

Вступ

Актуальність теми. Без металів немислимий сучасний матеріальний рівень земної цивілізації. Прогрес людства у значній мірі визначає виробництво та раціональне використання металів і сплавів. Метали та їх сплави на сьогоднішній день залишаються основними конструкційними матеріалами для машинобудування, транспорту, будівництва, та багатьох інших галузей. У сучасній техніці використовують широкий асортимент металевих конструкційних матеріалів з різними властивостями.

Знання властивостей металів і сплавів та прогнозування їх якісних показників, у різних умовах, дозволяють зробити правильний вибір матеріалу для апарату чи машини, забезпечуючи при цьому їх надійну та безвідмовну роботу. Такі металеві конструкційні матеріали руйнуються при використанні в агресивних середовищах, тому їх застосування вимагає вдосконалення процесу обробки та захисту від корозії.

Обробка дробом – найбільш досконалий із існуючих сьогодні способів очистки металу: за продуктивністю установок, умовами працівників, області застосування і якості очищеної металевої поверхні. Його застосовують для руйнування поверхневого шару від іржі, окалини, пригару, окису, формувальних сумішей, лакофарбових покриттів та ін.

Дробоструменевий процес обробки поверхні окрім очищення поверхні задає їй певної необхідної шорсткості перед нанесенням захисних покриттів, крім того ще й може виконувати функцію поверхневого зміцнення поверхні металів.

При дробоструменевій обробці абразивні частинки (дробинки) розганяються до необхідної швидкості через спрофільовані спеціальні канали, що називаються соплами за допомогою енергії стиснутого повітря. Щоб завдяки повітряно-абразивному факелу, який вилітає із сопла, забезпечити ефективність обробки, вимагається професійна майстерність, сучасне обладнання і прилади для перевірки якості оброблюваної поверхні. Кожний елемент впливає на результат всієї роботи технологічної технічної системи дробоструменевої обробки.

Одним із головних параметрів дробоструменевої обробки є швидкість атаки дробинок оброблюваної поверхні. Досягнення максимальної продуктивності обробки, яка забезпечує найбільшу стійкість та довговічність дробу, що використовується, і необхідні параметри якості оброблюваної поверхні, можливе лише при раціональній швидкості атаки.

Для цього необхідно знати закон зміни швидкості руху дробинок в атмосфері навколишнього повітря у залежності від швидкості вильоту дробинок із дробоструменевого сопла та пройденої відстані до оброблюваної поверхні деталі. Це дає можливість встановити необхідну відстань від дробоструменевого сопла до оброблюваної металевої поверхні, яка забезпечує оптимальну швидкість атаки v . Проте характер зміни швидкості руху дробинок недостатньо досліджений [2, 3].

Мета роботи – встановити залежності пересування сталевого коленого дробу в атмосфері спокійного повітря, який широко використовується в якості абразивних частинок при дробоструменевій обробці поверхні алюмінієвих виробів в машинобудуванні.

Для досягнення поставленої мети, необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розглянути можливості застосування технології дробоструменевої обробки.
2. Встановити особливості впливу витікання повітря з циліндричного сопла на швидкість вильоту дробинок.
3. Провести експериментальні дослідження швидкості руху технічного дробу в атмосфері навколишнього повітря, в залежності від пройденої відстані.
4. Розробити математичну модель руху дробинки в атмосфері спокійного повітря.
5. Розробити математичну модель взаємодії атакуючої дробинки з оброблюваною поверхнею та експериментально визначити швидкість атаки при встановлених параметрах.
6. Розробка практичних рекомендацій щодо реалізації результатів роботи.

Об'єкт дослідження – технологічний процес дробоструменевої обробки металевих зразків із алюмінію.

Предмет дослідження – взаємозв'язки та закономірності руху технічного дробу від дробоструменевого сопла до оброблюваної поверхні.

Наукова новизна:

1. Встановлений характер зміни швидкості руху дробинки в атмосфері навколишнього повітря в залежності від пройденої відстані.
2. Розроблено математичну модель взаємодії атакуючої дробинки з оброблюваною поверхнею при дробоструменевій обробці.

Теоретична та практична значущість:

1. Результати обґрунтування вибору технологічних режимів дробоструменевої обробки для забезпечення якісної підготовки металевої поверхні алюмінієвих виробів під захисне неметалеве покриття.
2. Запропоноване технічне рішення на дробеструменевий модуль, що може бути використаний механічними майстернями при ремонті сільськогосподарської техніки.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Способи підготовки поверхні перед нанесенням захисних покриттів

Для видалення забруднень з поверхні деталей, виробів або заготовок, що фарбуються, і отримання довговічних покриттів з високою адгезією ці поверхні безпосередньо перед нанесенням покриттів можуть піддаватися механічній, термічній, електричній, хімічній або електрохімічній обробці.

В машинобудуванні, особливо в сільськогосподарській та авіаційній промисловості термічний та електричний способи підготовки поверхні практично не застосовують, а найбільшого поширення набули механічний, хімічний та електрохімічний способи підготовки поверхні [1-3].

Хімічні методи. Тонкостінні деталі та профілі часто не можуть піддаватися очищенню від забруднень механічними та термічними способами через небезпеку деформації. Тому основними способами обробки таких поверхонь є хімічні способи, з яких найбільш поширеними є знежирювання та травлення [6-8].

Знежирювання більшості деталей і вузлів здійснюється розчинниками або водними миючими розчинами.

При знежиренні розчинниками відбувається повне або часткове розчинення забруднень, що є на поверхні деталей.

Не всі забруднення (іржа, окалина, флюси, мила та вуглецеві утворення) можуть видалятися розчинниками.

За допомогою розчинників досить легко видаляються залишки мінеральних масел, констистентні мастила і консерваційні суміші, маркування, сліди від рук та інші забруднення. Видалення забруднень за допомогою розчинників - найбільш доступний і простий спосіб їх видалення з поверхні. У ряді випадків, наприклад при фарбуванні великогабаритних заготовок цей спосіб є найбільш прийнятним для видалення забруднень, що є на їх поверхні.

Розчинники досить швидко видаляються з поверхні, що фарбується і з зазорів, можуть використовуватися при температурах нижче нуля і забезпечують видалення забруднень з заґрунтованої поверхні без руйнування шару ґрунту. Тому в промисловості найбільш поширене видалення забруднень із заґрунтованих поверхонь перед остаточним забарвленням шляхом їх протирання серветками, змоченими бензином із антистатичними добавками. Знайшло також застосування знежирення деталей та вузлів у парах перхлоретилену та трихлоретилену.

Знежирення в парах розчинників - безсумнівно більш досконалий спосіб видалення забруднень з поверхні незабарвлених деталей і вузлів, ніж їх протирання. Однак не всі типи ґрунтів витримують вплив парів перхлоретилену і трихлоретилену без руйнування, а, крім того, знежирення в парах розчинників вимагає обов'язкового застосування спеціальних установок, що обмежує номенклатуру деталей і вузлів, що знежирюються в таких установках, і особливо тих, в яких вже є гумові ущільнення, клейові з'єднання та герметики.

При знежиренні водними миючими розчинами здійснюється переміщення забруднень у вигляді твердих або рідких частинок з поверхні, що очищається в миючий розчин.

Процес обробки водними миючими розчинами рідко здійснюється безпосередньо перед фарбуванням, а зазвичай передує гальванічній обробці. Проте процес обробки водними розчинами широко використовують у технологічних процесах обробки поверхонь, що передують фарбуванню.

Видалення забруднень з оброблюваної поверхні за допомогою водних миючих розчинів може бути розділене на наступні стадії [9]:

- 1) змочування водним розчином поверхні забруднень (часток або плівок) та поверхні, що очищається (між або під забрудненнями);
- 2) зміщення частинок або ділянок забруднень при адсорбуванні поверхнево-активної речовини завдяки солюбілізації, диспергуванню, емульгуванню або омиленню та їх відокремлення від поверхні, що

очищається;

3) утримування забруднень в обсязі миючого розчину та видалення їх з ванни в солубілізованому, диспергованому, емульгованому або суспендованому виглядах.

При електролітичному знежиренні деталь, що очищається, завантажена в електропровідний розчин, виконує роль електрода. В результаті при накладенні на електроди постійного струму відбувається електроліз води із виділенням водню на катоді та кисню на аноді. Оброблена деталь може служити і катодом, і анодом.

У тих випадках, коли механічна обробка неможлива (тонкостінні або складно профільні деталі), а знежирення не дає можливості досягти необхідної чистоти поверхні, може застосовуватися травлення. В промисловості досить широке застосування знаходить також розмірне, або контурне, травлення, або, як його частіше називають, хімічне фрезерування, з допомогою якого з рівностінного листа або плити можуть бути отримані листи або плитки змінної товщини. Травлення може бути хімічним або електрохімічним.

Кислотне травлення застосовують для обробки поверхні заготовок та деталей із чорних, кольорових металів та їх сплавів. Видалення окалини кислотним травленням з поверхні корозійно-стійких і жароміцних сталей і сплавів не забезпечує одержання рівномірно протруєної та чистої поверхні металу і супроводжується великими втратами металу та кислот, а також місцевим роз'їданням та точковою корозією металу.

Встановлено, що взаємодія кислот з окислами не є єдиним процесом, завдяки якому відбувається видалення окалини з поверхні, тому що, наприклад, процес взаємодії кислот з окислами тривалентного заліза протікає значно повільніше, ніж процес взаємодії кислот з окислами двовалентного заліза та з самим залізом.

Плівку з оксидів і окалини видаляють з поверхні в основному за допомогою так званого процесу відновного розчинення, що протікає на

ділянках металу в місцях порушення цієї плівки.

Відриву окалини сприяють бульбашки водню, що бурхливо виділяється по всій поверхні, але найбільш активно на ділянках з великою кількістю тріщин.

Лужне травлення застосовують для обробки поверхні виробів з алюмінію та його сплавів. У лужній ванні відбувається реакція між алюмінієм і його окислами і лугом з виділенням водню, який сприяє відриву забруднень від поверхні, що очищається.

Травлення алюмінієвих сплавів проводиться у водному розчині NaOH з концентрацією 40-60 г/л або в розчині 20-30 г/л NaOH і 20-30 г/л Na₂CO₃, в обох випадках при температурі 40-50 °C протягом 2 хв [10].

При травленні алюмінієвих сплавів, що містять у своєму складі мідь, зазвичай відбувається потемніння поверхні. Тому такі сплави після травлення освітлюють у водному розчині 15 г/л азотної кислоти за кімнатної температури протягом 2 - 5 хв.

Комбіноване травлення найефективніше для обробки поверхні деталей з корозійностійких, кислототривких, жаростійких і жароміцних сталей. При цьому способі деталі спочатку занурюють у розплав каустичної соди та селітри, а потім у ванну з кислотним розчином.

Обробка деталей у розплаві при температурі 400-500 °C робить окалину пухкою і легко розчинною в кислотних розчинах.

Травлення в розплаві 80% NaOH і 20% NaNO₃ при зазначеній температурі проводиться протягом 10-15 хв.

Після промивання деталі занурюють у 12-18%-вий розчин сірчаної кислоти з температурою 60-70 °C і травлять протягом 5-10 хв.

Продуктивність при очищенні деталей з таких сплавів у порівнянні з продуктивністю при очищенні абразивом не знижується, а в порівнянні з травленням у кислотних розчинах підвищується.

Гідридне травлення може застосовуватися для обробки виробів зі сталей та сплавів після кування, гарячої прокатки, відпалу та термообробки,

коли травлення іншими методами не дає ефекту.

При гідридному травленні деталі занурюють у розплавлений їдкий натр, в який зі спеціального генератора надходить гідрид натрію.

Гідрид натрію виходить у генераторі в результаті реакції між металевим натрієм і воднем. Він добре розчиняється в розплавленому лузі і при концентрації 1,5-2% вступає в реакції відновлення з окислами та окалиною.

Відновлена окалина слабо зчеплена з поверхнею основного металу деталі і легко видаляється при травленні в порівняно слабкому кислотному розчині. Гідрид натрію взаємодіє тільки з окислами і не входить у реакцію з основним металом.

Однак через складність обладнання, великі витрати енергій та необхідність дотримання спеціальних заходів з техніки безпеки цей процес виправдовує себе лише при безперервному виробництві. Обробка деталей або заготовок у розплаві NaOH, що містить 1,5-2,3% NaN, триває при температурі 370 °C протягом 5-20 хв.

Електрохімічне травлення застосовують у випадках, коли обробка хімічним способом ускладнена. Наприклад, травлення корозійно-стійкої сталі вимагає застосування сильнодіючих розчинів HNO₃ і HCl, тоді як при електрохімічному травленні можуть використовуватися слабкі розчини кислот.

Для обробки звичайних і легуваних сталей анодне травлення застосовують частіше, ніж катодне.

При анодному травленні відбувається електролітичний розчин металу і механічне відривання з поверхні плівки оксидів бульбашками кисню, а при катодному - бульбашками водню.

Один із недоліків анодного травлення - небезпека перетравлювання. При катодному процесі відбувається гідрування поверхні, і це накладає обмеження на номенклатуру оброблюваних деталей, зокрема, не рекомендується застосовувати катодне травлення для високонавантажених

деталей.

