим поза ванною, з'єднаним з вібраційним приводом.

За рахунок вертикальних коливань dna шнека і викликані ними інтенсивної турбулентності рідини забезпечується часткове зважування продуктів в потоці, що зменшує прилипання продуктів до dna, підвищує транспортну стійкість і, отже, транспортування. технологічна надійність пристрою при використанні його як пристрою для індивідуальної рідинної обробки продуктів.

Однак цей пристрій є конструктивно складним через використання двох приводів різного типу. Іншим недоліком такої конструкції є значна ємність металу, пов'язана з використанням віброприводу і труднощами передачі коливань від нього на гвинтотримач. Це в свою чергу ускладнює захист несучих елементів і приводів системи від корозії або вимагає використання дорогих корозійностійких матеріалів. Конструктивна складність знижує надійність пристрою в роботі і ускладнює усунення помилок. З цієї причини, а також у зв'язку з великою металоємністю конструкції на базі цієї установки немає сенсу створювати автоматичні лінії для багатоступінчастої обробки продукції, що істотно скорочує сферу її застосування.

Запропонована гідродинамічна установка рідинної обробки продуктів відрізняється тим, що для спрощення конструкції, підвищення надійності роботи і зниження металоємності має вертикально розташовану ванну з гвинтовим дном, встановленим на циліндрі, і лопатевим активатором, оснащений кільцем з радіальним тисненням на кінці, закріпленим в основі циліндра, з роликками, встановленими по діаметру нижнього кінця активатора, з можливістю взаємодії з тисненням кільця, циліндр пружинний -відносно ванни у вертикальному напрямку обтяжений.

Пристрій складається з ванни 55 з опорою гвинта 56, встановленої на циліндрі 57, лопатевого привода 58 і електродвигуна 59, з'єднаного з валом приводу за допомогою муфти 60. Циліндр 57 забезпечений радіальним штампованим кільцем 61. на вершині. Кільце закріплюється в нижній частині циліндра із зазором між його нижнім кінцем і дном ванни. На нижньому кінці активатора 58, наприклад на кінцях його лопатей, радіально закріплені осі 62, на яких по середньому діаметру кільцевих тиснень 61 встановлені ролики 63. Циліндр 57 підпружинений в посередині у вертикальному напрямку відносно ванни 55 за допомогою пружних елементів, напр. листові ресори 64. В результаті кільце 61 постійно контактує з роликками 63 (притиснуто до них знизу). Для усунення перекосу циліндра 57 відносно ванни на активаторі встановлені

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

меншою мірою два ролики, т. Х. на діаметрально протилежних сторонах від збудника. При відносно більшій висоті циліндра (ванни) доцільно встановити між їх осями три ролики під кутом 120°, що забезпечить високу точність вертикального положення циліндра. До дна ванни прикріплені напрямні (установлювальні) пальці 65, які вільно (з невеликим зазором) входять в отвір вушок 66, що прикріплені до циліндра 57 ззовні, і запобігають радіальному зсуву під час роботи бака. пристрій . Ванна має занурену насадку (трубну решетку) 67, розташовану в кільцевому просторі між її бічною стінкою і стовбуром 57 і з'єднану з нижньою рейкою гвинтової основи. Над розвантажувальним кінцем гвинтового лотка встановлений розвантажувач 68, такий як диск з магнітним захватом деталі.

Працює пристрій наступним чином. Під дією активатора 58, що обертається від електродвигуна 59, рідині у ванні надається круговий рух відносно вертикальної осі ванни. При цьому за допомогою роликів 63, що обертаються разом з приводом і взаємодіють з тисненням торця кільця 61, дно шнека 56 приводиться в коливальний рух відносно ванни у вертикальному напрямку. , викликаючи його в шарах рідини, що прилягають до несучої поверхні ґрунту, до інтенсивної турбулентності.

Деталі, що підлягають механічній обробці, подаються окремо (або безперервним потоком) через трубну решетку 67 до нижньої частини циліндра 57 до приймальної зони гвинтової основи. Тут під дією кругових потоків рідини вони змінюють напрямок руху і транспортуються вгору по днищу шнека, одночасно обробляючись у рідині, на виході з днища шнека деталі захоплюються розвантажувачем 68, за допомогою якого вони транспортуються на наступну обробку або передаються в ємність.

При цьому під час транспортування по дну шнека продукти зважуються в потоці за рахунок інтенсивної вертикальної турбулентності шару рідини біля дна, внаслідок чого відбувається їх зчеплення з опорною поверхнею лотка. зменшується, тим самим підвищуючи стабільність руху. При обробці відносно

важких продуктів не відбувається їх зважування в потоці, але за рахунок постійного струшування продуктів під дією вертикальних коливань лотка також підвищується стійкість їх транспортування.

Таким чином, в пропонованому пристрої вертикальні коливання шнекового тримача і обертальний рух активатора передаються приводом за допомогою стандартного електродвигуна. При цьому істотно спроститься конструкція ванни і всієї установки, різко зменшаться розміри елементів, що передають вібрації ванни, що зменшить металомісткість установки. Значне спрощення конструкції обладнання полегшує його виготовлення та захист від корозії при використанні для обробки продуктів агресивними рідинами. Це тягне за собою ускладнення з метою підвищення безпеки експлуатації та розширення області застосування пристрою.

1.4.5 Пристрій для миття виробів (див. МРМА 22.00.00.0000ДО)

Пристрій відноситься до пристроїв для миття виробів, які використовуються в машинобудуванні та інших галузях промисловості [5].

Відомо пристрій, що складається з корпусу з отворами, виконаного у вигляді циліндричного барабана, розділеного радіальними перегородками, що має привід і центральну трубку для всмоктування рідини і резервуар для промивної рідини. Під час обертання контейнера, наповненого рідиною для очищення, рідина викидається з високою швидкістю через отвір у бічній стінці контейнера завдяки доцентровій силі та рухається по поверхні деталі, що очищається.

Недоліком цього пристрою є те, що бруд, зважений в мийній рідині, осідає у відцентровому полі і бічній стінці корпусу, потрапляє в отвори форсунок цієї стінки і забруднює її, або потрапляє через неї на деталь, що очищається. прати, тим самим знижуючи ефективність прання.

Обрана установка відрізняється тим, що для підвищення ефективності прання в ній є засоби запобігання потраплянню забруднень в отвори корпусу.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

Пристрій складається з корпусу 69, який розділений на кілька секцій 71 радіальними перегородками 70. У середині нижньої торцевої стінки корпусу є отвір 72, до якого приєднана всмоктуюча труба 73, яка занурюється в ємність з білизняною рідиною. Кожна з секцій 71 корпусу має з'єднання через отвір 72 зі всмоктувальним трубопроводом 73. Привідний вал 74 встановлений на верхній глухій торцевій стінці. На бічній циліндричній стінці корпусу є отвори для виходу омивної рідини, в які встановлені труби 75, що виступають з внутрішньої поверхні корпусу 69 і мають перерізи, що забезпечують практичну відсутність гідравлічних витрат. На зовнішньому кільці трубок 75 утворено звуження 76 сопла.

Перед введенням пристрою в роботу корпус 69 заповнюється промивною рідиною через впускний патрубок 73. Після заповнення корпусу він починає обертатися. При цьому на рідину діє доцентрова сила. Під дією цієї сили зважені в рідині частинки бруду осідають на бічній стінці корпусу, очищена м'яка рідина з високою швидкістю виводиться по трубах 75 на деталь, що миється. Трубка 75 виступає відносно внутрішньої поверхні корпусу 69 і запобігає потраплянню частинок бруду в отвір сопла.

У пристрої для миття виробів струменем рідини тиск, який створюється при центрифугуванні в порожньому корпусі, дозволяє отримати необхідний тиск рідини при її витіканні з отвору і, відповідно, необхідний для ефективного миття виробів з енергія променя.

1.4.6 Пристрій для промивки виробів (див. МРМА 22.00.00.0000ДО)

Пристрій відноситься до технології очищення продуктів і може використовуватися в радіотехнічній промисловості, приладобудуванні та інших галузях народного господарства [6].

Найбільш значущим за технічною значимістю та досягнутим результатом є пристрій для миття виробів, який має ванну для мийної рідини та можливість вертикального зворотно-поступального руху мембрани.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		37

Недоліком пристрою є те, що при його використанні найбільша інтенсивність промивання спостерігається в мембранах, а зі зменшенням відстані від неї частково виникають коливання ослаблення промивної рідини, що призводить до зниження інтенсивності прання і низька якість прибирання.

Запропонована установка відрізняється тим, що для підвищення якості очищення містить ванну для промивної рідини, в якій є можливість вертикального зворотно-поступального руху мембрани, має камеру для промивної рідини, встановлену під мембраною, і одну жорстку. до мембрани приєднаний вертикальний вхідний патрубок, кінці якого з'єднані з порожнинами ванни і камери, а мембрана має пружний елемент для поділу порожнин ванни і камери. Крім того, нижній кінець впускної труби підключається до системи подачі стисненого повітря.

Мийний пристрій має ванну для промивної рідини 77, решітку 78 для розміщених продуктів, решітку 79, встановлену з можливістю зворотно-поступального руху, камеру 80, жорстко закріплену на ситі вертикальну всмоктувальну трубу 81, кінці якої з'єднані між собою. порожнинами ванни 77 і камери 80, а мембрана має пружний елемент, що розділяє порожнину ванни і камери. У камері встановлена електромагнітна котушка 82 у водонепроникному корпусі. Нижній кінець впускної труби з'єднаний з системою подачі стисненого повітря 83. Камера 80 має отвір 84 для зливу брудної рідини.