Механічні методи

До механічних способів обробки відносяться гідравлічна, електрогідравлічна, абразивна, гідроабразивна, дробоструминна, дробометна, за допомогою ручного та механізованого інструменту, на верстатах та в галтувальних барабанах. З них в машинобудування найбільшого поширення набули гідроабразивна обробка поверхні виробів перед забарвленням, а також обробки металевим піском, технічним дробом та електрокорундом [4].

Обробки металевих поверхонь гідропіскоструминним способом здійснюється з використанням пульпи (суміш піску з водою), що направляється зі струменевого апарату на деталь стисненим повітрям, яке подається із заводських магістралей під тиском 5-7 кгс/см², або насосами — відцентровими, діафрагмовими або спеціальними. При заміні гідропіскоструминної обробки металевим піском і електрокорундом продуктивність процесу збільшується не менше ніж на 15% при зниженні собівартості очисних операцій, а крім того, усуваються багато недоліків, властивих гідроочищенню.

Для перетворення потенційної енергії стисненого повітря на кінетичну енергію потоку абразивних частинок (дробу) використовують апарати двох систем — всмоктувальної та нагнітальної.

В обох системах кількість абразиву, що подається до поверхні, що очищається в одиницю часу, не регулюється і в основному залежить від тиску повітря в магістралі, конструкції і діаметра проточної частини сопла і типу абразиву. У табл. 1.1 представлені дані, що характеризують вплив діаметра сопла на витрату абразиву [5].

Таблиця 1.1 – Витрата абразиву (кг/год) при тиску повітря 4-6 кгс/см²

Абразив - дріб, пісок	Діаметр сопла, мм								
	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Чавунний	100	135	185	230	280	345	400	460	530
Кварцевий	40	55	75	95	115	140	160	185	215

1.2 Обробка поверхні дробом. Класифікація та виробництво дробу

Основні характеристики дробу, що застосовується для обробки, ділять на технологічні та експлуатаційні. До технологічних характеристик відносяться продуктивність і здатність дробу забезпечувати необхідну якість оброблюваної поверхні; до експлуатаційних - довговічність, обумовлена опором дробу на розколювання і абразивного зношування, вплив на зношування деталей очисних апаратів.

Технологічні характеристики дробу визначаються її фізико-механічними властивостями, розмірами і формою. Експлуатаційні характеристики залежать від матеріалу дробу, його мікроструктури, форми, розмірів та надають певний вплив на продуктивність процесу обробки та якість оброблюваної поверхні.

Згідно з ГОСТ 11964-81, дріб поділяють на чавунний литий (ДЧЛ) розміром 0,4-8,0 мм (номери 0,5 - 6), чавунний колотий (ДЧК) - 0,1-2,7 мм (номери 0,1-2,5), сталевий литий (ДСЛ) - 0,7-4,5 мм (номери 0,8-3,5), сталеву колоту (ДСК) - 0,1-2,7 мм (номери 0,1 -2,5), сталеву рубану (ДСР) - 0,8-4,0 мм (номери 0,8 -4) і сталеву литу бурову (ДСЛБ) - 3,5-4,5мм (номери 2,5-3,5). Під розмірами дробу слід розуміти їх дійсний або умовний діаметр.

Існують різні пристрої для грануляції рідкого металу при виробництві литого металевого дробу, засновані на принципах дроблення струменя розплавленого металу ударом об тверду поверхню (при цьому поверхня може бути нерухомою, віброуючою і обертовою); відцентрового розпилення розплаву; розсікання струменя металу; розпилення струменя розплавленого металу повітрям, газом, парою чи водою; використання сил електричного, магнітного або електромагнітних полів.

У промисловості ДЧЛ отримують в основному дробленням струменя рідкого металу, що падає з певної висоти, об поверхню обертового барабана, зануреного в охолоджуючу рідину (воду); ДСЛ - розпиленням рідкого металу струменем води, яка подається під тиском і розбиває струмінь металу на краплі, які завдяки поверхневому натягу приймають круглу форму і

охолоджуються в басейні.

Грануляцію ДЧЛ на Полтавському автоагрегатному заводі здійснюють за наступною схемою. Чавун із вагранки надходить у розливний ківш. Призначення ковша - сформувати струмінь діаметром 8 - 12 мм і створити рівномірну подачу металу на обертовий барабан, занурений в воду на 1/3 його діаметра. Струмінь металу, б'ючись об барабан, змочений водою, ділиться на безліч дрібних часток (дробів), які, пролетівши по певній траєкторії, потрапляють в охолоджуюче середовище басейну - воду.

Основні параметри при грануляції чавуну - температура, його хімічний склад, висота падіння струменя, діаметр і частота обертання барабана, глибина занурення барабана в охолоджуючу рідину і її температура. Оптимальна температура чавуну за ступенем евтектичності 0,9 дорівнює 1260 - 1300°C. Зниження температури веде до підвищення виходу великої фракції, підвищення - дрібної фракції. Найбільш високими механічними властивостями володіє ДЧЛ при масовому вмісті у ньому 2,9% C і 1,2% S [11].

Висота падіння струменя рідкого металу на барабан – 1,5 – 1,8 м.

Зі збільшенням висоти падіння утворюються дрібні фракції, із зменшенням - великі фракції. Найкращі результати виходу дробу отримані при діаметрі барабана 420 мм і частоті його обертання 140 об/хв. В якості охолоджуючої рідини застосовують 0,03% розчин дихромату натрію ($\text{Na}_2 \text{Cr}_2 \text{O}_7$). Такий склад захищає дріб від корозії.

Оптимальна температура води - 35-55°C. При зниженні температури води на дробі з'являються гартівні тріщини, при підвищенні - знижується його твердість і механічні властивості. Основна кількість дробу проходить середнє температурний відпуск і має твердість 51,3 - 62,9HRC.

Малогабаритна установка (рис. 1.1) складається з розпилювача 1, що встановлюється на конусної надставці 2, камери розпилення 3 з шиберним затвором 5, насосу 6 і системи трубопроводів 4. Рідкий метал з плавильного агрегату подають до установки в розливному ковші вантажопідйомністю 20 -

250 кг. З ковша метал зливають у метало-приймач розпилювача і потім через щілину в камеру розпилення, де струмінь рідкого металу розпорошується повітрям на краплі, які під впливом сил поверхневого натягу сфероїдизуються та перетворюються на глобули.

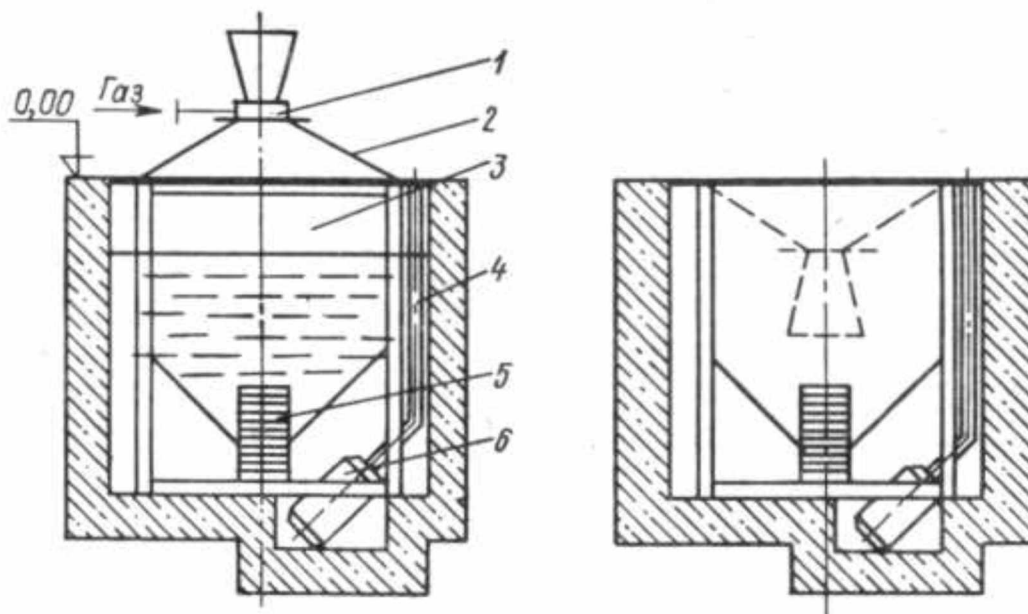


Рис. 1.1 – Схема малогабаритної установки для отримання металевого литого дробу

Остаточно гранули охолоджуються у водяній ванні камери розпилення. Дріб, що утворився, осаджується в лотковій частині камери. Після розпилення знімають конусну надставку з розпилювачем, витягають з напрямка камеру розпилення, яка виконана у вигляді бункера. Вода з камери через шиберні затвори зливається в приямок. Бункер із дробом встановлюють над коробом. Одні з шиберів піднімають та фіксують у піднятому положенні; бункер за допомогою крана нахиляють у бік відкритого шибера, дріб висипають і направляють на сушіння та розсівання. Воду на облив подають з напрямка занурювальним насосом.

Дріб необхідних фракцій можна отримати, змінюючи параметри розпилення: тиск повітря, кут розпилення, витрата і температура рідкої сталі. Технічна характеристика установки наведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики установки

Маса рідкого металу для одноразового розпилення, кг	20-250
Тривалість розпилення, с	15-150
Витрата стисненого повітря, м ³ /хв	10
Тиск повітря, МПа	0,05-0,5
Температура води в приймці при розпиленні, °С	25-45
Робочий об'єм води, м ³	7
Встановлена потужність, кВт	2
Габаритні розміри конусної надставки з розпилювачем, м	2,3x2,3x1,07
Габаритні розміри камери розпилювання, м	2,3x2,0x2,8
Глибина приймка із зумпфом, м	2,8
Маса установки, т	2,25

Розроблені технології та обладнання дозволяють отримувати вихід придатного сталевого дробу до 90% при наступному середньому фракційному складі: більше 0,5 мм - 5-10%; 0,5-1 мм - 10-15%; 1-3 мм - 67-75%; 3-5 мм - 10-15%. Необхідний рівень міцності при статичному навантаженні 51 -56,8 МПа, циклічної стійкості 530 - 560 циклів і твердості 51,3 - 55,1 HRC досягається за допомогою оптимального легування сталі традиційними елементами Si, Cr, Mn.

В основному обробки на заводах виконують дешевою ДЧЛ. Однак він має підвищену крихкість, швидке руйнування по мікротріщинам, що виникає в результаті гартування, втратою форми і вихідних розмірів. В результаті ефективність обробки знижується, а витрата дробу збільшується.

Сталевий дріб завдяки високій ударній в'язкості має в три-п'ять разів більшу експлуатаційну стійкість, ніж чавунний. Відсутність гострих кромки, що утворюються при розколюванні чавунного абразиву, обумовлює підвищення довговічності дробоструминного сопла і інших швидкозношуваних деталей апарату в 1,5-2 рази. За експлуатаційними властивостями ДСЛ поступається лише ДСР.

Незважаючи на високу твердість (55 - 62,9 HRC за ГОСТ 11964 - 81), ДСР довговічніше ДСЛ, так як володіє більш високою ударною в'язкістю і здатністю набувати і довго зберігати в процесі роботи округлену форму. Крім того, ДСР більш однорідна: варіювання її значень по твердості і зерновим складом менше, ніж у ДСЛ, і продуктивність процесу обробки вище.

Поряд з матеріалом та формою дробу істотний вплив на технологічні та економічні показники процесу обробки виливків надає її гранулометричний склад. Зі збільшенням діаметра дробу зростає його зношування, що пояснюється великим вмістом лікватів, раковин та тріщин, пов'язаних з механізмом її одержання. Твердіння дробинки діаметром понад 1,5 мм відбувається в воді, що і призводить до різкого збільшення тріщин і неоднорідності за хімічним складом.

Дослідженнями, проведеними в [12], встановлено, що види стандартного дробу по їх продуктивності розташовуються в порядку спадання в такий спосіб: ДЧК, ДСР, ДЧЛ, ДСЛ (продуктивність робіт при використанні колотого дробу для обробки поверхні з пригаром на 20 - 30 % вище, ніж при використанні литого дробу). Для обробки від пригару рекомендується застосовувати колотий і литий дріб діаметром 0,8 - 2,2мм. У цехах великого та важкого лиття краще застосовувати дріб діаметром 1,5 - 2,2 мм.

При виборі типу та розміру дробу слід мати на увазі, що дріб різних типів та розмірів має різну вартість виготовлення та експлуатаційну стійкість. Крім того, необхідно враховувати, що зменшення розмірів дробу позитивно впливає на якість поверхні.

1.3 Сутність дробоструминної обробки

Залежно від способу створення струменя дробу (стисненим повітрям або робочим колесом турбіни) процеси обробки дробом отримали назву дробоструминного або дробометного обробки [13-15].

Спосіб дробоструминної обробки полягає в тому, що на оброблювану поверхню тиском стисненого повітря 0,5 - 0,7 МПа із сопла з круглим перетином викидається пучок дробу зі швидкістю 20 - 130 м/с. Видалення формувальної суміші, пригару, знімання невеликого шару металу, що пристав, відбуваються за рахунок отриманої дробом кінетичної енергії і впливу окремих дробинок на поверхню, що очищується. Зі збільшенням відстані від сопла до поверхні, що обробляється, площа зони обробки зростає, а щільність покриття поверхні дробом падає. Кут розкриття струменя дробу, що виходить із сопла, становить 28 - 30° [16-17].

Продуктивність дробоструминної обробки залежить від тиску стисненого повітря в мережі, діаметра та форми сопла, відстані від сопла до оброблюваної поверхні, кута зустрічі дробу з поверхнею. Відстань від сопла до оброблюваної поверхні має дорівнювати 200 - 600 мм. При очищенні внутрішніх поверхонь рекомендується відстань 200 - 300 мм. Кут атаки дробу (кут, утворений віссю потоку дробу з плоскою поверхнею) при очищенні поверхні повинен становити 45 - 60 °[16-20].

Дробоструминні установки складаються з наступних вузлів: дробоструминого апарату; робочої камери; транспортного механізму, що подає виріб у робочу зону; системи повернення відпрацьованого дробу для повторного використання; системи обробки та сепарації дробу; соплового механізму.

1.4 Дробоструминні сопла

Довгий час єдиним матеріалом, що забезпечував стійкість сопла протягом 5 - 8 год, був вибілений чавун [21]. Зараз для підвищення стійкості

в корпус сопла, виконаного з середньо вуглецевої сталі, монтують мінералокерамічні вставки зі сплавів ЦМ-332, С2, С8 і металокерамічні вставки зі сплавів ВК 2, ВК 6, ВК 8 (ГОСТ 3882 - 74) з внутрішніми діаметрами 6, 8, 10 і 12 мм (іноді 18 - 20 мм), середня стійкість яких досягає 200 годин. Розміри сопел з металокерамічними вставками в залежності від розміру дробу наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Розміри сопла із металокерамічними вставками в залежності від розміру дробу [22]

Розмір дробу, мм	Діаметр вставки, мм		Конусність внутрішньої порожнини вставки	Внутрішній діаметр рукава, мм
	внутрішній	зовнішній		
До 0,8	6	20	1 : 10	25; 32
0,8 – 1,0	8	22		
1,0 – 1,5	10	24		32; 38
1,5 – 2,5	12	26		

1.5 Використання алюмінієвих сплавів у машинобудуванні

Деформуємі, ливарні і спечені сплави, а також піно алюміній в залежності від механічних, корозійних, фізичних та інших властивостей поділяють на сплави високої, середньої і малої міцності; жароміцні, зварювані, кувальні, заклепувальні та інші.

Найбільш широко в конструкції літальних апаратів застосовують сплави, що деформуються типу дюралюмінію; Д1, Д16, Д19 системи Al-Cu-Mg; В95 і В96 системи Al-Zn-Mg-Cu; Амц системи Al-Mn і АМг – системи Al-Mg.

Дюралюміній Д1 застосовують для виготовлення обшивок і лопатей повітряних гвинтів, а також деталей двигунів, Д16 - для виготовлення силових елементів конструкції літаків та вертольотів (нервюри, стрінгери, шпангоути, обшивка, тяги управління та інші деталі), Д19 - для виготовлення

заклепок працюючих при підвищених температурах, В95 - для виготовлення обшивок, стрінгерів, шпангоутів і лонжеронів, що тривало працюють при 100-120°C.

Відповідно до положення в електрохімічному ряді напруг алюміній є одним з активних електронегативних металів. При наявності на поверхні алюмінієвих сплавів натуральної або штучної плівки корозійна стійкість підвищується. Корозійна стійкість значною мірою залежить від стійкості окисної плівки в заданому корозійному середовищі.

Для захисту від корозії напівфабрикатів з алюмінієвих сплавів застосовують плакування їх поверхні чистим алюмінієм або алюмінієвим сплавом, що володіє високою корозійною стійкістю.

По корозійній стійкості алюмінієві сплави, що деформуються, можуть бути розділені на дві основні групи: з високою і низькою корозійною стійкістю.

До першої групи відносяться сплави з низькою (менше 30 кгс/мм²) і середньою (30-45 кгс/мм²) міцністю, що не містять міді, і сплави плаковані систем Al-Cu-Mg і Al-Zn-Mg-Cu.

Корозійна стійкість ряду низько міцних сплавів залежить від стану матеріалу (відпалений, загартований), а також від технологічних або експлуатаційних нагрівань.

До другої групи належать сплави системи Al-Cu-Mg і Al-Zn-Mg-Cu, тобто основні деформовані високоміцні алюмінієві сплави ($\sigma_b > 45$ кгс/мм²) Д1, Д16, Д19. Багато із сплавів цих систем при нагріванні вище 100 °С мають схильність до міжкристалічної корозії, корозії під напругою.

Поява у сплаву типу Д16 схильності до міжкристалічної корозії в зв'язку з нагріванням пов'язано зі зміною їх фазового складу. Нагрівання при 150 °С протягом 40-60хв підвищує схильність до міжкристалічної корозії у сплавів Д1, Д16 Д18, В65 і не викликає схильності до міжкристалічної корозії у сплаву Д19.

Високоміцні сплави В95, В96, В93 і В94 системи Al-Zn-Mg-Cu на

відміну від сплавів типу дюралюмінію в загартованому і природно зістареному стані володіють дуже низькою корозійною стійкістю (корозія, що розшаровує) і дуже низьким опором корозії під напруженням. Для підвищення корозійної стійкості листи зі сплаву В95 плакують сплавом алюмінію з 1% цинку. В цьому випадку їх корозійну стійкість можна порівняти з корозійною стійкістю плакованих листів зі сплаву Д16. Пресовані напівфабрикати зі сплаву В95 застосовують в штучно зістареному стані і мають таку ж корозійну стійкість, що і пресовані напівфабрикати зі сплаву Д16, в напруженому і ненапруженому станах.

Глибина проникнення корозії на алюмінії та його сплавах залежить від складу атмосфери.

Швидкість корозії, розрахована за втратою маси, значно менше, ніж максимальна глибина корозійних поразок, причому глибина корозійних поразок швидко наростає у перші 2 роки, а вже через 3, 6, 10 і 20 років практично однакова [4].

Також істотний вплив роблять корозійні ураження і на межу витривалості алюмінієвих сплавів.

Із ливарних алюмінієвих сплавів АЛ9 системи Al-Si, АЛ8 системи Al-Mg, АЛ 12 і АЛ 19 системи Al-Cu і АЛ5 і АЛ6 системи Al-Si-Cu виготовляють корпуси компресорів і передніх підшипників, обертові деталі двигунів, корпуси масляних і паливних агрегатів та приладів, панелі приладів і інші деталі.

Найбільш високу корозійну стійкість мають сплави АЛ8 системи Al-Mg.

Ливарні сплави АЛ5, АЛ6, АЛ 12 і АЛ 19, що містять мідь, мають досить низьку корозійну стійкість.

Корозійна стійкість ливарних алюмінієвих сплавів залежить не тільки від їх складу, але і від пористості.

Пористі виливки мають значно нижчу корозійну стійкість. Всі ливарні

алюмінієві сплави для захисту від корозії анодують або оксидують, а потім фарбують.

1.6 Природа забруднень на поверхні алюмінієвих металів

Найбільш чисті поверхні виходять тільки в момент руйнування твердого тіла, наприклад, розколювання кристала. Однак при зіткненні з атмосферою навіть така чиста поверхня через деякий час забруднюється, внаслідок чого може суттєво змінюватися її поверхневий натяг.

Тим більше не може бути чистою поверхня будь-якого матеріалу після всіх видів обробки, що передували його перетворенню на деталь або елемент конструкції, які складаються з декількох деталей. Багато типів забруднень, такі, як оливи, змазки, бруд, сліди від рук, можуть бути випадковими, хоч і загальними для поверхонь різних матеріалів. Але стан поверхні матеріалів переважно залежить від їх складу та технології обробки.

В авіаційній промисловості застосовують різні способи обробки алюмінієвих сплавів, що передують нанесенню лакофарбових покриттів.

Сплави АМЦ, Д1, Д16, В95, АМг1, АМг2, АМг5, АМг6 у вигляді листів можуть зазнавати глибокої витяжки. Для цього на їх поверхню наносять різні мастила, які можуть містити масло Вапор, парафін, технічне сало, технічний вазелін, барія стеарат і графіт.

Деформовані алюмінієві сплави різної міцності піддають куванню та штампуванню на пресах і молотах. Так як алюмінієві сплави мають здатність приварюватися до поверхні штампів, штампування проводиться із застосуванням мастила.

Деталі з ливарних алюмінієвих сплавів для отримання певних властивостей можуть зазнавати термічної обробки, причому залежно від вимог до деталей швидкість їх охолодження повинна змінюватись. Для охолодження іноді використовують олію, розплавлені солі, гліцерин.

Прокат, вилівки або штамповані вироби з алюмінієвих сплавів, що надходять на авіаційні заводи у вигляді готових виробів, для захисту від

корозії в складських умовах покривають консерваційними мастилами. Але навіть у цьому випадку на поверхні прокату можуть утворитися продукти корозії, так звана «біла іржа», яку перед фарбування необхідно видалити.

Крім мастил на поверхні алюмінієвих сплавів, як правило, є маркувальна фарба, яку наносять на період зберігання та переробки у виріб.

1.7 Висновки до розділу

Викладені результати інформаційного пошуку та вивчення стану питання дозволяють зробити наступні висновки:

- дробоструменева обробка поверхні отримує все більш широке застосування в різних галузях промисловості;

- алюміній та його сплави широко використовуються в машинобудуванні, вагонобудуванні, літакобудуванні, автомобільній та інших галузях.

- вирішальну роль в процесі очищення дробом має швидкість атаки v дробинками оброблюваної поверхні;

- необхідно визначити характер зміни (закон) швидкість руху сталеного коленого дробу v в атмосфері спокійного повітря в залежності від пройденої відстані x при відомій швидкості вильоту дробинки v_0 із дробоструменевого сопла, тобто функціональну залежність $v=f(v_0, x)$.

2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Деякі фізико-механічні властивості алюмінію та його сплавів

Алюміній володіє малою щільністю (2700кг/м^3), низькою температурою плавлення (660°C), високою пластичністю, тепло- і електропровідністю, легко піддається прокатці, куванню, волочінню. Алюміній в залежності від вмісту домішок випускається трьох видів: особливої чистоти ($99,999\% \text{ Al}$), високої чистоти (від $99,995\text{-}99,95\% \text{ Al}$) і технічної чистоти (від $99,85\text{-}99,0\% \text{ Al}$). Основними домішками в алюмінії є кремній, залізо і мідь. Залізо в алюмінії не розчиняється і формує Al_3Fe ; максимальна розчинність кремнію при евтектичній температурі дорівнює $1,65\%$. Присутність одночасно в алюмінії заліза і кремнію призводить до утворення хімічних з'єднань заліза, кремнію та алюмінію. Мідь розчиняється в алюмінії і утворює хімічні сполуки, наприклад CuAl_2 [24].

Чистий алюміній, що має малу міцність ($50\text{-}80 \text{ МПа}$) та твердість (НВ $20\text{-}30$), застосовується мало [25]. В основному він йде для отримання алюмінієвих сплавів, які діляться на деформуємі (для виготовлення напівфабрикатів і виробів обробляємих тиском: прокаткою, куванням), ливарні (для виготовлення фасонних виливків) і спечені алюмінієві порошки (САП) і сплави (САС) (для отримання виробів методами порошкової металургії).

До деформуємих сплавів алюмінію відносяться сплави систем: Al-Mn , Al-Mg , Al-Cu-Mg-Mn , Al-Cu-Si , Al-Cu-Mg-Ti .

Сплави системи Al-Mn , Al-Mg мають низькі пластичні та міцнісні властивості. Вони не зміцнюються під час термічної обробки. З таких сплавів виробляють штампуванням. Найбільш часто застосовуються алюмінієві сплави системи Al-Cu-Mg-Mn під назвою дуралюміні (Д).

Дуралюміні мають досить високі механічні властивості, особливо після гартування (500°C) і охолодження у воді з наступним старінням [25].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад (%) і механічні властивості дюралюмінів (після загартування та старіння) [26]

Марка сплаву	Основні компоненти (Al – основа)			Механічні властивості	
	Cu	Mg	Mn	Межа міцності при розтягу, МПа	Відносне подовження, %
Д1	3,8 - 4,8	0,4 - 0,8	0,4 - 0,8	410	15
Д16	3,8 - 4,9	1,2 – 1,8	0,3 – 0,9	520	11
Д20	6,0 – 7,0	до 0,2	0,4 – 0,8	400	12

Вироби з дюралюмінів піддають відпалу, гартуванню і старінню. Відпал проводять при 300 °С, в результаті чого структура сплаву складається з твердого α -розчину, зміцнюючих включень (CuAl_2 , Mg_2Si) та нерозчинних в алюмінії фаз (наприклад, α -фази, що складається з Al, Fe, Si, Mn).

Гартування виробів з дюралюмініа проводять у воді від 495-505°С. Структура виробів після гартування складається з перенасиченого α -розчину та включень, нерозчинних у твердому розчині при нагріванні фаз. Після гарту вироби піддаються природному старінню, яке закінчується протягом 5 діб, або штучному старінню (при нагріванні).

Старіння - процес розпаду пересиченого твердого розчину, що утворюється в процесі гартування [27]. Якщо старіння загартованих сплавів відбувається в природніх умовах і викликає певні зміни структури і властивостей, наприклад підвищення міцності, то такий вид старіння називають природнім. Нагрів загартованих сплавів до 100-200°С і витримка їх у печі протягом деякого часу називається штучним старінням.

При старінні відбувається тонке подрібнення структури сплавів, що пов'язано з їх зміцненням.