Працює пристрій наступним чином. Коли котушка 82 підключена до мережі, мембрана 79 і всмоктувальна трубка 81 перебувають у коливальному русі. Рідина у ванні 77 коливається і утворює мікрострум навколо деталі, що миться. Одночасно, під час руху діафрагми 79, верхня частина проходить прийом рідини і надходить у камеру 80 через трубку 81 за рахунок розведення. Коли мембрана рухається вниз, рідина викидається в басейн 77 на обробленій частині. Під час роботи стиснене повітря подається у впускну трубу у вигляді маленьких бульбашок із системи 83 подачі стисненого повітря (наприклад, через барботер).

Таким чином, на деталь діють імпульсні газорідинні потоки, що дозволяє якісно очищати важкодоступні поверхні.

Ця установка проста і надійна в експлуатації.

1.4.7 Ультразвукове очищення — це спосіб очищення поверхні твердих тіл в мийному розчині, в який вводяться ультразвукові коливання.

Застосування ультразвуку не тільки прискорює процес очищення, але й забезпечує високий ступінь очищення поверхні, зменшує ручну роботу та відмовляється від використання легкозаймистих або токсичних розчинників.

Очищення відбувається в результаті спільної дії різних нелінійних ефектів, що виникають в рідині під дією сильних ультразвукових коливань. Ці ефекти: кавітація, акустичні потоки, звуковий тиск і звукова капілярна дія, серед яких кавітація відіграє вирішальну роль. Кавітаційні бульбашки, що пульсують і стукають біля забруднень, руйнують їх. Цей ефект називається кавітаційною ерозією.

Не можна використовувати ультразвукове очищення, якщо опір кавітації очищеної поверхні нижчий за опір забрудненню. Наприклад, при видаленні липких плівок з алюмінієвих виробів велика ймовірність руйнування самих виробів.

Стійкі до кавітації забруднення придатні для ультразвукового очищення лише в тому випадку, якщо вони лише незначно прилипають до поверхні або взаємодіють з миючим розчином. Такі жирові забруднення добре змиваються в слаболужних розчинах. Лакофарбові покриття, окалина, оксидні плівки, як правило, стійкі до кавітації і добре зчіплюються з поверхнею. Ультразвукове очищення таких забруднень вимагає досить агресивних розчинів.

Нестійкі до кавітації забруднення (пил, пористі органічні речовини, продукти корозії) відносно легко видаляються без застосування спеціальних розчинів.

Висновки по першому розділу

У цьому розділі розглянуто сутність технологічного процесу очищення поверхонь виробів від забруднень та аналіз наявного обладнання для їх здійснення. Також наведено властивості забруднень і технологічних рідин, що використовуються для інтенсифікації процесу очищення. Виправдана перспектива створення пристроїв для очищення виробів від забруднень.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		40

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ ВИРОБІВ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ

Огляд технічної та патентної літератури показав, що багато проблем, пов'язаних з використанням пульсуючих газорідинних потоків для миття продуктів, не розглядалися в літературі. Подальша інтенсифікація процесу миття у ваннах з газорідинними потоками без збільшення енергоємності машини може бути досягнута за рахунок створення газорідинного потоку газу і повітря, а також явищ, пов'язаних з циклічним впливом потік на мийну поверхню, для чого повинен відбутися перехід від безперервного потоку рідини до пульсуючого.

Для видалення бруду, маслянистих, смолистих домішок і продуктів зносу з пар тертя доцільно використовувати метод промивання у ваннах газорідинними потоками при їх русі в нестационарному режимі - з використанням явища гідравлічного удару під час струменя. пульсація.

Метою роботи є дослідження параметрів, що впливають на інтенсифікацію промивання в пульсуючому газорідинному потоці промивної рідини та дослідження способу отримання газорідинного потоку з газу та повітря, розчинених у промивній рідині.

Серед різних методів очищення виробів, вузлів і агрегатів найбільш ефективними є способи очищення в рідкому середовищі або з використанням пропелентної промивної рідини. При цьому в деяких випадках використовуються вібрації продукту і коливання тиску мийної рідини, що значно підвищує ефективність і якість очищення. Широко поширені способи миття виробів в мийних системах з активацією мийного середовища шляхом введення в потік рідини бульбашок газу.

Як приклади можна навести такі методи промивання, як ультразвукова, вібраційна і вібробульбашкова, струменева і пульсаційна, газорідинна промивка.

Розглянемо кожен із способів.

процес ультразвукової мийки. Ефективність ультразвукового очищення визначається фізико-хімічними властивостями середовища і властивостями звукового поля. Вибір параметрів ультразвукового поля сильно залежить від типу забруднення і властивостей миючої рідини. Наприклад, забруднюючі речовини (частинки масла тощо), які легко прилипають до поверхні, руйнуються під дією пульсуючих, без обмежень кавітаційних бульбашок і акустичних потоків на високих частотах вібрації [7].

Акустичні струми відіграють важливу роль у вимиванні розчинних забруднень. Розчинення пов'язане з дифузійним процесом переходу забруднюючих компонентів із твердої фази в рідку, а ефективність відмивання визначається швидкістю переходу забруднення з прикордонного шару в інший об'єм [7].

На основі цього способу миття розроблено велику кількість обладнання, але істотним недоліком цього способу є неможливість його використання при обробці виробів складної конфігурації, а також крихких виробів, які руйнуються під впливом звукове поле, обумовлене виникненням природних резонансних коливань. Крім того, звукове поле втрачає інтенсивність із збільшенням відстані від звукового генератора, і обробка невеликих продуктів ускладнюється, оскільки звукове поле не проникає до середини стопки. Для змішування продуктів необхідно допоміжне обладнання у вигляді вібраторів.

Вібраційні та вібробульбашкові процеси миття. Метод вібраційного промивання полягає у створенні навколо омиваної частини звукових потоків звукової частоти зі значними амплітудами, а також ударної дії звукових коливань. Процес інтенсифікується за рахунок збільшення нормальних і тангенціальних сил тертя звукових коливань. Як частота, так і амплітуда коливань впливають на процес прання. Але узагальнюючим фактором, який показує вплив на процес, є віброшвидкість.

Цікавим є комбінований спосіб промивання, при якому у вібраційну ванну додають бульбашки газу, які при підйомі створюють додаткові струми, а при русі по поверхні деталі збільшуються тангенціальні сили тертя рідини.

Переваги цього методу:

- При коливаннях рідкого середовища навіть дрібні вироби переміщуються відносно один одного, що дозволяє активувати прання;
- простота пристрою;
- надійність.

Але продуктивність цього методу все ж нижче, ніж у ультразвуку.

Вібробульбашковий процес миття поєднує в собі переваги вібраційного та бульбашкового процесів. Бульбашки газу отримують додатковий імпульс звуковими коливаннями миючої рідини. Якість очищення вище, ніж при вібраційному методі.

Струменеві та струминні пульсуючі процеси миття. Струменеве миття є найпоширенішим методом очищення поверхонь через механічні та фізико-хімічні фактори.

Суть дії механічного фактора полягає в тому, що динамічний тиск перевищує міцнісні властивості забруднення. Визначальним параметром струминного впливу є тиск миючого середовища. Струмінь падає на забруднену поверхню і створює на ній певний гідродинамічний тиск [8].

Сила удару струменя об поверхню:

$$P_l \approx 10\rho_l F_l V_l^2 \sin \alpha, \quad (2.1)$$

Де P_l - сила удару на відстані l від насадки;

ρ_l - густина рідини;

F_l - площа поперечного перерізу струменя на відстані l від насадки;

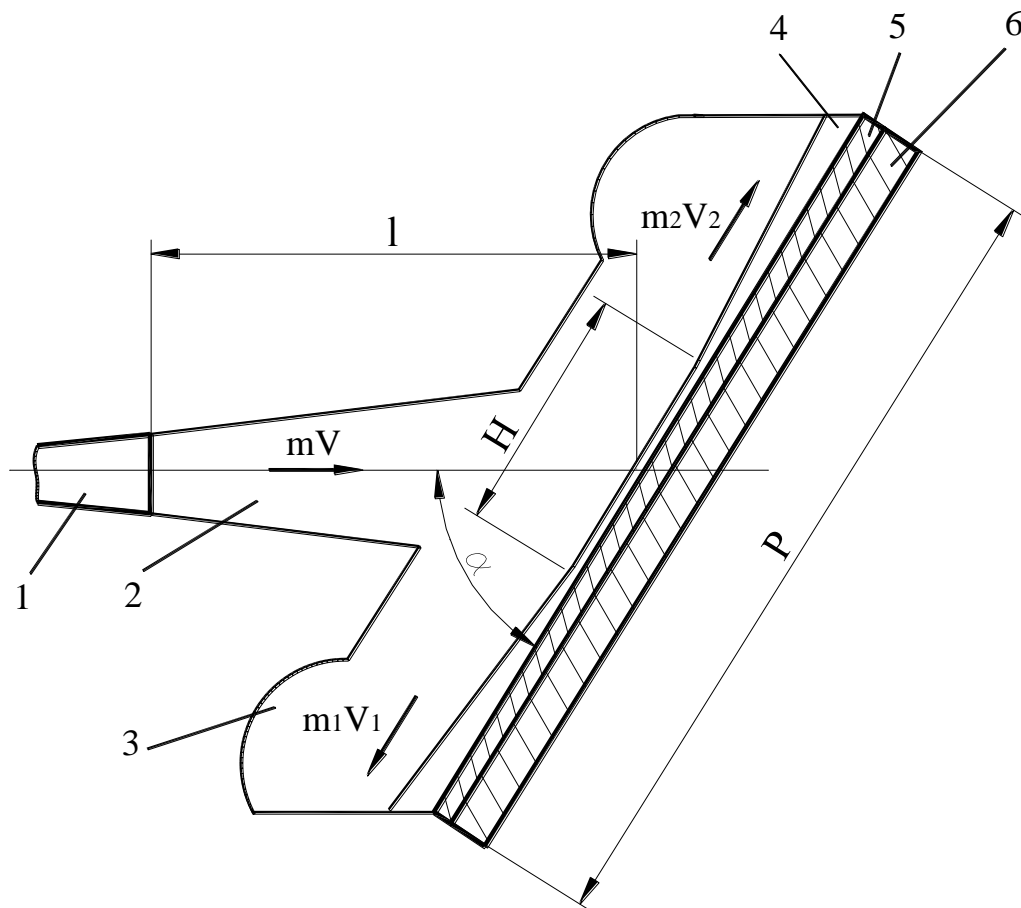
V_l - швидкість струменя на відстані l від насадки;

α - кут нахилу миючої поверхні до осі струменя.

Гідродинамічний тиск струменя, діючого на бруд в зоні Н, безпосередньо на миючій поверхні. В зоні виникають нормальні руйнування тиску σ :

$$\sigma = \frac{P_l}{F_n} . \quad (2.2)$$

Дія струменя, що розмиває, виявляється в Р-зоні бурхливого стану потоку під дією дотичних напружень рідини, відбувається зменшення пристінкового ламінарного шару (рисунок 2.1).



1 – насадка, 2 – струмінь, 3 – гідравлічний стрибок потоку,
4 – ламінарний підшар, 5 – забруднення, 6 – поверхня деталі

Рисунок 2.1 – Схема дії струменя на забруднену поверхню

Важливою властивістю струменя є кут односпрямованого розширення струменя. Для круглої насадки [9]. Значення залежить від форми сопла і поча-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 22.00.00.000 ПЗ

Арк.

44

ткового завихрення струменя. Знаючи його значення, можна провести розрахунки для визначення розміру робочої зони Н.

Для підвищення ефективності миття необхідно збільшити величину нормальних і дотичних напружень при розтіканні рідини по поверхні, а для цього струмінь повинна бути наділена великою силою удару. Це використовується в струминному пульсуючому методі [10]. Пульсації променя досягаються кількома способами; В. короткочасний частковий блок потоку. На якість миття впливає тиск в соплі на поверхню, що мисться, і діаметр сопла.

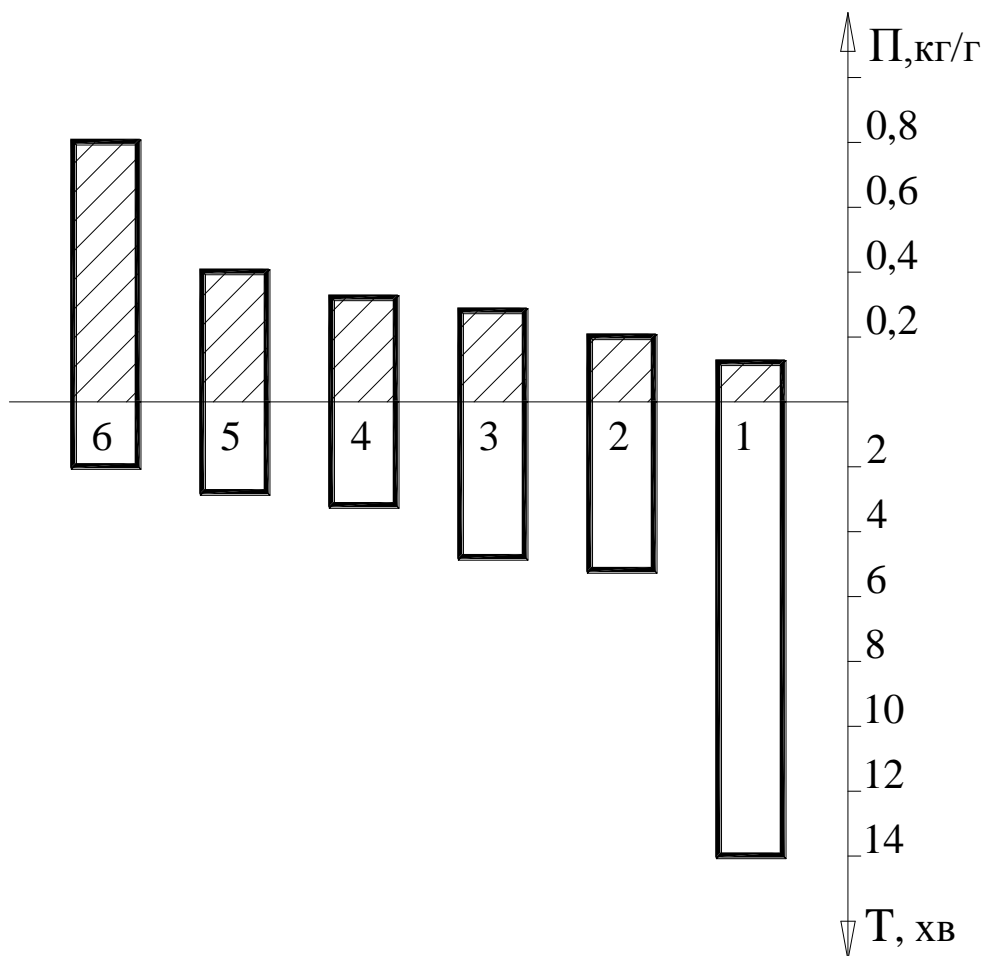
процес газорідинної очистки. Принцип активації скраберного розчину використовується шляхом введення бульбашок газу в потік очисної рідини. Подача газу в потік рідини може бути безперервною і імпульсною. Отриманий при цьому одночасний подвійний потік має коливальний характер. Вибираючи співвідношення між параметрами газу і рідини, можна керувати амплітудно-частотними характеристиками газорідинного потоку. Цей спосіб дозволяє скоротити час прання виробів у 2-3 рази порівняно з пранням плавним потоком рідини [11].

Одним із типів газорідинної очистки є використання газорідинного потоку очисної рідини. Це дозволяє створити турбулентний потік і тим самим інтенсифікувати процес прання.

Барботажний процес характеризується низькою швидкістю руху очисного середовища, тому він ефективний, коли йде процес хімічного розчинення забруднень. На газорідинний потік накладаються вібраційні коливання, які дозволяють підвищити продуктивність процесу. При значних швидкостях течії ефект взаємодії газорідинного потоку із забрудненням проявляється в ударі дрібних бульбашок газу об поверхню. Вони впроваджуються в прикордонний шар рідини і викликають його руйнування. Крім того, невеликі бульбашки газу затримують частинки забруднення та надають їм плавучості, сприяючи їхньому кращому відділенню.

В результаті проведених досліджень встановлено, що газорідинний процес має найвищу ефективність миття. Далі йде процедура УЗД. Однак його використання обмежене високою вартістю приладу, складністю його налаштування і частими поломками. За продуктивністю слідує вібробульбашковий метод миття, який має переваги вібраційного та барботажного методів.

Далі йде струменевий, вібраційний і метод розкислення і занурення у ванну. Це можна відобразити графічно (рисунок 2.2).



Способи промивки: 1 – занурення у ванну; 2 – вібраційний; 3 – струменевий; 4 – віробарботажный; 5 – ультразвуковий; 6 – газорідинної промивки

Рисунок 2.2 – Продуктивність і час промивки при різних способах

Висновки до другого розділу.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільшу продуктивність очищення виробів від забруднень має газорідинний спосіб. Конкуренцію йому може скласти ультразвуковий спосіб, однак його використання стримується високою вартістю обладнання, складністю його налаштування та низькою надійністю.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		47

3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВИРОБІВ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ

Пульсуючий газорідинний потік доцільно використовувати для встановлення якості процесу миття ванн на підприємствах, що випускають комплектуючі, для знежирення перед нанесенням захисних або декоративних покриттів, на підприємствах легкої промисловості, в ремонтно-механічних майстернях або на станціях, де проводиться профілактичний ремонт обладнання для мийки механізмів.

Пристрій для генерації пульсуючих газорідинних струменів легко встановлюється в лініях електропередач для інтенсифікації процесу в безперервних промивних ваннах, наприклад, для промивання кабелів, проводів, тонкого листового заліза. Ванни також прості у виготовленні, надійні в експлуатації, що дає можливість підвищити якість миття та культуру виробництва.

Прикладом конкретної реалізації використання пульсуючого газорідинного струменя може служити пристрій для миття дрібних виробів, зображений на кресленні МРМА 22.00.00.000 СК.

Пристрій складається з циліндричного мийного бака, закріпленого на підставі. У ванну вбудована спеціальна касета, яка утворює струменеутворюючу камеру. Усередині касети знаходяться ємності для установки продуктів, які через отвори з'єднані з верхньою і нижньою камерами. Касета притискається кришкою.

Деталь встановлюють в ємність касети і ванну встановлюють у ванну до упору, заливають миючу рідину і закривають установку кришкою. Вмикається електромагнітний вібратор з частотою коливань 100 Гц. Сердечник притягується до котушки, тягнучи за собою мембрану. Коли мембрана рухається вниз, створюється розрідження, і рідина втягується в камеру формування струменя. Потрапляючи в ємність, рідина надходить у вакуумну зону і розчинений у рідині газ виділяється у вигляді маленьких бульбашок. Коли мембрана гнучкого

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		48

дна рухається вгору, відбувається стиснення в струмоутворюючої камері і рідина під тиском знову потрапляє на деталь через отвір в контейнері у вигляді струменя. При включеному діоді прилад працює на частоті 50 Гц. Потім цикл повторюється і деталі піддаються пульсуючому впливу струменя газ-рідина-рідина, відбувається промивання. Контейнерні частини знаходяться в сітчастих бункерах. Забруднена рідина зникає через зливний кран.