Дюралюміній широко використовуються в машинобудуванні, вагонобудуванні, літакобудувальній, автомобільній та інших галузях. Вони досить жаротривкі, наприклад, вироби з дюралюмінію Д16 можуть

працювати тривалий час при 150 °С; з Д20-при 300°С.

Вищі механічні властивості порівняно з дуралюміном має алюмінієвий сплав з цинком В95 (1,4-2% Cu; 1,8-2,8% Mg; 0,2-0,6% Mn; 5-7% Zn; 0,1-0,25% Cr). Після гартування від 465-475 °С у воді і штучного старіння при 120-140 °С сплав В95 має наступні механічні властивості: $\sigma_T=600$ МПа, $\delta = 8\%$.

До деформуємих сплавів відносяться і так звані ковкі сплави марок АК4, АК4-1, АК6, АК-8 та ін., до складу яких крім зазначених у таблиці компонентів входять Fe, Si, Ni та ін. Ці сплави мають високі пластичні властивості при нагріванні. Із них виготовляють зливки, поковки, штамповки великих розмірів та складної форми. Зі сплавів цієї групи отримують лопатки компресорів, крильчатки, диски та кільця турбореактивних і турбогвинтових двигунів та інші деталі (сплави АК4-1, АК4). Ці сплави можуть працювати за 200 - 250°С.

До ливарних алюмінієвих сплавів типу АЛ2, АЛ4, АЛ8 та ін. відносяться сплави системи Al – Mg, Al – Si, Al – Cu [27].

Ливарні сплави з підвищеним вмістом кремнію (від 4 до 13%) називають силуміни. Внаслідок високих ливарних властивостей їх використовують для отримання виливків складної форми, що не вимагають високих характеристик міцності. Вироби з високими механічними властивостями виготовляють із силумінів зі зниженим вмістом кремнію (4-10%) з добавкою міді, магнію, марганцю.

На основі подрібненого алюмінію - алюмінієвої пудри, що містить оксид алюмінію, отримують теплостійкий матеріал САП (спечений алюмінієвий порошок). Це легкий (2700 кг/м³), міцний і корозійно-стійкий матеріал, добре обробляється тиском, різанням [28]. САП зберігає достатню міцність вище 350°С, тоді як всі інші алюмінієві сплави втрачають міцність. При 500°С міцність САП дорівнює міцності алюмінію за 20°С. Вироби із САП витримують короткочасний нагрів до 1000 °С.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості САП

Марка САП	Вміст Al_2O_3 , %	Температура випробування властивостей, °C	σ_T , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
САП-1	6 - 9	20	30	22	7,0
		500	7	5,5	2,5
САП-2	9 – 13	20	35	28	5,0
		500	10	7	2,0
САП-3	14 – 18	20	41	32	3,0
		500	12	9	1,5
САП-4	18 - 22	20	45	37	1,5
		500	13	10	1,0

В автомобілебудуванні САП застосовують замість теплостійких або нержавіючих сталей, їх використовують (у вигляді листів, профілів,поковок, штамповок) в тих випадках, де потрібна висока жаростійкість і корозійна постійність (поршневі штоки, лопатки компресорів, лопаті вентиляторів і турбін).

2.2 Особливості способів підготовки поверхні алюмінієвих матеріалів

Розглянуті способи підготовки поверхні є загальними для ряду матеріалів, а для кожного конкретного відрізняються лише складом обробного середовища і технологічними режимами. Однак перед фарбуванням в машинобудівній промисловості ці засоби застосовують рідко. В основному на поверхні безпосередньо перед фарбуванням наносять покриття хімічними або електрохімічними способами, причому ці покриття безпосередньо перед фарбуванням часто знежирюють розчинниками. Це пояснюється специфікою авіаційного виробництва: окремі вузли та деталі довго перебувають у виробництві перед фарбуванням; підвищеної вимоги до

корозійної стійкості авіаційної техніки; часто лакофарбові покриття мають більш високу адгезію із попередньо нанесеними неорганічними покриттями. Такими покриттями є оксидні (окисні), фосфатні, хроматні та металеві плівки, однак іноді до хроматних відносять плівки, що складаються з окису алюмінію з включенням хромату алюмінію.

Підготовка поверхні перед фарбуванням полягає у видаленні консерваційних та технологічних мастил, знежиренні лужними розчинами або розчинниками та подальшому травленні.

Для зварних конструкцій із щілинами травлення може бути єдиною підготовкою поверхні перед зварюванням та фарбуванням. Поверхні(обшивок, стрингерів, трубопроводів) захищають від корозії оксидними плівками, які отримують штучним шляхом з використанням процесу електрохімічного або хімічного оксидування.

Основна умова отримання окисних плівок на алюмінії, які мають захисні властивості, - зростання окисної плівки в процесі електрохімічного оксидування в напрямку до металу та розчинність її в напрямку до електроліту, причому швидкість зростання має суттєво перевищувати швидкість розчинення в електроліті. Цій умові найбільше задовольняють сірчана, хромово і щавлева кислоти.

Лужні та солянокислі розчини непридатні через розчинення в них оксидів алюмінію, а в азотнокислих розчинах не відбувається зростання окисної плівки.

При анодному оксидуванні у сірчаній кислоті утворюється пориста плівка, що складається з $Al(OH)_3$ та $AlOH$.

Основні чинники, що впливають на анодне оксидування алюмінієвих сплавів на аноді (анодування), такі: концентрація, щільність струму і напруга, температура.

Рекомендована товщина анодної плівки для обшивальних листів 5-8 мкм у тому випадку, коли потім застосовують систему покриттів з ґрунтом, і 8-12 мкм, коли листи тільки лакують.

Хімічне оксидування застосовують в авіаційній промисловості, як правило, у тих випадках, коли анодне оксидування не може бути застосоване або недоцільне.

Технологія хімічного оксидування простіша, ніж технологія анодного оксидування, але захисні властивості окисних плівок, одержуваних хімічним оксидуванням, значно нижчі. Однак у ряді випадків хімічне оксидування - єдиний спосіб отримання захисної плівки на поверхні, що обробляється. До таких випадків відноситься захист поверхонь трубопроводів, що мають невеликі діаметри і невеликі радіуси (близько 8 діаметрів трубопроводу), при цьому анодування або надзвичайно складно здійснити (малий діаметр трубопроводу не дає можливості якісно анодувати внутрішню поверхню), або воно недоцільне через подальше руйнування анодної плівки при згинанні (радіус згинання менше 15 радіусів труби).

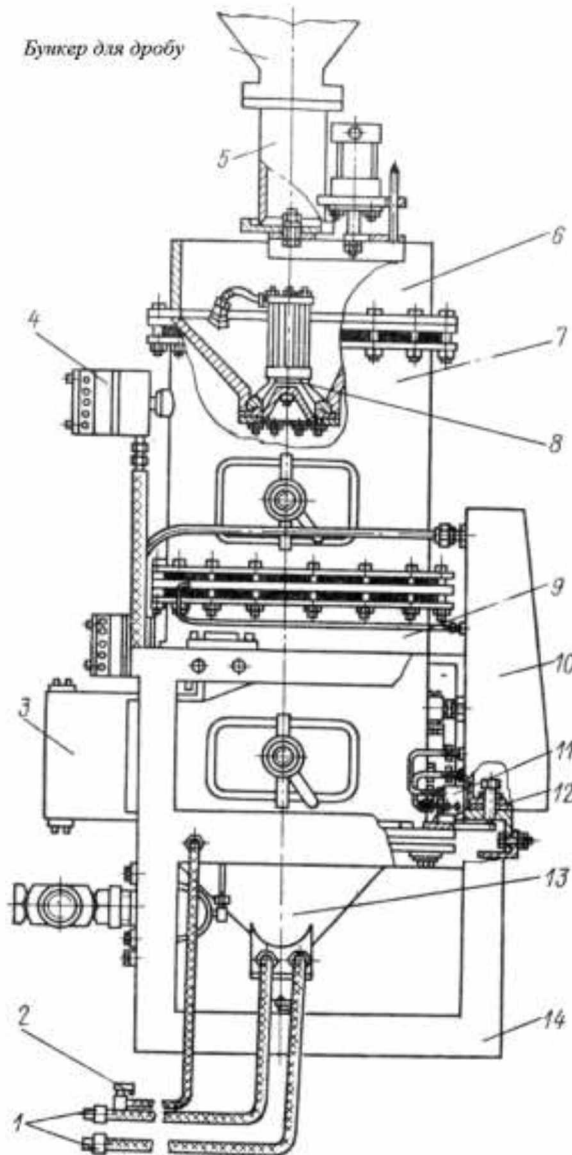
Проте корозійна стійкість сплаву Д16 навіть з анодним покриттям в атмосферних умовах недостатня. Тому всі алюмінієві сплави, що застосовуються в авіабудуванні, після анодування або хімічного оксидування додатково захищають від корозії лакофарбовими покриттями. При одночасному захисті алюмінієвих сплавів окисними та лакофарбовими покриттями суттєво збільшується стійкість алюмінієвих сплавів до корозії, що в значній мірі пояснюється більш високою адгезією лакофарбових покриттів з окисними плівками.

2.3 Описання лабораторної установки

Дана робота присвячена вивченню швидкісних показників дробоструменевої обробки. Слід відмітити, що обробка дробом є фінішною, а тому найбільш відповідальною операцією досить складного технологічного процесу підготовки поверхні алюмінієвих виробів під захисні неметалеві покриття.

Основним вузлом установки є дробоструминний апарат, що формує струмінь дробу. Найбільш поширені двокамерні дробоструминні апарати

неперервної дії (рис. 2.1). Дробоструминний апарат встановлюють на рамі, прикріпленій до фундаменту. Жорстко з'єднані між собою верхня і нижня камери апарату та противага утворюють за допомогою призматичних опор важільно-вагову систему.



- 1 - соплова головка;
- 2 - кран управління;
- 3 - противага;
- 4 - клапан вдуву-вихлопу;
- 5 - завантажувальний пристрій;
- 6 - ковпак;
- 7 - верхня камера;
- 8 - клапан перепускний;
- 9 - нижня камера;
- 10 - шафа управління;
- 11 - триходовий клапан;
- 12 - регулювальний гвинт;
- 13 - змішувач;
- 14 - рама.

Рис. 2.1 – Схема двохкамерного дробоструминного апарату

Система збалансована таким чином, що її рухома частина щодо рами (залежно від кількості дробу в нижній камері, достатньої для безперервної роботи апарату) може займати два положення, що реєструються пневмодатчиком. Від пневмодатчика надходить сигнал у шафу керування на завантаження нижньої камери черговою порцією дробу. Верхня та нижня камери апарату у своїй верхній частині забезпечені перепускними клапанами для перепуску дробу у верхню камеру з бункера через завантажувальний

пристрій та з верхньої камери в нижню.

На камерах змонтовані клапани вдув-вихлоп, що служать для заповнення їх стисненим повітрям та зняття тиску відповідно до циклу роботи апарату. У нижній частині нижньої камери розташований змішувач, призначений для отримання таких пропорцій суміші-повітря і дробу, які виявилися б придатними для транспортування по гумовим рукавам до сопла.

Перевагою двокамерних апаратів є можливість безперервної роботи сопла при завантаженні дробу. Абразивна дія дробу в процесі роботи апарату призводить до зміни геометричних розмірів сопла. Зношування сопла викликає, з одного боку, порушення компактності струменя дробу, з іншого, - зниження продуктивності за рахунок падіння тиску стисненого повітря, викликаного збільшенням площі поперечного перерізу каналу.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики дробоструминного апарату

Продуктивність апарату з викиду дробу на одне сопло, кг/хв	30
Радіус дії апарату, м	5
Об'єм камери, м ³	0,035
Робочий тиск повітря, МПа	0,6
Кількість дробу, засипаного в апарат на початку роботи, кг	150
Витрата вільного повітря на одне сопло, м ³ /хв	5
Діаметр сопла, мм	6 - 10
Число сопл, шт	2
Габаритні розміри, м	1,0x0,6x1,53
Маса апарату, кг	500

2.4 Визначення швидкості руху дробу у факелі

Основним технологічним параметром дробоструменевої обробки є, безумовно, швидкість атаки дробинками оброблюваної поверхні металевих виробів. Чим вище швидкість атаки, тим продуктивніше масове швидкісне знімання найдрібніших частинок металу з оброблюваної поверхні абразивними гранулами, що швидко летять, і тим глибше рельєф поверхні, що формується частинками. Проте високі швидкості атаки приводять до інтенсивного зношування твердого, але крихкого дробу і значного шаржування оброблюваної поверхні уламками дробу, що не вигідно, оскільки зменшується стійкість та довговічність абразивного матеріалу і знижується якість обробленої поверхні. Тому дробоструменеву обробку необхідно проводити на економічно обґрунтованих швидкостях атаки, які дозволяють отримати прийнятну продуктивність обробки, високу якість обробленої поверхні та хорошу стійкість дробинки [35].

Враховуючи викладене, вивчення закономірностей руху дробинки в атмосфері навколишнього повітря є істотним чинником, який дає можливість найповніше використовувати енергію стислого повітря. Для визначення швидкості руху дробу в навколишній атмосфері використовують пристосування, кінематична схема якого наведена на рис. 2.2.

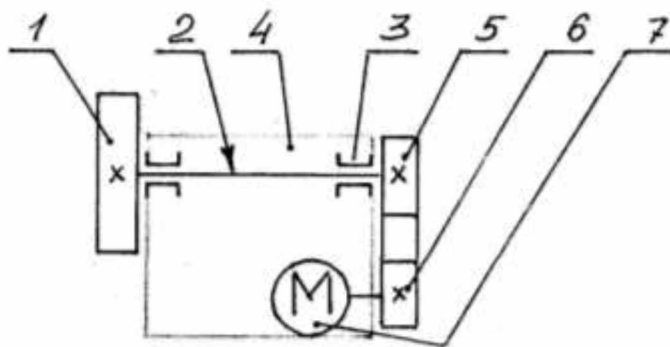


Рис. 2.2 – Пристосування для вимірювання швидкості дробу

Пристосування складається із ротора 1, встановленого на вихідній ділянці валу 2, який змонтований на опорах 3 в корпусі 4. Із протилежного

боку по відношенню до ротора 1 на іншій вихідній ділянці валу 2 закріплений шків 5. За допомогою гнучкого зв'язку він сполучений із провідним шківом 6, який встановлений на валу електродвигуна 7.

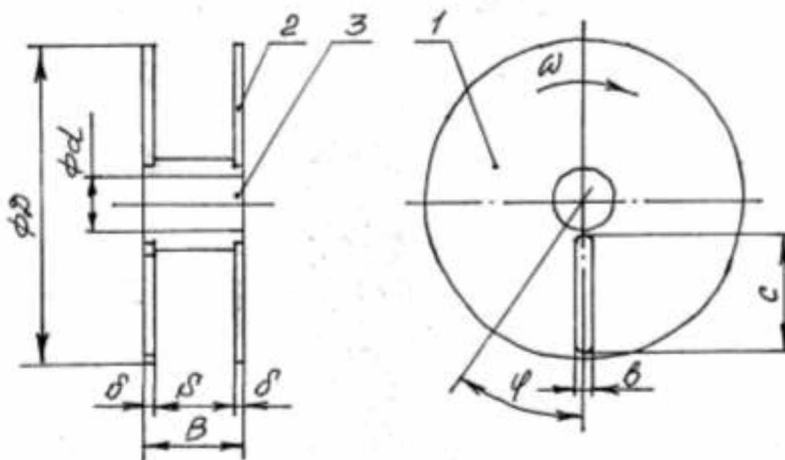


Рис. 2.3 – Ротор

Ротор 1 даної установки (рис. 2.3) у вигляді двох дисків діаметром D і товщиною δ виконаний зварним: лівого 1 і правого 2, які насаджені на втулку 3 з центральним отвором діаметром d . В лівому диску 1 зроблений проріз шириною « b » і довжиною « c ».

При вимірюванні швидкості руху дробу v на певній відстані l від дробоструменевого сопла 1 пристосування 2 встановлювали в захисній камері 3 лабораторної установки зовнішньою стороною лівого диска ротора перпендикулярно потоку дробу (рис. 2.4) так, щоб відстань до сопла була рівна $l=l_0+0,5S$, а зсув осі валу, на якій закріплений ротор, щодо осі сопла складало $r=0,4D$. Від дії потоку дробу пристосування 2 захищали перегородкою 4, в якій про фрезерований отвір, розмірний із прорізом на лівому диску ротора. Далі включали електродвигун і надавали обертальний рух ротору. Потім подавали стисле повітря і дріб в дробоструменево сопло за допомогою дробоструменевого апарату. Основна частина дробу рикошетить від поверхні перегородки зовнішньої сторони лівого диска. Проте деяка частина абразиву (дробу) проходить через щілину (отвір) у перегородці та через проріз у лівому диску 1 та залишає лунку на внутрішній стороні

правого диска 2. Внаслідок того, що ротор обертається за годинниковою стрілкою зі кутовою швидкістю ω , слід абразиву-дробу на внутрішній поверхні правого диска буде зрушений щодо прорізу в лівому диску проти годинникової стрілки на кут α , оскільки ротор обертається, коли дріб проходить відстань S (рис. 2.3).

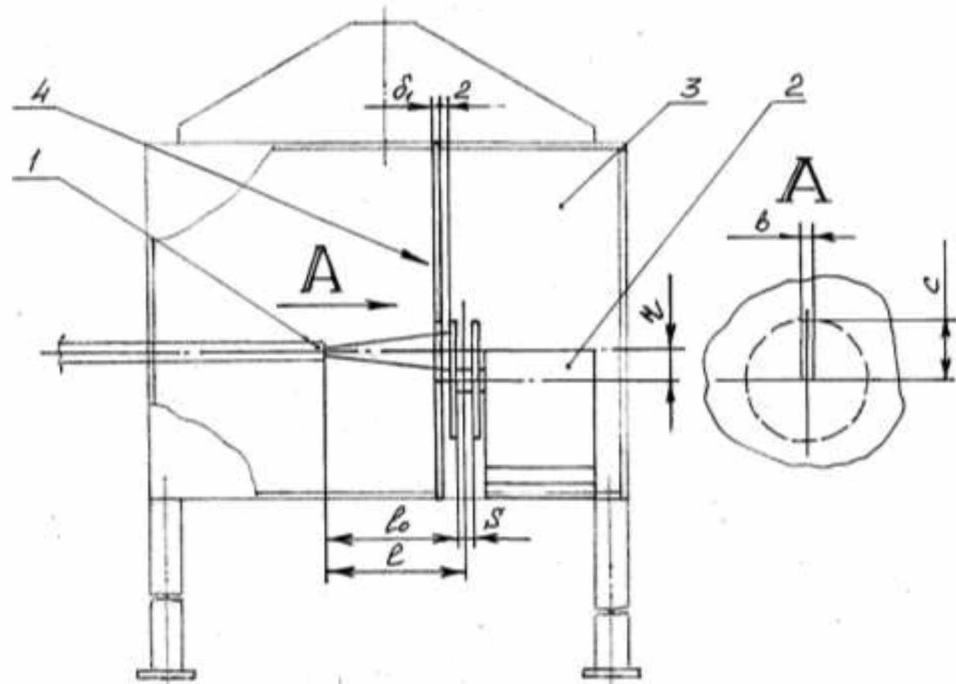


Рис. 2.4 – Розташування пристосування у захисній камері лабораторної дробоструменевої установки

Змірявши кут φ , визначали середню швидкість руху дробу v на відстані l від дробоструменевого сопла на підставі наступних міркувань. Дробинки проходять відстань S між внутрішніми стінками дисків ротора за проміжок часу Δt з середньою швидкістю v . Таким чином

$$S = v \cdot \Delta t \quad (2.1)$$

звідки $\Delta t = S / v$, (2.2)

При цьому лівий диск ротора за час Δt обернеться щодо сліду на правому диску за годинниковою стрілкою на кут φ з відомою постійною кутовою швидкістю ω , тобто:

$$\varphi = \omega \cdot \Delta t, \quad (2.3)$$

звідки $\Delta t = \varphi / \omega$, (2.4)

Прирівнявши вирази (2.1) і (2.2)

$$\frac{S}{v} = \frac{\varphi}{\omega}, \quad (2.5)$$

Знаходимо середню швидкість руху дробу v

$$v = \frac{S\omega}{\varphi}, \quad (2.6)$$

на відстані l від дробоструменевого сопла.

Визначення швидкості руху дробинок проводимо на відстані від сопла $l=0,1\dots0,6\text{м}$ при ідеальному надмірному тиску стислого повітря в корпусі дробоструменевого апарату $p_u=0,6\text{МПа}$. Як інструмент застосовували дробоструменеве циліндрове сопло з діаметром отвору $d_{\text{мат}}=8\text{ мм}$. Для проведення експерименту використовували дріб технічну сталеву колону і рубану з діаметром описаної сфери $d=1,0; 1,2; 1,6$ та $2,0\text{ мм}$. При цьому забезпечували, шляхом встановлення відповідної мірної шайби на змішувачі апарату, наступну масову подачу дробинок Q_c через сопло:

-діаметром $d_{\text{мат}}=8\text{мм}$, $Q_c=20$ і 25 кг/хв ;

Масову подачу дробинок перевіряли шляхом зважування відпрацьованого дробу, яка потрапляє в бункер захисної камери лабораторної дробоструменевої установки. При цьому враховували безповоротні втрати технічного дробу, які відбуваються в процесі дробоструменевої обробки зразків.

2.5 Визначення твердості зразків

При визначенні твердості широко використовуються методи, засновані на здатності тіла (металу) протистояти проникненню в нього іншого більш твердого тіла.

За методом Брінелля твердість визначають вдавлюванням у виріб загартованої сталевий кульки певного діаметра (10; 5; 2,5 мм). Число твердості за Брінеллем (НВ) характеризується відношенням навантаження, що діє на кульку, до поверхні відбитка [31]:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (2.7)$$

де P - навантаження на кульку, Н;

F - поверхня відбитка, мм^2 ;

D -діаметр втискаємої кульки, мм;

d - діаметр відбитка, мм.

Для визначення твердості застосовують важільні (рис. 2.5) та гідравлічні преси. Зразок, встановлений на столику 1 за допомогою гвинта 9, притискають до кульки 2 так, щоб стиснути пружину 3. Потім електродвигун рухає ексцентрик 7, при обертанні якого шатун 6 опускається і вантажі 8 створюють тиск через систему важелів 4 і 5. Ексцентрик, обертаючись, піднімає шатун і у такий спосіб знімається тиск вантажів із зразка. При знаходженні шатуна у верхньому положенні електродвигун автоматично вимикається.

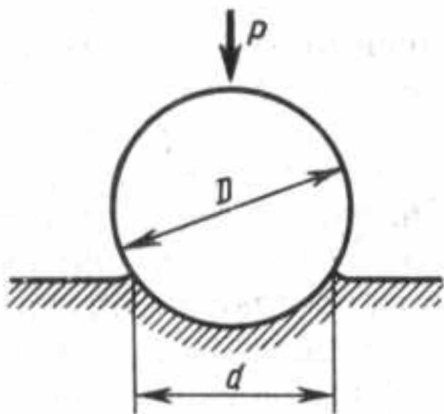


Рис. 2.5 – Схема визначення твердості за Брінеллем

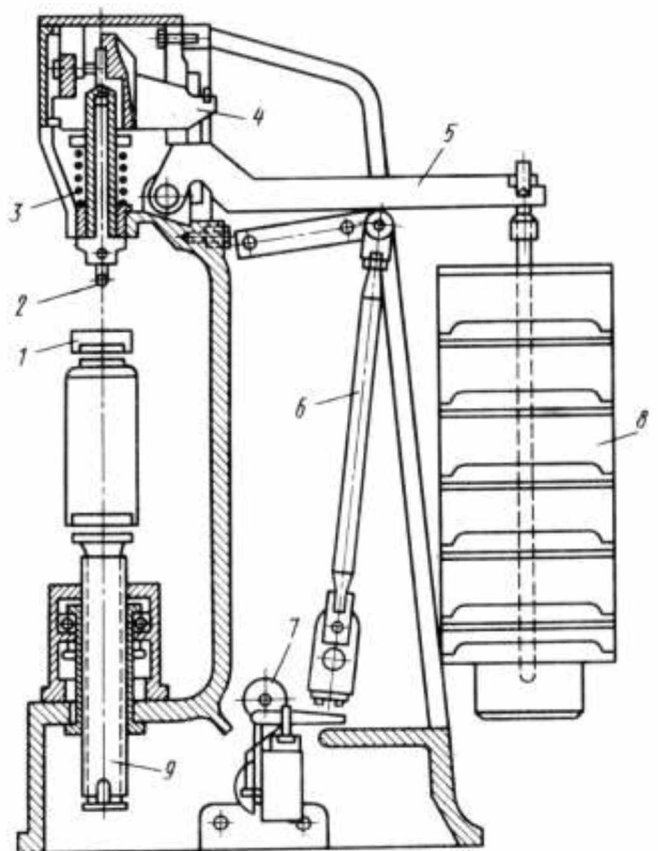
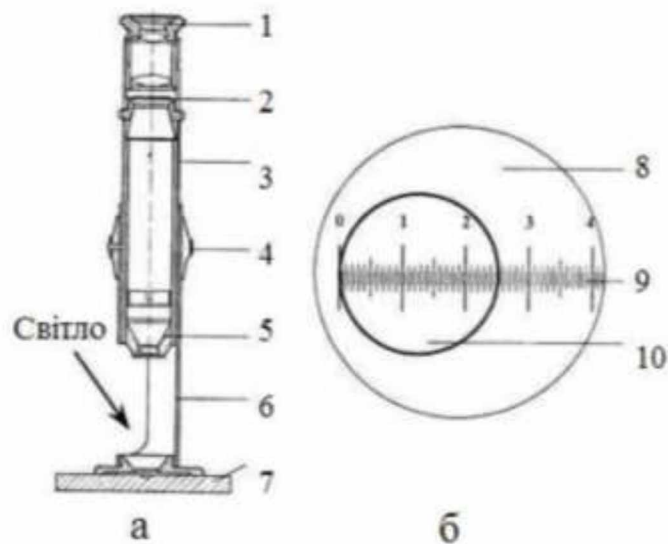


Рис. 2.6 – Загальний вигляд преса Брінелля

Потім визначають за допомогою спеціальної лупи діаметр відбитка, за яким обчислюють твердість за наведеною вище формулою, що вимагає багато часу.