3.1 Розрахунок параметрів приводу робочого органу пристрою для миття виробів

При проектуванні пристрою для створення пульсуючого газорідинного потоку необхідно мати наступні дані: мийну здатність, розміри та конфігурацію виробів.

Розміри виробів і продуктивність визначають розміри ванни. Визначте найбільш забруднені місця на деталях, напр. Б. Посадочні отвори шестерень, втулок, корпусних виробів. Кількість насадок визначається кількістю найбільш забруднених плям.

Основний розрахунок зводиться до визначення геометричних параметрів робочого органу і приводу.

1. Вибір діаметра насадки d Для невеликих виробів із таймерів і виробів тонкої механіки рекомендується вибирати діаметр насадки 0,003...0,006 м, для круглих виробів, які без пошкодження можуть піддаватися значним динамічним навантаженням, насадка. рекомендований діаметр 0,008 -0,012 м.

2. Вибір частоти вібрації приводу f .

Для установок, де миють круглі вироби, бажано використовувати кулачкові або кривошипні вібратори з частотою коливань 50, 25, 15 Гц. Для прання дрібних речей краще використовувати електромагнітні вібратори з частотою 50 Гц.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		49

3. Амплітуду коливань A для механічних приводів рекомендується вибирати в межах $0,001...0,0025$ м, оскільки її збільшення призводить до збільшення навантажень і шуму. Вибирайте малі значення на вищих частотах і більші на низьких. Амплітуда електромагнітного приводу залежить від напруги, що подається на котушку гнучкої мембрани, вибирається максимальна; В. шляхом зміни напруги під час регулювання, за умови, що $U_{роб} = (0,7...0,8)$ номіналу котушки

4. Діаметр камери D

Діаметр камери слід вибирати конструктивно з умови $D=(10...17)c$. Візьміть менші значення для вищих частот і вищі значення для нижчих.

Проводимо перевірку за умовою утворення газорідного потоку $1,1v_{np} \geq v \geq 0,8v_{np}$, де

$$v_{np} = \frac{4\mu f A D^2}{d^2}; \quad (3.1)$$

$$v_{np} = 18 м/с \text{ для } d=(0,005...0,007) \text{ м, } \mu = 0,52;$$

$$v_{np} = 10 м/с \text{ для } d=(0,008...0,0012) \text{ м, } \mu = 0,62.$$

Відхилення від граничної швидкості потоку, що виходять за границі умови, коректується в першу зміною амплітуди, потім зміною розмірів насадки і камери і в останню частоти коливань. Потім конструктивно вибираємо інші параметри

- довжина насадки H

$$10d \geq H \geq 3d$$

- товщина мембрани b_1

$$b=(1,5...2)b_1$$

- висота k

$$k=(0.015\dots 0,02)\text{м}$$

На цьому вибір основних параметрів закінчено.

Потужність привода вибирається в залежності від співвідношення D/d .

При $D/d=100\dots 150$ м $D < 0,15$ м вибираємо $N=(150\dots 250)\text{Вт}$.

При $D/d=150\dots 200$ м $0,2 \geq D \geq 0,15$ м вибираємо $N=(250\dots 500)\text{Вт}$.

Висновки до третього розділу

В цьому розділі нами запропоновано конструкцію пристрою та обґрунтовано вибір основних параметрів його роботи.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		51

4 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВИРОБІВ В ГАЗОРІДИННОМУ СЕРЕДОВИЩІ

4.1 Технологічний процес очищення виробів в газорідинному середовищі

Перехід сполуки з однієї фази в іншу створює опір граничній плівці на поверхні розчиненої сполуки. Одним із ефективних способів впливу на граничні плівки рідини можуть бути різноманітні коливання промивної рідини, створювані коливальним або ультразвуковим органом, і пульсації, що створюють пульсатор. Основою дослідження пульсацій і вібрацій є виникнення дії гідравлічних ударів.

Під час циркуляції мийної рідини на поверхні виробів, що миються, дія на плівки рідини виникає за рахунок сил нормального і тангенціального тертя рідини.

В основі інтенсифікації процесу миття лежить збільшення нормальних і дотичних напружень сил рідинного тертя. Роль підсилювача при очищенні в газорідинному потоці відіграють бульбашки газу, які змінюють гідродинамічну картину течії рідини по забрудненій поверхні.

Рух газової бульбашки вважається рухом разом з потоком рідини і пружної кулі, що обтікає її. Момент попадання на забруднену поверхню поділяється на дві фази: перша – вплив на забруднення або проникнення на певну глибину або прорив шаруватого шару до «твердого» забруднення, друга – його зміщення по забрудненій поверхні.

У момент удару об забруднену поверхню на газову бульбашку діє сила інерції самої бульбашки — сила інерції прилиплої маси рідини. У той момент, коли швидкість гальмування стає рівною швидкості промивного потоку, на бульбашку починає діяти гідродинамічний тиск рідини. Частина сили інерції прилиплої маси рідини і бульбашки, а також дія гідродинамічного тиску ви-

трачається на деформацію самої бульбашки, а частина - на занурення в забруднення або, у випадку відносно "твердого" забруднення, при пранні ламінарної плівки. У зоні контакту тиск передається забрудненню через поверхню бульбашки газу, що ми називаємо контактним тиском. У другій фазі бульбашка газу починає рухатися по поверхні деталі під впливом розтікається рідини.

Якщо забруднення має форму жиру, то «твердими речовинами» можна вважати відносно невеликі (дуже жорсткі) бульбашки, які під впливом тиску рідини можуть проникати на певну глибину в забруднення.

Завдяки контактному тиску і тиску рідини поверхня бульбашки переміщує частину бруду або прориває ламінарну плівку.

Загальна картина заперечень, викликаних бульбашками газу, така. Коли рідина розтікається по поверхні, утворюється дифундуючий ламінарний шар рідини, який ускладнює переміщення бруду з поверхні на дно ванни.

Коли бульбашка газу стикається, поверхня бульбашки проникає через ламінарний шар у контакт з поверхнею миття, а у випадку «м'якого» забруднення відбувається деяке проникнення в забруднення на певну глибину. Потім починається рух по поверхні миття. За бульбашкою, як за рухомим тілом, утворюється вихровий ланцюг. Невеликі вихори проникають у в'язкий підшар і закручують його.

Збурювальні вихори надають певний імпульс розчиненим забрудненням. З додатковою енергією забруднення падає в глибину ванни у вигляді вихору, поступово втрачаючи отриману енергію за рахунок в'язкості рідини.

Однак для того, щоб взаємодія бульбашок газу і забруднень була достатньо ефективною, необхідно, щоб бульбашки газу стикалися з забрудненнями, а не один з одним, як це може статися в безперервному газорідинному потоці. При цьому бажано створити пульсуючий потік рідини, що призводить до значного збільшення контактного тиску і сил тертя рідини, а ці фактори в свою чергу призводять до інтенсифікації процесів миття.

4.2 Взаємодія газових пухирців із поверхню деталі

Розглянемо процес взаємодії газової бульбашки із забрудненням у два етапи: вплив на забруднення та поступовий рух по забрудненій поверхні. При цьому ми припускаємо наступне:

- в сечовому міхурі є тільки газ;
- маса газу залишається постійною і дифузія газу через поверхню бульбашки відсутня;
- При ударі ми розглядаємо бульбашку як пружне тіло, яке передає на поверхню дію діючих на нього тіл.

Розглянемо удар бульбашки газу об поверхню.

Весь процес впливу ділиться на дві фази. Перший — коли на бульбашку діє сила інерції газової бульбашки і приєднаної маси рідини, другий — коли на поверхню бульбашки починає діяти динамічний тиск потоку рідини. У цей момент відбувається удар і бульбашка починає рухатися по поверхні деталі під дією тиску розповсюдженого потоку (третьої і четвертої стадії).

Абсолютна швидкість пухирця U_0 складається із швидкості потоку ϑ_p і швидкості пухирця відносно потоку ϑ_n :

$$U_0 = \vartheta_p + \vartheta_n. \quad (4.1)$$

Під час удару швидкість пухирця U_0 зменшується до нуля, тобто відбувається різке гальмування. При цьому під час зниження швидкості пухирця від U_0 до ϑ_p удар виконується за рахунок сил інерції пухирця разом із приєднаною до нього масою несучого середовища (див. МРМА 22.00.00.000 ДТ).

При подальшому зниженні швидкості пухирця на нього починає діяти сила тиску несучого середовища. В кінці другого етапу удару, коли відбудеться

ся невелика деформація пухирця і пухирець зупиниться, сила тиску несучого середовища досягає максимального значення.

Силу інерції пухирця разом із приєднаною масою несучого середовищ визначаємо, використовуючи рівняння руху пухирця в несучому потоці:

$$g(\rho' - \rho'')V - \varphi \frac{\rho'(U_0 - \vartheta_p)^2}{2} \Omega - \xi \rho' \vartheta_p \frac{d\vartheta_p}{d\tau} = \rho''V \frac{dU_0}{d\tau} + \psi(U_0 - \vartheta_p) \rho'' \frac{dV}{d\tau} \quad (4.2)$$

де ρ' і ρ'' - густина несучого середовища і пухирця;

U_0 і ϑ_p - абсолютні (відносно посудини) швидкості пухирця та несучого середовища;

τ - час;

$V = \pi d^3 / 6$ - об'єм пухирця;

$\Omega = \pi d^2 / 4$ - розрахунковий поперечний переріз пухирця;

φ - коефіцієнт опору відносно руху пухирця в несучому середовищі;

ξ - коефіцієнт збільшення несучого середовища „приєднаної маси” (дорівнює для шару 0,5) [13];

ψ - коефіцієнт реактивності, зумовлений неоднаковою швидкістю випаровування (конденсації) по поверхні пухирця.

Перший член цього рівняння характеризує піднімальну силу, зумовлену різницею густини газу та рідини.

Другий член характеризує силу опору відносно руху пухирця в несучому середовищі.

Третій член характеризує силу інерції приєднаної маси несучого середовища.

Четвертий член характеризує силу інерції самого пухирця.

П'ятий член характеризує реактивну силу (силу Мещерського), яка виникає внаслідок зміни ваги пухирця в результаті процесів випаровування, конденсації чи дифузії.

Вважатимемо, що процеси випаровування, конденсації і дифузії не проходять і силу Мещерського не враховуємо в розрахунках.

З виразу (4.2) слідує, що силу інерції пухирця разом із силою інерції приєднаної маси несучого середовища можна визначити:

$$F_{in} = g(\rho' - \rho'')V - \varphi \frac{\rho'(U_0 - \mathfrak{g}_p)^2}{2} \Omega. \quad (4.3)$$

Так як густина рідини на декілька порядків більша за густину газу, то сила інерції пухирця разом із приєднаною масою несучого середовища є силою інерції приєднаної маси несучого середовища.

При подальшому гальмуванні пухирця від швидкості потоку до нуля на пухирець діє сила тиску несучого середовища:

$$F_{\partial} = \varphi \cdot P_{\partial} \cdot \Omega_m, \quad (4.4)$$

де φ - коефіцієнт опору;

Ω_m - площа миделевого перерізу;

P_d – динамічний тиск рідини.

Площа миделевого перерізу пухирця:

$$\Omega_m = \frac{\pi d_m^2}{4}, \quad (4.5)$$

де d_m – діаметр миделевого перерізу пухирця.

При обтіканні пухирця, що знаходиться в потоці, динамічний тиск рідини дорівнює:

$$P_{\partial} = \frac{\rho' \vartheta_m^2}{2}. \quad (4.6)$$

З урахуванням (4.5) і (4.6) вираз (4.4) набуде вигляду:

$$F_{\partial} = \varphi \cdot \frac{\rho' \vartheta_m^2 \pi d_m^2}{8}. \quad (4.7)$$

Силова дія поверхні пухирця і забруднення, яке покриває деталь, здійснюється через контактну поверхню Ω_k , через яку передається контактний тиск P_k :

$$P_k = \frac{F_{\partial}}{\Omega_k} = \frac{\varphi P_{\partial} \Omega_m}{\Omega_k} = P_{\partial} \cdot n, \quad (4.8)$$

де Ω_k - площа контакту пухирця із поверхнею;

n – коефіцієнт підсилення тиску, який показує, у скільки разів контактний тиск перевищує динамічний тиск потоку на бульбашку, φ - коефіцієнт відношення площ. При постійному коефіцієнті лобового опору (φ) [9] коефіцієнт інтенсифікації тиску n залежить тільки від коефіцієнта співвідношення площ. Теоретично коефіцієнт співвідношення площ знаходиться в межах: $1 < n < 2$. Вона наближається до нескінченності, коли бульбашка майже не деформується і відбувається точковий контакт; і наближається до 1 у разі значної деформації сечового міхура.

З цього випливає, що коефіцієнт відношення площ залежить від деформації бульбашки.

Деформація бульбашки в момент удару залежить від співвідношення тиску газу в бульбашці і тиску на бульбашку з боку потоку несучого середовища.

Для визначення тиску газу в бульбашці в момент удару скористаємося рівнянням статичної рівноваги бульбашки:

$$P_2 = P + \frac{2\sigma}{R}, \quad (4.9)$$

де P – тиск в оточуючому середовищі;

σ - коефіцієнт поверхневого натягу.

В момент удару тиск в оточуючій рідині дорівнює:

$$P = P_{cm} + P_d, \quad (4.10)$$

де P_{cm} – статичний тиск, залежить від глибини, на якій знаходиться пухирець, що вдаряється об поверхню;

P_d – динамічний тиск потоку несучого середовища, який залежить від швидкості потоку.

Для спрощення розрахунків вважатимемо, що і у випадку деформування пухирця при ударі, вираз для тиску, обумовленого силами поверхневого натягу не зміниться і буде дорівнювати $2\sigma/R$, де R – радіус пухирця до удару.

Тоді тиск газу в пухирці у момент удару буде дорівнювати:

$$P_2 = P_{cm} + P_d + \frac{2\sigma}{R}. \quad (4.11)$$

Очевидно, що коефіцієнт співвідношення площ дорівнює відношенню тиску газу в пухирці до тиску на пухирець зі сторони потоку несучого середовища:

$$\lambda = \frac{P_z}{P_\partial} = \frac{P_{cm} + 2\sigma/R + P_\partial}{P_\partial} = \frac{P_{cm} + 2\sigma/R}{P_\partial} + 1, \quad (4.12)$$

тоді

$$n = \varphi \cdot \left(\frac{P_{cm} + 2\sigma/R}{P_\partial} + 1 \right); \quad (4.13)$$

і

$$P_k = \varphi \cdot \left(\frac{P_{cm} + 2\sigma/R}{P_\partial} + 1 \right) \cdot P_\partial. \quad (4.14)$$

Проаналізуємо як залежить контактний тиск від діаметру газового пухирця при різних швидкостях несучого середовища. Підставимо постійні числові значення в (4.14), прийнявши за несуче середовище воду. Густина $\rho' = 1000 \text{ кг/м}^3$, поверхневий натяг $\sigma = 0,0725 \text{ Н/м}$, поверхня яка підлягає миттю, знаходиться близько від поверхні ванни, при цьому $P_{ct} = 10^5 \text{ Па}$, коефіцієнт опору $\varphi = 0,4$.

$$P_k = 0,4 \cdot \left(\frac{10^5 + 2 \cdot 0,0725 / 2}{P_\partial} + 1 \right) \cdot P_\partial,$$

де $P_\partial = \frac{\rho' g_m^2}{2}$.

Після перетворення одержали:

$$P_k = 200 \cdot g_p^2 \cdot \left(\frac{10^5 + 0,29/d}{500g_p^2} + 1 \right). \quad (4.15)$$

Розрахунки проводяться при швидкостях течії від 5 до 25 м/с і при діаметрах бульбашок до м. Для розрахунку використовуємо електронні таблиці. Результати представлені у вигляді графіка (див. МРМА 22.00.00.000 ТК).

З діаграми видно, що контактний тиск зростає зі зменшенням тиску в міхурі та збільшенням швидкості середовища-носія. Якщо діаметр бульбашки перевищує 0,1 мм, контактний тиск не залежить від діаметра бульбашки. При цьому величина контактного тиску залежить тільки від швидкості потоку носія.

4.3 Рух газового пухирця по забрудненій поверхні

Після того як бульбашка газу вдаряється об поверхню і сповільнюється, він починає рухатися по поверхні деталі. Розглянемо початкову фазу руху (третю фазу взаємодії). Під впливом тиску струменя, що поширюється, частина забруднень зміщується або проривається ламінарна плівка. Далі (четверта стадія) бульбашка газу рухається вздовж забруднення, утворюючи завихрення, які пронизують ламінарну зону.

Уявімо рух бульбашки газу по поверхні білизни як плоский рух рідини між двома непаралельними площинами, верхня з яких рухається з постійною швидкістю в напрямку від'ємної осі x (рис. 4.1), а нижня нерухома, тобто центр системи координат лежить у бульбашці, яка рухається.

Вважаємо, що простір ліворуч і праворуч заповнений в'язкою рідиною, яка перебуває під однаковим тиском. Тоді рух рідини в зазорі визначається тільки дією верхньої поверхні.

Ця схема в простій формі показує рух мастильного шару підшипника ковзання [14]. Оскільки рух пропонується як плоский $U_z = 0$, то розподіл швидкостей у шарі мастила описується рівнянням:

$$U_x = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} \cdot y^2 + C_1 y + C_2. \quad (4.16)$$

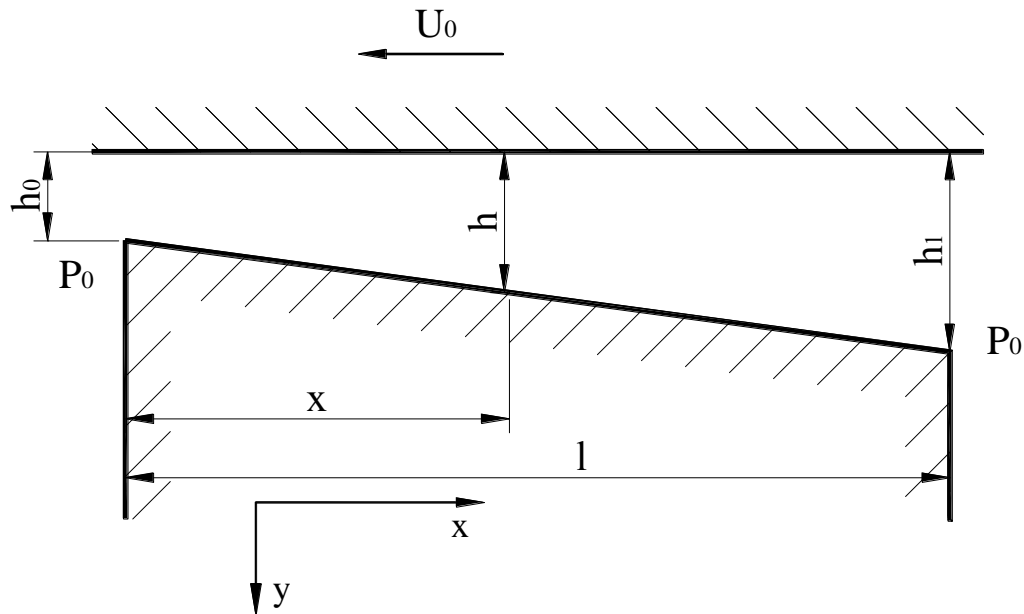


Рисунок 4.1 – Схема відносного руху елемента газового пухирця вздовж горизонтальної поверхні

Для формулювання граничних умов, виразимо із геометричних міркувань залежність $h(x)$.