Діаметр сліду виміряють відліковим мікроскопом (рис. 2.7). У корпус 6 мікроскопа встановлено тубус 3 оптичної системи, у який вмонтовані окуляр 1, об'єктив 5 та сітка зі шкалою 2 для вимірювання діаметра відтисків. Обертанням окуляра 1 в протилежних напрямках піднімають або опускають його відносно шкали, досягаючи її чіткого зображення. Обертанням кільця 4, що забезпечує піднімання чи опускання тубуса 3, регулюється чіткість зображення контуру відтиску [32].



1 – окуляр; 2 – шкала; 3 – тубус; 4 – кільце регулювання чіткості зображення; 5 – об'єктив; 6 – корпус; 7 – зразок з відтиском; 8 – поле зору мікроскопа; 9 – шкала з ціною поділки 0,05 мм; 10 – відтиск

Рис. 2.7 – Схема відлікового мікроскопа МПБ-2 (а) та вимірювання діаметру відтиску за його шкалою (б)

На практиці користуються спеціальною таблицею, де кожному діаметру відбитка відповідає число твердості НВ. Діаметр кульки і навантаження вибирають в залежності від матеріалу, що випробовується (його твердості і товщини). При випробуванні сталі та чавуну $P = 30D^2$

(наприклад, $D = 10\text{ мм}$, $P = 30\ 000\text{ Н}$); при випробуванні алюмінію $P = 2,5D^2$ (наприклад, $D = 10\ \text{мм}$, $P = 2500\ \text{Н}$). За методом Брінелля не можна випробовувати метали числом твердості вище HB 450, так як кулька буде деформуватися і результат вийде неправильним.

2.6 Обробка і сепарація технічного дробу

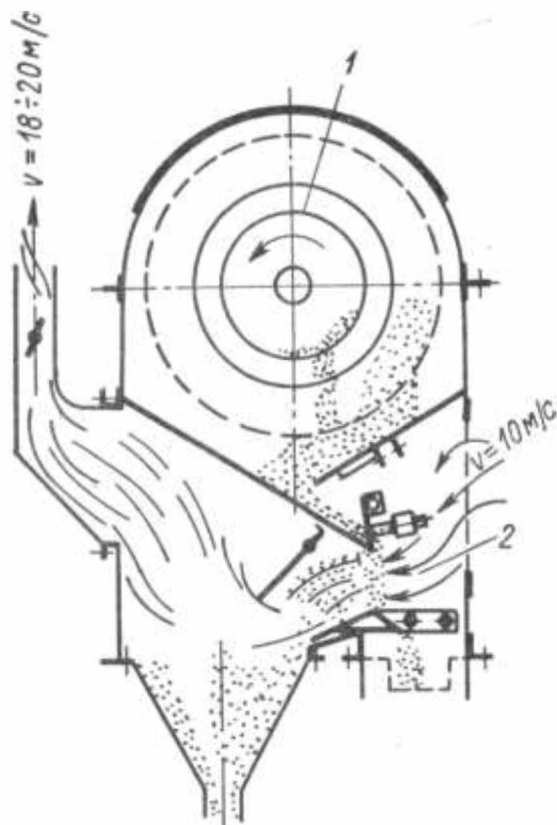
Надмірний вміст домішок в дробу призводить до підвищеного зносу деталей дробоструминного апарату та погіршує якість оброблюваної поверхні.

Очистка дробу від домішок, як правило, протікає в дві стадії: перша передбачає відділення великих фракцій, друга – остаточну підготовку дробу до повторного використання. Великі фракції видаляють механічно із застосуванням обертового барабанного сита, встановленого на кінці гвинтового конвеєра, або вібро-транспортера, який відводить суміш піску і дробу з-під бункера, розташованого під ґратчастою підлогою установки, до забірної частини ковшового елеватора. Великі відходи надходять у спеціальну ємність, дрібні просипаються разом із дробом. Для видалення дрібних фракцій використовують повітряні, магнітні і комбіновані сепаратори, які знаходяться за межами робочого простору установки.

Процес сепарації дробу в повітряному потоці заснований на тому, що засмічений дріб доставляється елеватором в приймальну частину сепаратора, звідки самопливом з напрямних лотків (каскаду) при вільному падінні піддається інтенсивній продувці повітряним потоком. Потік повітря захоплює частинки з меншою щільністю і транспортує в ємність більшого перерізу, де частинки, втративши швидкість, падають вниз. Дуже дрібні частинки захоплюються потоком і відокремлюються в повітряному фільтрі.

На ефективність роботи сепаратора впливають рівномірність подачі дробу, що очищається, і швидкість руху повітряного потоку, яка залежить від розмірів дробу. Невелика швидкість не забезпечує якісної обробки, велика

призводить до підвищеної витрати дробу. Вважається, що середня швидкість потоку має становити 10 м/с.



1 - барабанні гуртки; 2 - повітряний сепаратор

Рис. 2.8 – Схема повітряно-механічного сепаратора дробу

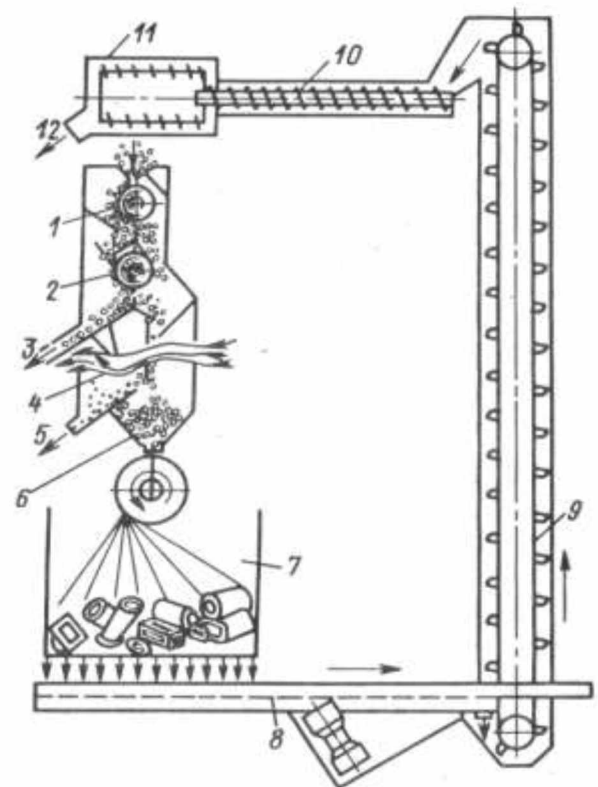


Рис. 2.9 – Схема циркуляції дробу і пристрій барабанного магнітного сепаратора.

Для регенерації забрудненого дробу в установках застосовують повітряно-механічні сепаратори. Сепаратори забезпечують якісну обробку дробу за умови, що вміст домішок на вході в сепаратор не більше 8%, в очищеному дробі залишається менше 1% домішок. При більшому вмісті домішок, рекомендується двох або триразова повітряно-механічна сепарація.

На рис. 2.8 показано схему одного з типів повітряно-механічного сепаратора. Установка складається з барабанного гуртку, призначеного для видалення грубих включень, та повітряного сепаратора. Ефективна

тривалість роботи установки залежить від точності регулювання швидкості потоку повітря.

Схема циркуляції дробу та пристрій барабанного магнітного сепаратора, наведено на рис. 2.9. Установка складається з магнітного барабанного сепаратора 1, для основного видалення домішок дробу, барабанного сепаратора 2, для остаточної обробки дробу, повітряного сепаратора 4, для відділення пилоподібних фракцій бункера 6, для очищеного дробу, очисної камери 7, вібро-транспортера 8 для видалення великих відходів, елеватора 9, шнекового транспортера 10, що закінчується ситом, що обертається 11 з течкою 12 для видалення середніх відходів. Через течки 3 і 5 відповідно видаляються пісок та дрібні відходи, що видувуються стисненим повітрям.

Барабанний магнітний сепаратор складається з нерухомої магнітної системи і обертового полого барабана, виготовленого з немагнітного матеріалу. При обертанні барабана за рахунок дії електромагнітних сил дріб притягується до барабана, транспортується разом з ним під деяким кутом, а потім виводиться із зони дії магнітного поля і падає вниз. Вирішальною умовою для досягнення високої ефективності роботи першого ступеня сепарації є регулювання товщини шару дробу і рівномірний розподіл шару по всій ширині сепаратора.

2.7 Дробоструменеві камери

Серійно випускаються лише дробоструминні камери моделі, що мають ручне керування та призначені для очищення дрібних виливків та термооброблених деталей масою до 15 кг.

Камера складається з герметезованого корпусу, ежекційного пістолета, повітряного сепаратора, циклону для осадження пилу, оглядового вікна і трубопроводів. Занурюють виливки вручну через двері, що відкриваються шарнірно. Повітря до пістолета підводять натисканням на педаль ногою. Від впливу дробу руки оператора захищені гумовими

рукавицями.

В даний час дробоструминне камери замінюють на дробометні або дробометно-дробоструменеві, де дробоструменеве очищення використовують лише для доочищення поверхні виливків в кишнях і піднутреннях. Причинами такої заміни стали низька продуктивність дробоструменевих камер, висока енергоємність процесу, необхідність безпосередньої участі оператора та незадовільні умови праці.

Надлишковий вміст домішок в дробу призводить до підвищеного зношування деталей дробометного апарату і погіршує якість поверхні матеріалу. Дослідженнями [00], встановлено, що при роботі дробометних машин тільки в режимі очищення поверхні засміченість відпрацьованого дробу домішками (кварцовим піском, пилом, пилоподібною фракцією дробу) зазвичай не перевищує 4-5%.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати експериментальних досліджень швидкості руху дробу в дробоструменевому факелі

Вивчаючи швидкість переміщення сталевих колених дробинок в атмосфері навколишнього повітря відповідно до розробленої методики (п. 2.4), отримали наступні результати, які наведені в таблицях 3.1–3.7 і зображені на рис. 3.1–3.13.

Таблиця 3.1 – Зміна швидкості руху v сталевого коленого дробу ($d_{др}=0,4$ мм, $m=0,261 \cdot 10^{-6}$ кг/шт.) залежно від пройденої відстані x

Відстань від сопла $\tilde{\sigma}, м$	Швидкість вильоту дробинок із сопла $v_0, м/с$				
	80	100	125	160	200
0,1	37,2	46,5	58,1	74,4	93,0
0,2	17,3	21,6	27,0	34,6	43,2
0,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
0,4	3,8	4,7	5,9	7,5	9,4
0,5	1,8	2,2	2,8	3,5	4,4
0,6	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0

Таблиця 3.2 – Зміни швидкості руху v сталевого коленого дробу ($d_{др}=0,8$ мм, $m=2,09 \cdot 10^{-6}$ кг/шт.) залежно від пройденої відстані x

Відстань від сопла $\tilde{\sigma}, м$	Швидкість вильоту дробинок із сопла $v_0, м/с$				
	80	100	125	160	200
0,1	49,6	62,0	77,5	99,2	124,0
0,2	30,7	38,4	48,0	61,4	76,8
0,3	19,0	23,8	29,8	38,1	47,6
0,4	11,8	14,8	18,5	23,7	29,6
0,5	7,4	9,2	11,5	14,7	18,4

0,6	4,6	5,7	7,1	9,1	11,4
-----	-----	-----	-----	-----	------

Таблиця 3.3 – Зміни швидкості руху v сталевого коленого дробу ($d_{др}=1,0$ мм, $m=4,08 \cdot 10^{-6}$ кг/шт.) залежно від пройденної відстані x

Відстань від сопла δ , м	Швидкість вильоту дробинок із сопла v_0 , м/с				
	80	100	125	160	200
0,1	62,6	78,3	97,9	125,2	156,6
0,2	49,0	61,3	76,6	98,0	122,6
0,3	38,4	48,0	60,0	76,8	96,0
0,4	30,0	37,5	46,9	60,0	75,0
0,5	23,5	29,4	36,8	47,0	58,8
0,6	18,4	23,0	28,8	36,8	46,0

Таблиця 3.4 – Зміни швидкості руху v сталевого коленого дробу ($d_{др}=1,2$ мм, $m=7,05 \cdot 10^{-6}$ кг/шт.) залежно від пройденної відстані x

Відстань від сопла δ , м	Швидкість вильоту дробинок із сопла v_0 , м/с				
	80	100	125	160	200
0,1	69,4	86,7	108,4	138,7	173,4
0,2	60,2	75,3	94,1	120,5	150,6
0,3	52,2	65,3	81,6	104,5	130,6
0,4	45,3	56,6	70,7	90,6	113,2
0,5	39,4	49,2	61,5	78,7	98,4
0,6	34,2	42,7	53,4	68,3	85,4

Таблиця 3.5 – Зміни швидкості руху v сталевого коленого дробу ($d_{др}=1,6$ мм, $m=16,71 \cdot 10^{-6}$ кг/шт.) залежно від пройденної відстані x

Відстань від сопла $\bar{\delta}, м$	Швидкість вильоту дробинки із сопла $v_0, м/с$				
	80	100	125	160	200
0,1	75,4	94,2	117,7	150,7	188,4
0,2	71,0	88,7	110,9	141,9	177,4
0,3	66,8	83,5	104,4	133,6	167,0
0,4	63,0	78,7	98,4	125,9	157,4
0,5	59,3	74,1	92,6	118,6	148,2
0,6	55,8	69,8	87,2	111,7	139,6

Таблиця 3.7. –Зміни швидкості руху v сталевих колених дробу ($d_{др}=2,0$ мм, $m=32,64 \cdot 10^{-6}$ кг/шт.) залежно від пройденої відстані x

Відстань від сопла $\bar{\delta}, м$	Швидкість вильоту дробинки із сопла $v_0, м/с$				
	80	100	125	160	200
0,1	77,6	97,0	121,2	155,2	194,0
0,2	75,2	94,0	117,5	150,4	188,0
0,3	72,8	91,0	113,8	145,6	182,0
0,4	70,6	88,3	110,4	141,3	176,6
0,5	68,5	85,6	107,0	137,0	171,2
0,6	66,4	83,0	103,8	132,8	166,0

3.2 Аналіз залежності швидкості дробу від пройденої відстані

Дослідження проводили на сталевому колених дробі марки ДСК наступного гранулометричного складу:

– фракція 0,4, діаметр описаної сфери $d=0,4$ мм, маса дробинки $m=0,261 \cdot 10^{-6}$ кг/шт; фракція 0,8, $d=0,8$ мм, $m=2,09 \cdot 10^{-6}$ кг/шт; фракція 1,0 $d=1,0$ мм, $m=4,08 \cdot 10^{-6}$ кг/шт; фракція 1,2 $d=1,2$ мм, $m=7,05 \cdot 10^{-6}$ кг/шт; фракція 1,6 $d=1,6$ мм, $m=16,71 \cdot 10^{-6}$ кг/шт; фракція 2,0 $d=2,0$ мм, $m=32,64 \cdot 10^{-6}$ кг/шт.

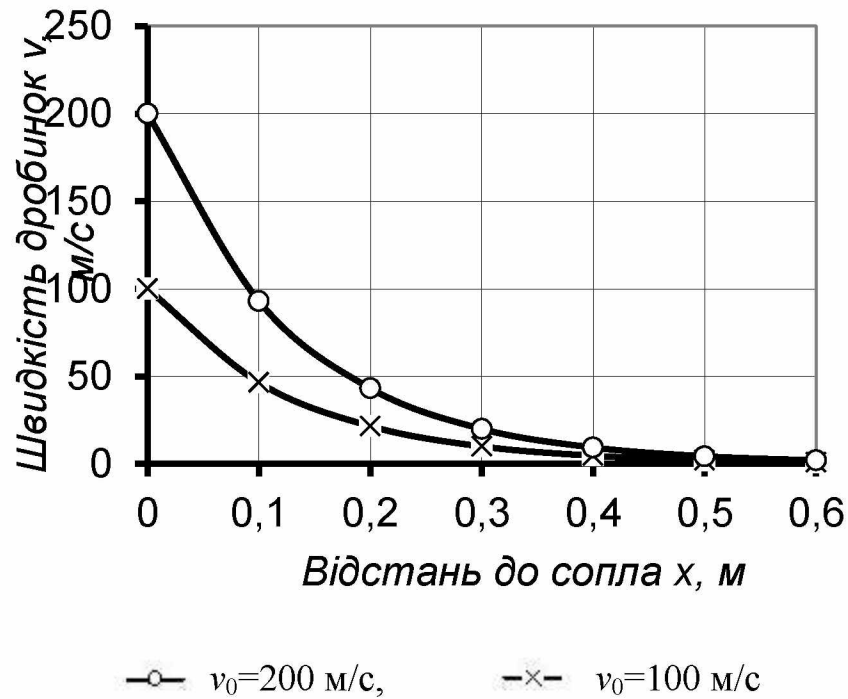


Рис.3.1 – Швидкість сталевого коленого дробу v залежно від пройденої відстані x ($d_{др}=0,4$ мм, $p_{изб}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{мат}=8$ мм)

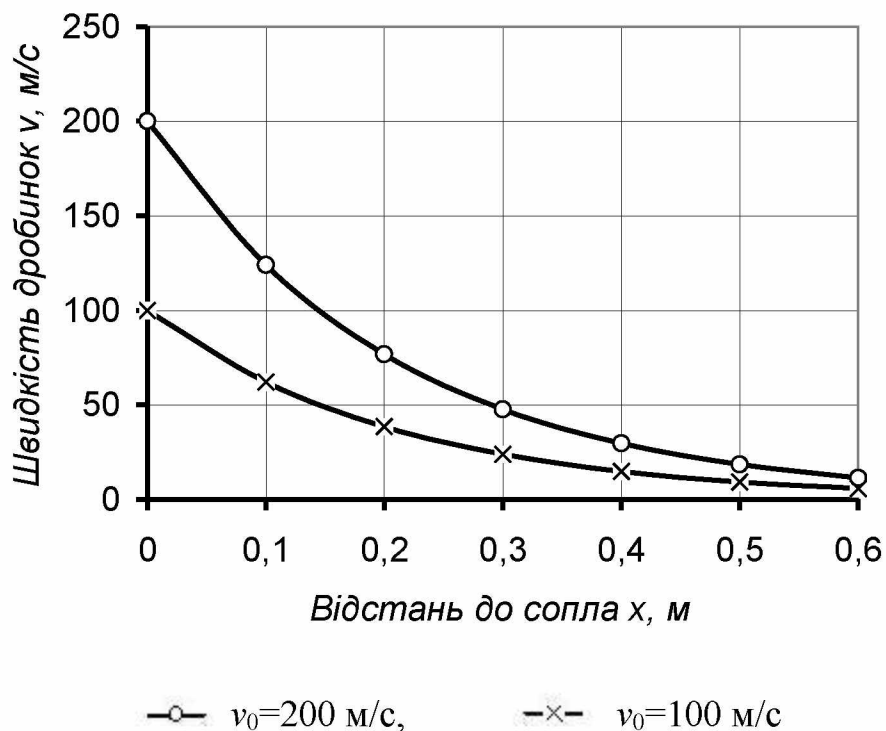


Рис. 3.2 – Швидкість сталевого коленого дробу v залежно від пройденої відстані x ($d_{др}=0,8$ мм, $p_{изб}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{мат}=8$ мм)

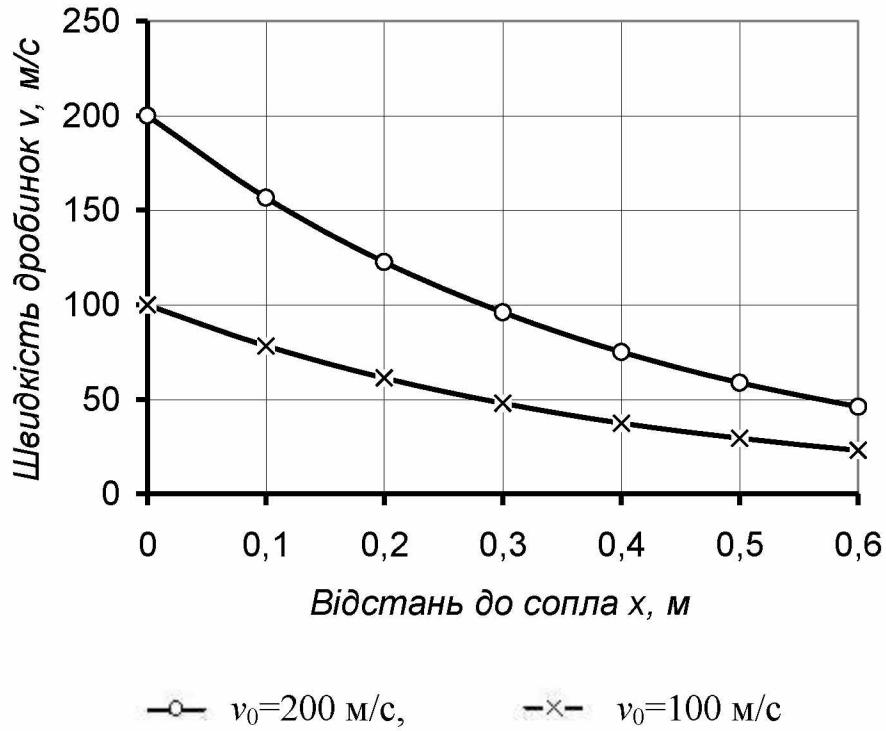


Рис. 3.3 – Швидкість сталевого коленого дробу v залежно від пройденої відстані x ($d_{др}=1,0$ мм, $p_{изб}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{мат}=8$ мм)

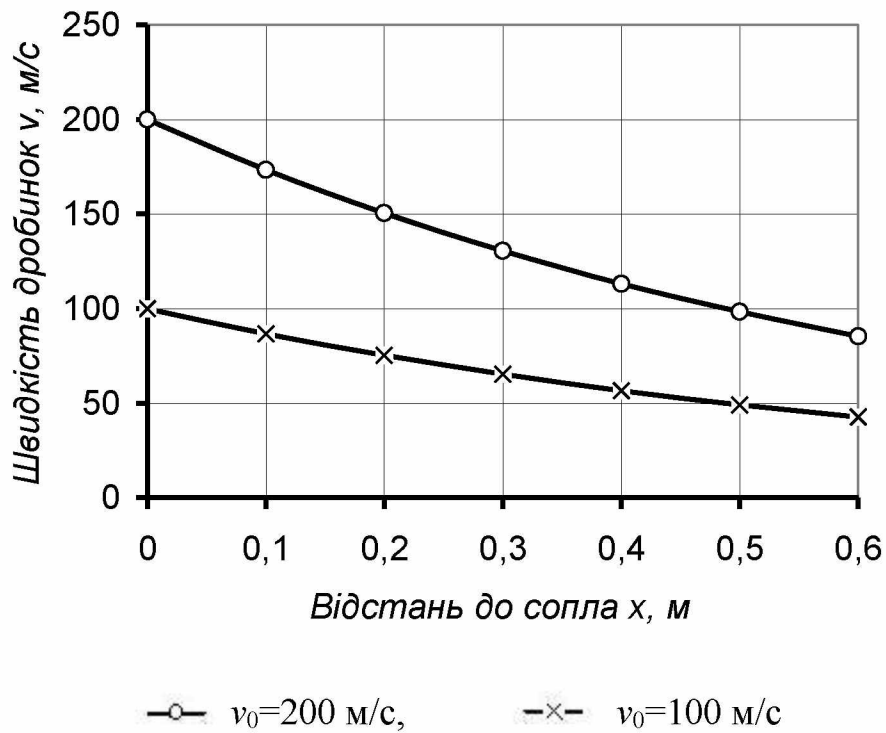


Рис. 3.4 – Швидкість сталевого коленого дробу v залежно від пройденої відстані x ($d_{др}=1,2$ мм, $p_{изб}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{мат}=8$ мм)

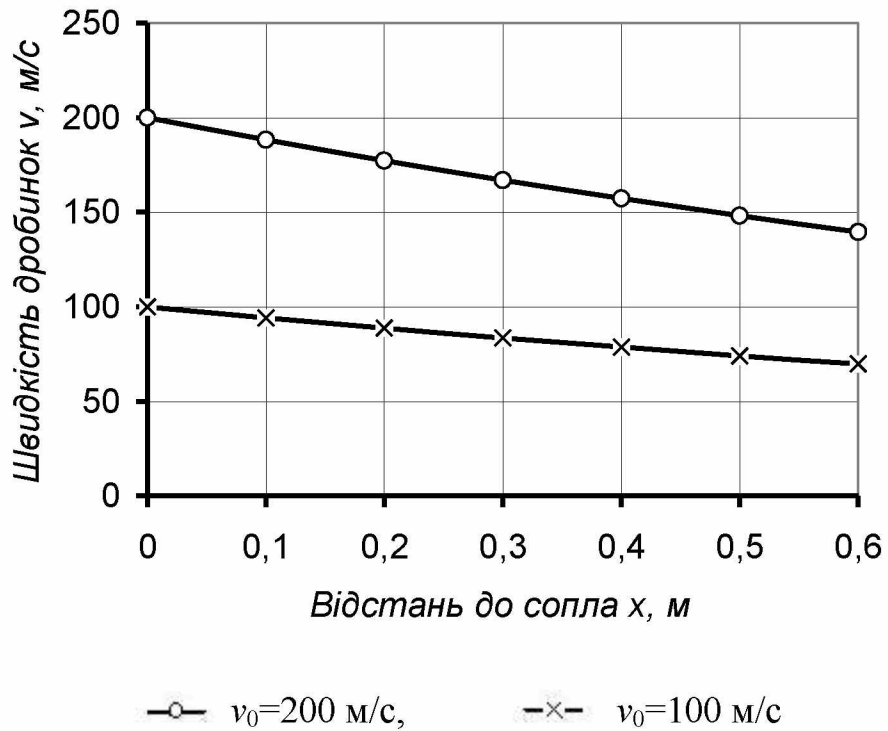


Рис. 3.5 – Швидкість сталевого коленого дробу v залежно від пройденої відстані x ($d_{др}=1,6$ мм, $p_{изб}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{мат}=8$ мм)