Застосована до рисунка 4.1, в першому приближенні вона буде мати вигляд:

$$h = h_0 + \frac{h_1 - h_0}{l} \cdot x = h_0 \cdot \left(1 - k \frac{x}{l}\right). \quad (4.17)$$

де $k = \frac{h_1 - h_0}{h_0}$ - геометричний параметр клиноподібності шару.

Граничні умови записуємо наступним чином:

$$U_x = -U_0, \quad U_y = 0 \quad \text{при} \quad y = 0; .$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$$\begin{aligned}
 U_x = 0, \quad U_y = 0 \quad \text{при} \quad y = h; \\
 P = P_0 \quad \text{при} \quad x = 0 \quad \text{і} \quad \text{при} \quad x = l \quad (\text{або при } h = h_0 \quad \text{і} \quad h = h_1)
 \end{aligned}
 \quad \left| \quad (4.18)$$

Визначаємо при цих граничних умовах постійні C_1 і C_2 , отримуємо закон розподілу поздовжньої швидкості:

$$U_x = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} \cdot y \cdot (y - h) - U_0 \left(1 - \frac{y}{h} \right). \quad (4.19)$$

Для отримання формули, що визначає розподіл тиску в шарі $P(x)$, врахуємо, що воно відповідає рівнянню нерозривності.

$$\int_0^h \left(\frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} \right) dy = 0. \quad (4.20)$$

Оскільки $\int_0^h \frac{\partial U_y}{\partial y} dy = U_y \Big|_0^h$, то із урахуванням граничних умов для U_y :

$$\int_0^h \frac{\partial U_x}{\partial x} dy = 0 \quad \text{чи} \quad \frac{\partial}{\partial x} \int_0^h U_x dy = 0. \quad (4.21)$$

Підставивши в дане рівняння вираз для U_x та виконавши інтегрування, отримуємо:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{h^3}{12\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{U_0 h}{2} \right) = 0. \quad (4.22)$$

Ця рівність означає, що вираз в дужках не залежить від x . Так як він не залежить і від y , то його потрібно прирівняти до постійної, яку обираємо спеціальним чином:

$$-\frac{h^3}{12\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{U_0 h}{2} = \frac{U_0 h^*}{2}. \quad (4.23)$$

Запишемо рівняння у вигляді:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = -6\mu U_0 \frac{h - h^*}{h^3}. \quad (4.24)$$

Постійна h^* має, очевидно, той зміст, що товщина шару, при якому $\frac{\partial P}{\partial x} = 0$, тобто тиск досягає екстремального значення. Врахувавши, що

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial h} \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \text{ отримаємо } \frac{\partial P}{\partial x} = k \frac{h_0}{l} \frac{\partial P}{\partial h}. \text{ Тоді } \frac{\partial P}{\partial x} = -\frac{6\mu U_0 l}{k h_0} \left(\frac{1}{h^2} - \frac{h^*}{h^3} \right).$$

Проінтегрувавши, отримаємо

$$P = \frac{6\mu U_0 l}{k h_0} \left(\frac{1}{h} - \frac{h^*}{2h^2} \right) + C_0. \quad (4.25)$$

Використовуючи граничні умови знаходимо h^* і C_0 :

$$h^* = 2h_0 \frac{1+k}{2+k}; \quad (4.26)$$

$$C_0 = P_0 - \frac{6\mu U_0 l}{k h_0^2} \cdot \frac{1}{2+k}. \quad (4.27)$$

Закон розподілу тиску по довжині шару виразимо як:

$$P = P_0 + \frac{6\mu U_0 l}{kh_0^2} \left(\frac{l}{l+kx} - \frac{1}{2+k} - \frac{1+k}{2+k} \cdot \frac{l^2}{(l+kx)^2} \right). \quad (4.28)$$

Графік розподілу за цією залежністю представимо в безрозмірних координатах у вигляді функції:

$$\bar{P} = \frac{(P - P_0)kh_0^2}{6\mu U_0 l} = f\left(\frac{x}{l}\right). \quad (4.29)$$

Відповідно до [14] приймаємо значення $k=1,2$. Ми переконалися, що максимальний тиск досягається в точці x^* , де , що відповідає виразу для h^* вище.

З рівняння розподілу швидкостей видно, що на ділянці , де , можливе таке значення параметра, де Це означає, що рух відбувається в напрямку, протилежному швидкості U_0 , тобто маємо реверсну течію. Утворення протитечії супроводжується відривом основної течії від поверхні і пояснюється ефектом перепаду протитиску.

Графічно це показано на малюнку 4.2.

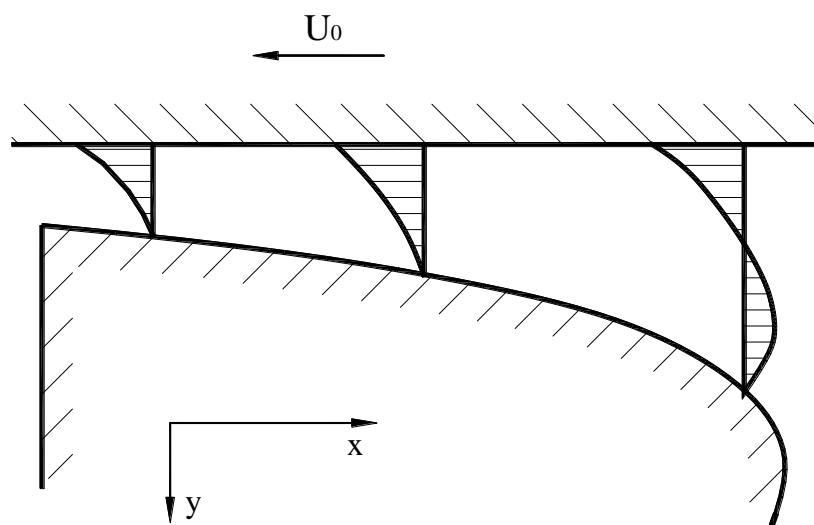


Рисунок 4.2 – Схема утворення зворотної течії при русі елемента газового пухирця вздовж забрудненої поверхні

Розглянемо умову відриву рідини:

$$\frac{U_0}{h_{відр}} + \frac{h_{відр}}{2\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} = 0. \quad (4.30)$$

Враховуючи, що

$$\frac{\partial P}{\partial x} = -6\mu U_0 \frac{h-h^*}{h^3}, \quad (4.31)$$

знаходимо

$$h_{відр} = \frac{3}{2} h^* \text{ чи } x_{відр} = \frac{2k+1}{k(k+2)} \cdot l. \quad (4.32)$$

Звідси видно, що при , потік буде безперервним. Значення відокремлюється крапкою.

Розглянемо геометричні параметри клиноподібної форми шару: . Бачимо, що при куті між поверхнями має бути 450 і відрив рідини відбувається при .

З геометричної структури (рис. 4.3) чітко видно, що при менших бульбашках газу зона відриву знаходиться нижче поверхні промивання, ніж при більших бульбашках з однаковою відстанню між поверхнею бульбашки та забрудненням h_0 . Робимо висновок, що чим менша бульбашка знаходиться на однаковій відстані h_0 , тим глибше вона проникає в ламінарну зону.

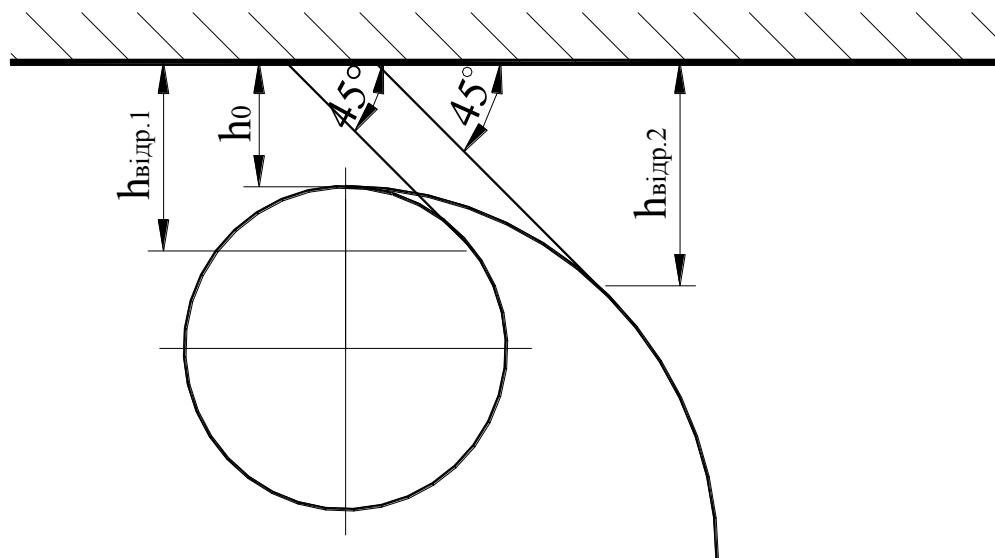


Рисунок 4.3 – Схема визначення висоти відриву течії в пухирців різного діаметра при однаковому h_0

Під час руху по омивній поверхні утворюється турбулентний шлейф пульсацій швидкості і тиску, бульбашки глибше проникають у в'язкий підшар, ніж при русі однофазної рідини.

Використовуючи фізичну модель, раніше було встановлено, що чим ближче відстань до поверхні бульбашок, тим глибше вони проникають. Крім того, збільшується тертя газорідинної суміші, що є одним із факторів інтенсифікації процесу миття. При цьому необхідно визначити вплив параметрів течії на відстані h_0 .

Розглянемо рух бульбашки газу біля поверхні тіла під дією сил (четвертий рівень взаємодії). Розглянемо два варіанти, коли бульбашка рухається по горизонтальній поверхні і по вертикальній поверхні (див. МРМА 22.00.00.000 ДД).

Розглянемо два випадки: коли швидкість бульбашки - такий випадок спостерігається при бурлінні - і коли - такий тиск спостерігається при введенні бульбашок газу в рухомий потік рідини.

Розглянемо кожну із сил, що діють на бульбашку діаметром d , що рухається біля поверхні деталі.

Вага міхура:

$$F_g = \rho_z V_d. \quad (4.33)$$

Так як густина газу незначна, то силою ваги можна знехтувати.

Архімедова сила:

$$F_{арх} = \rho g \frac{\pi d^3}{6}. \quad (4.34)$$

Підйомна сила:

$$F_{нід} = \alpha \cdot F_{лоб}, \quad (4.35)$$

де $\alpha = 0,34$ по [15].

Для сферичної поверхні:

$$F_{лоб} = 3\pi \mu d V \frac{d}{2}, \quad (4.36)$$

де $V \frac{d}{2}$ - швидкість зустрічного потоку рідини в центрі сфери [14].

В нашому випадку це ϑ_n - швидкість пухирця відносно рідини.

Звідси

$$F_{нід} = 3\alpha \pi \mu d \vartheta_n. \quad (4.37)$$

Визначимо напрямок виштовхувальної сили під час руху бульбашки газу по поверхні. Щоб отримати напрямок сили, потрібно повернути вектор швид-

кості на нескінченності на 900 у протилежному напрямку циркуляції. Уявімо, що бульбашка нерухома, а зустрічний потік рідини рухається. Щоб визначити напрямок циркуляції, необхідно визначити розподіл швидкостей у цьому при-тоці, тобто побудувати графік швидкості. Для цього відокремлюємо графік абсолютного руху бульбашки від графіка розподілу швидкостей у дійсності (див. МРМА 22.00.00.000 ДТ), тобто застосовуємо принцип зупинки. Зверніть увагу, що в шарах рідини над бульбашкою швидкість вища, а тиск нижчий відповідно до рівняння Бернуллі. З іншого боку, під бульбашкою швидкість нижча, а тиск вищий. Це призводить до того, що головний вектор сил тиску рідини на бульбашку в цьому випадку спрямований вгору до поверхні.

Сила тертя, що діє на одиницю ширини рухомої поверхні, визначається за формулою [14]:

$$F_{mp} = \mu \frac{U_0 l}{h_0} \left[\frac{4}{k} \ln(1+k) - \frac{6}{2+k} \right], \quad (4.38)$$

де k – геометричний параметр клиноподібності шару.

При $k=1,2$, тиск, що відповідає максимальній силі [14]:

$$F_{mp} = 0,75\mu \frac{U_0 l}{h_0}. \quad (4.39)$$

Сила тертя, що діє на пухирець:

$$F_{mp} = 0,75\mu \frac{(\vartheta_n + \vartheta_p) \pi d^2}{4h_0}. \quad (4.40)$$

Розклинюючи сила дорівнює добутку середнього тиску на площу, де діє цей тиск:

$$F_{розк} = P_{cp} \cdot S = \frac{P_{max} \cdot S}{2} = 0,16\mu U_0 \frac{l^2}{h_0^2}. \quad (4.41)$$

Знайдемо цю силу, розглянувши графік розподілу тиску (рисунок 4.4) при $k=1,2$:

$$F_{розк} = 0,02\mu U_0 \frac{\pi d^4}{h_0^2}. \quad (4.42)$$

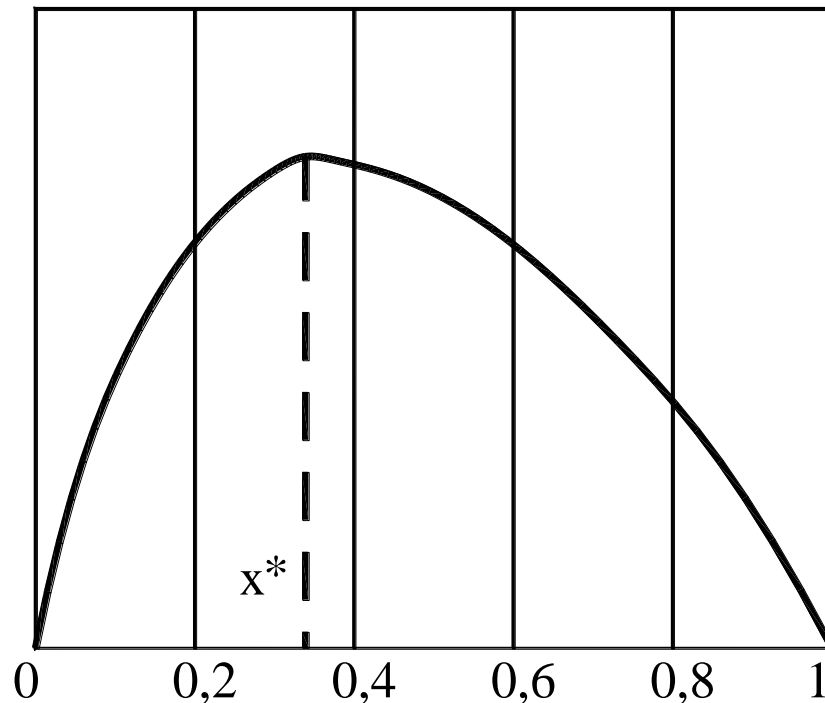


Рисунок 4.4 – Графік розподілу тиску по довжині шару l

Слід зазначити, що бульбашки діаметром 2...3 мм мають форму сплющеного еліпсоїда. Очевидно, що для бульбашки, діаметр якої перевищує 2 мм, площа, на яку діє сила клина, збільшується. Введемо поправочний коефіцієнт k_1 , який враховує збільшення площі. Для бульбашок $d < 2$ мм $k_1=1$. Для бульбашок $d > 2$ мм приймаємо в середньому $k_1=1,4$. У цьому випадку формула для визначення тиску клина виглядає наступним чином:

- для $d < 2$ мм

$$F_{розк} = 0,02\mu(\vartheta_n + \vartheta_p) \frac{\pi d^4}{h_0^2}; \quad (4.43)$$

- для $d > 2$ мм

$$F_{розк} = 0,08\mu(\vartheta_n + \vartheta_p) \frac{\pi d^2}{h_0^2} \cdot \frac{\pi(1,4d)^2}{4}. \quad (4.44)$$

В загальному випадку силу тертя можна записати:

$$F_{тр} = f \cdot N, \quad (4.45)$$

де N – сила нормального тиску.

$$F_{тр} = f \cdot (F_{арх} + F_{нод} - F_{розк}), \quad (4.46)$$

де $f=0,66$ по [15].

Підставивши значення сил у формулу (4.37) одержимо наступний вираз:

$$0,75\mu \frac{(\vartheta_n + \vartheta_p)\pi d^2}{4h_0} = f \cdot \left[\rho g \frac{\pi d^3}{6} + 1,02\pi\mu d\vartheta_n - 0,08\mu(\vartheta_n + \vartheta_p) \frac{d^2}{h_0^2} \cdot \frac{\pi d^2 k_1^2}{4} \right] \quad (4.47)$$

Після перетворення отримаємо:

$$h_0^2(B + C) - Ah_0 - D = 0, \quad (4.48)$$

де $A = 0,75\mu \frac{(\vartheta_n + \vartheta_p)\pi d^2}{4};$

$$B = f\rho g \frac{\pi d^3}{6};$$

$$D = f0,08\mu(\vartheta_n + \vartheta_p) \frac{\pi d^4 k_1^2}{4};$$

$$C = f1,02\pi\mu d\vartheta_n.$$

Скоротимо на величину d і підставимо постійні величини:

$$\mu = 0,00101 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2; \quad \rho = 1000 \text{ кг} / \text{м}^3; \quad g = 9,8 \text{ м} / \text{с}^2; \quad f = 0,66.$$

Після підстановки та перетворень отримаємо наступний вигляд постійних квадратного рівняння:

$$A = 0,0005949(\vartheta_n + \vartheta_p)d; \quad B = 3386,6d^2;$$

$$C = 0,002136\vartheta_n; \quad D = 0,0000417(\vartheta_n + \vartheta_p)d^3 k_1^2.$$

Отримане квадратне рівняння для h_0 розв'язуємо за наступних граничних умов: зміна діаметра газової бульбашки d в межах , зміна швидкості рідини в межах $0,05 \dots 0,6$ м/с з урахуванням відносної швидкості газової бульбашки до рідини залежить від діаметра [13].

Розрахуємо для обох випадків:

- а) горизонтальний потік;
- б) вертикальна течія при $B=0$.

Ми проводимо розрахунки за допомогою електронних таблиць. Результати представлені у вигляді графіків (див. МРМА 22.00.00.000 ТК).

Для горизонтальної течії газорідинної суміші видно, що висота пристінкового шару рідини зменшується зі збільшенням діаметра бульбашки d . Але якщо швидкість середовища зменшується, вплив на висоту h_0 буде іншим. Виникає така картина: при малих розмірах газових бульбашок $0,0002 \dots 0,001$ м вплив швидкості суттєвий. Чим більша швидкість рідини, тим більшу відстань маленька бульбашка проходить від поверхні. При розмірах $0,004 \dots 0,01$ м вплив швидкості значно зменшується. Очевидно, що при митті без примусо-

вого руху рідини бажано використовувати бульбашки діаметром 0,002...0,003 мкм.

Маємо дещо іншу залежність, коли бульбашка рухається по стінці з вертикальною домішкою. При збільшенні діаметра бульбашки до 0,01 м розмір h_0 дещо збільшується, а при збільшенні діаметра більше 0,01 м спостерігається різке збільшення h_0 (див. МРМА 22.00.00.000 ТК).

Найменша відстань від поверхні газового міхура до поверхні миття і, відповідно, найбільша сила тертя отримана при переміщенні міхурів з розмірами 0,0004 ... 0,002 м..

4.4 Механізм переносу забруднення від поверхні деталі в миючий розчин

Забруднення, відірване від деталі, необхідно перемістити в глибину миючої рідини і від швидкості його переміщення буде залежати продуктивність процесу промивки. По теорії [16] носієм речовини в турбулентному потоці на відміну від ламінарного є кінцеві об'єми рідини. Лінії потоку пульсаційного руху перетинають лінії потоку осередненого руху, проникають із одного шару в інший, створюючи при цьому перемішування рідини через площини, розташовані вздовж ліній току осередненого руху. Механізм турбулентного перемішування описується формулою:

$$m = -(D + A_m) \frac{dc}{dx}, \quad (4.49)$$

де m – вага речовини, яка переноситься дифузійним і турбулентним потоками,

D – коефіцієнт дифузії;

$\frac{dc}{dx}$ - градієнт концентрації речовини;

A_m – коефіцієнт турбулентної дифузії.

Коефіцієнт турбулентної дифузії A_m запишемо як:

$$A_m = \rho V l, \quad (4.50)$$

де ρ - густина рідини;

V – швидкість поперечного переміщення об'єму рідини;

l – шлях переміщення завихреності.

В рідині при русі газового пухирця утворюються вихрі. Якщо розглядати розповсюдження вихрового ланцюжка в площині x , то циркуляція по контуру вихру запишеться у вигляді [16]:

$$\Gamma = 2\omega_x \cdot df, \quad (4.51)$$

де Γ – циркуляція по контуру;

ω_x - швидкість рідини точки контуру;

df – площа елементарного нескінчено малого контуру.

Так як вихрі в рідині викликають появу додаткових швидкостей (див. МРМА 22.00.00.000 ДД), то ці швидкості, в свою чергу, передають рідині кількість руху, що визначається рівнянням Жуковського:

$$\mu = \rho \cdot \Gamma \cdot a \cdot h, \quad (4.52)$$

де $\mu = m \cdot \vartheta_x$ - кількість руху елементарного об'єму рідини;

a – відстань між двома сусідніми вихрами кожного ланцюжка;

h – ширина вихрових шарів;

m – маса рідини, яка переносить забруднення через нескінченно малу елементарну площадку df на шляху перемішування l .

Тоді кількість руху μ запишемо в наступному вигляді:

$$\mu = \rho \cdot l \cdot df \cdot \vartheta_x. \quad (4.53)$$

З'єднавши формули (4.52) і (4.53) запишемо рівняння моменту кількості руху у вигляді:

$$\rho \cdot l \cdot df \cdot \vartheta = 2\rho \cdot \omega_x \cdot df \cdot a \cdot h. \quad (4.54)$$

Скоротивши на df отримаємо в лівій частині розмірність коефіцієнта турбулентності дифузії:

$$A_m = 2\rho \cdot \omega_x \cdot a \cdot h. \quad (4.55)$$

Звичайно, чим більший розмір вихорів, які відриваються від газової бульбашки, чим вище швидкість циркуляції вихору, тим більша маса забруднення, що переноситься турбулентним потоком.

Висновки по четвертому розділу

У цьому розділі описано взаємодію бульбашок газу із забрудненнями на поверхні деталі. Аналітично визначено механізм перенесення забруднення з поверхні деталі на миючий розчин. Бульбашки газу є турбулізаторами ламінарного товстого підшару, створюють турбулентні вихори. Вони також відрізають весь або частину ламінарного шару, залишаючи турбулентну траєкторію під час свого руху.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Сьогодні миючі рідини з високою фізико-хімічною активністю використовуються для очищення виробів, агрегатів і систем машин широкого застосування. При цьому, крім здатності миючої рідини розпушувати, руйнувати або розчиняти шар бруду, використовується здатність рідини витягувати тверді частинки бруду шляхом механічної дії.

Оскільки забруднення металевої поверхні зазвичай є сумішшю твердих мікрочастинок, продуктів корозії та окислення з поляризованими залишками масел, жирів, жирів тощо, їх очищення часто вимагає значних зусиль.

На поверхні, що промивається, встановлено характер гідродинамічних процесів, що відбуваються при взаємодії поверхні газової бульбашки з розчинним забрудненням, і показано, що при однаковій проникаючій здатності поверхні газової бульбашки промита поверхня стає найглибшою. Збурення в ламінарному шарі вносять бульбашки газу невеликих розмірів.

Крім того, збільшуються додаткові сили тертя газорідинного потоку при введенні в потік промивної рідини бульбашок газу.

Виявлено механізм інтенсифікації транспортування забруднення на глибину, за рахунок чого утворюються додаткові вихори, які відриваються від газової бульбашки і додають додаткову енергію, яка підводиться до забруднення.

На основі аналізу різних способів відмивання дрібних виробів від жирових забруднень запропоновано спосіб відмивання пульсуючим потоком рідини з газовими кишнями.

Взаємодія бульбашок газу із забрудненнями відбувається через поверхню бульбашки під дією контактного тиску, який залежить від діаметра бульбашки і швидкості потоку носія: контактний тиск зростає зі зменшенням діаметра бульбашки і збільшення швидкості потоку носія. При діаметрах бульбашок більше $0,00001$ м контактний тиск постійний і залежить тільки від

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		75

швидкості середовища-носія. При цьому для збільшення контактного тиску необхідно досягти максимально можливої швидкості потоку носія.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		76

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. А.с. 678087 (СССР) Устройство для промывания виробів./ Р.И. Силин, В.П. Кошель, Н.И. Шандабура, Н.Н. Косинюк, Л.Н. Эльгорт, А.И. Гордеев и В.А. Осипов. – Заявл. 03.05.77 № 2483930/22-02. Оpubл. в Б.И. 1979, № 29, МКИ С2363/00, УДК 621.79.413.

2. А.с. 1285063 (СССР) Устройство для мытья виробів./ А.С. Свиначенко. - Заявл. 16.08.85 № 3944286/22-02. Оpubл. в Б.И. 1987, № 3, МКИ С2365/00, УДК 621.79.025.

3. А.с. 239757 (СССР) Устройство для мытья виробів./ С.А. Кондратюк и Д.Д. Фролов. – Заявл. 25.01.68 № 1212000/18-10. Оpubл. в Б.И. 1969, № 11, МКИ С2365/04, УДК 621.79.027.

4. А.с. 916600 (СССР) Гидродинамическая установка для жидкостной обработки виробів./ В.А. Омельченко, А.Л. Кавелсон, Н.П. Паблюченко и И.Н. Сильковская. – Заявл. 11.07.80 № 2955950/22-02. Оpubл. в Б.И. 1982, № 12, МКИ С2365/04, УДК 621.794.41.

5. А.с. 670634 (СССР) Устройство для мойки виробів./ В.А. Бербер, Л.Г. Кузнецов, И.М. Лапшев и В.И. Мозяков. – Заявл. 09.01.78 № 2567404/22-12. Оpubл. в Б.И. 1979, № 24, МКИ С2365/04, УДК 621.79.025.

6. А.с. 880519 (СССР) Устройство для промывки виробів./ Р.И. Силин, В.П. Кошель, А.И. Гордеев. – Заявл. 17.12.79 № 2869224/28-12. Оpubл. в Б.И. 1981, № 42, МКИ 308В/10, УДК 621.79.024.

7. Келлер О.К., Кратыш Т.Е., Лубяницкий Т.Д. Ультразвуковая очистка. – Л.: машиностроение, Ленинградское отделение. 1977 – 184 с.

8. Козлов Ю.С., Кузнецов О.К., Тельнов А.Ф. Очистка изделий в машиностроении. М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

9. Альтшуль А.О., Кисилев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. – М.: Изд. лит. по строительству, 1965. – 289 с.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		77

10. Григорян И.Л. Исследование основных параметров струйной мойки. – М.: Колос, 1965. – 289 с.
11. Пантелеев Ю.Г., Куринков Н.И. Влияние впрыска газа на интенсификацию промывки. – Труды ин-та. Вып. 1-13, 1973 НИТИ, с.149-155.
12. Силин Р.И., Гордеев А.И., Сивченко Н.А. Установка для мойки ви-робів машин. – Известие вузов легкой промышленности, 1983, № 1, с.129-131.
13. Кутателадзе С.С., Стирськович М.А., Гидродинамика газожидкост-ных систем. – М.: Энергия, 1976. – 246 с.
14. Елицев Б.Т. Техническая гидродинамика.– М.: Машиностроение, 1978. – 463с.
15. Соколов В.И. Современные промышленные центрифуги. – М.: Ма-шиностроение, 1967. – 526 с.
16. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1978. – 736 с.