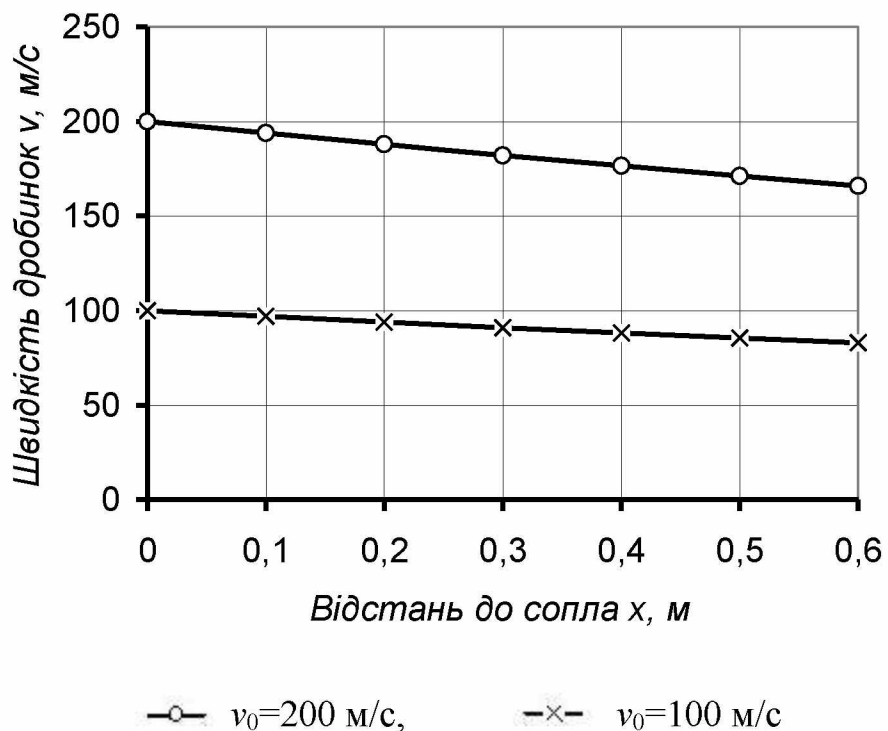


Рис. 3.6 – Швидкість сталевого коленого дробу v залежно від пройденої відстані x ($d_{др}=2,0$ мм, $p_{изб}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{мат}=8$ мм)

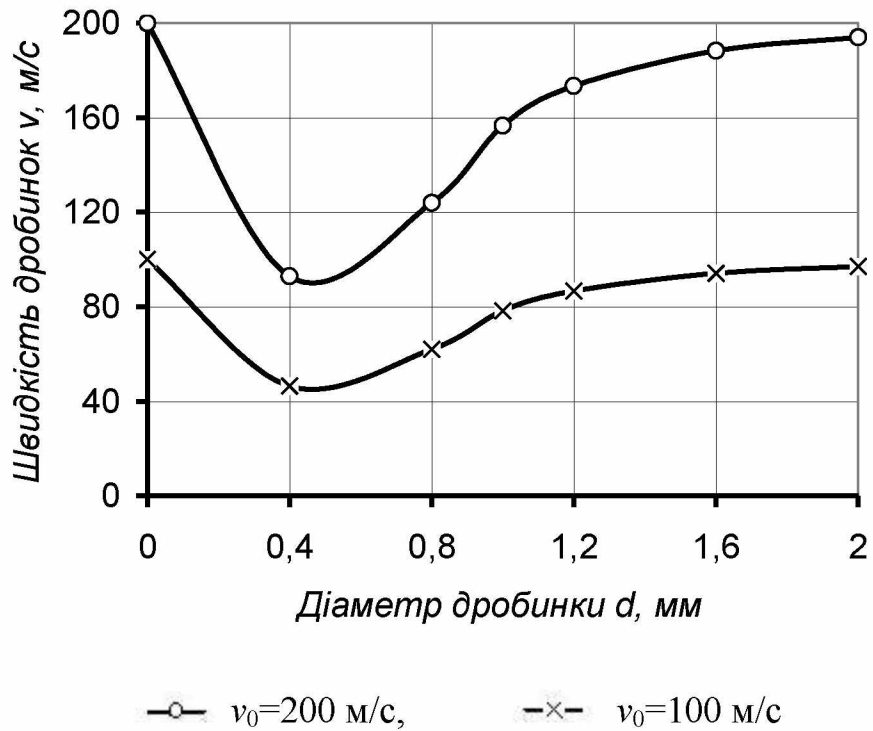


Рис. 3.7 – Швидкість руху сталевго коленого дробу v залежно від фракційного складу дробу d на відстані $x=0,1$ м від сопла ($p_{\text{изб}}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{\text{мат}}=8$ мм)

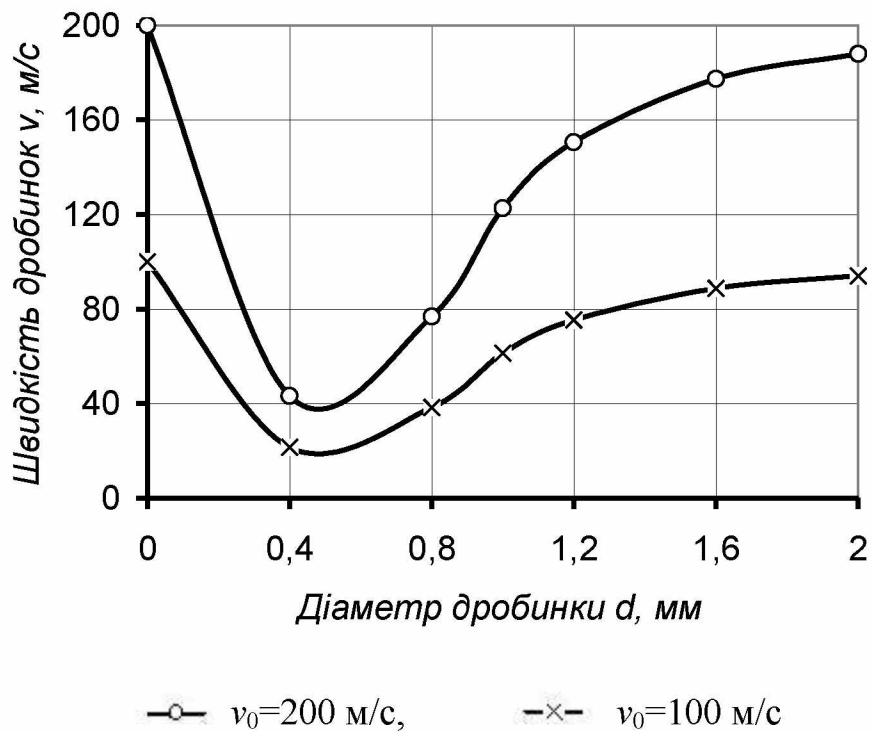


Рис. 3.8 – Швидкість руху сталевго коленого дробу v залежно від фракційного складу дробу d на відстані $x=0,2$ м від сопла ($p_{\text{изб}}=6$ бар,

$Q_c=0,2$ кг/с, $d_{\text{мат}}=8$ мм)

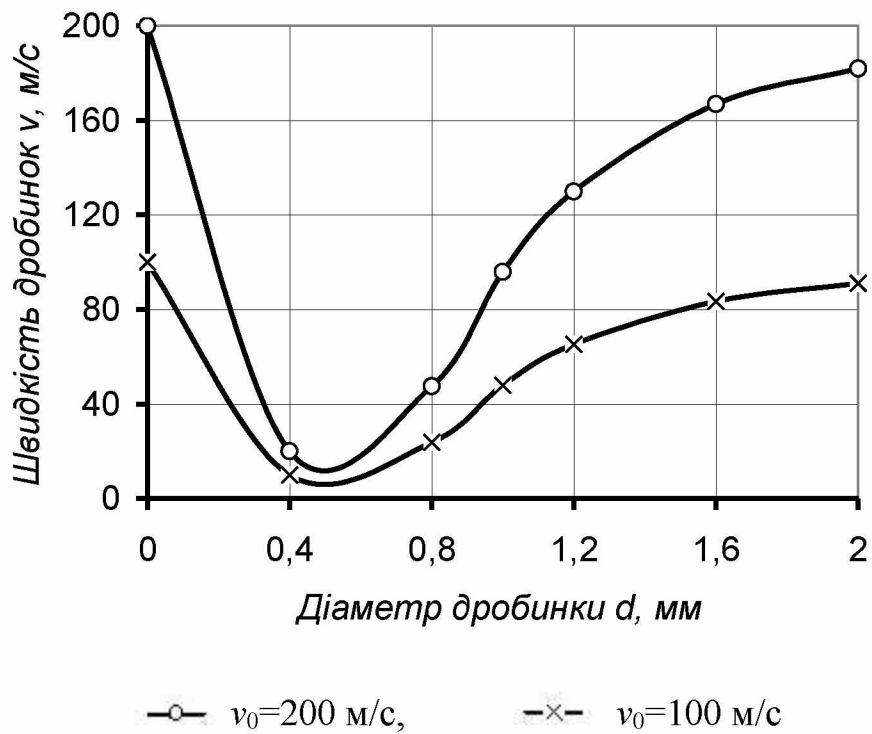


Рис. 3.9 – Швидкість руху сталевго коленого дробу v залежно від фракційного складу дробу d на відстані $x=0,3$ м від сопла ($p_{\text{изб}}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{\text{мат}}=8$ мм)

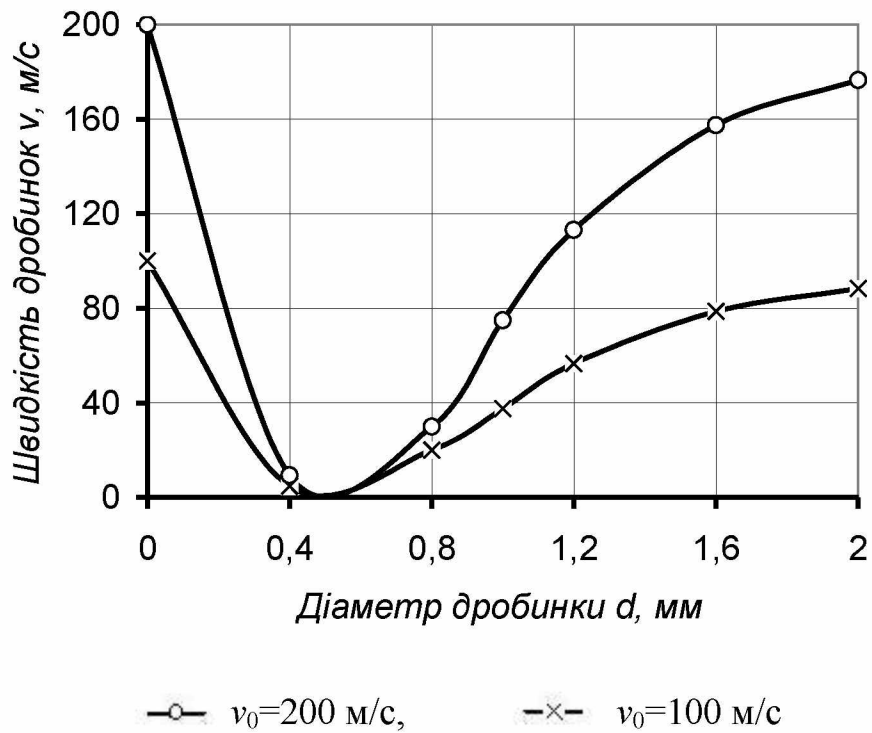


Рис. 3.10 – Швидкість руху сталевго коленого дробу v залежно від

фракційного складу дробу d на відстані $x=0,4$ м від сопла ($p_{\text{изб}}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{\text{мат}}=8$ мм)

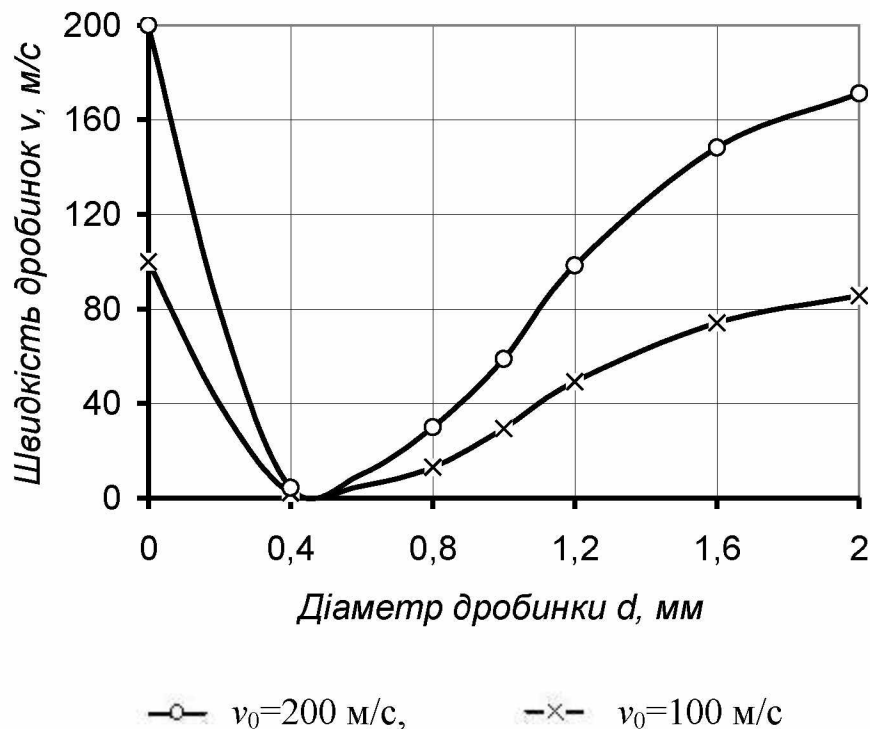


Рис. 3.11 – Швидкість руху сталевого коєного дробу v залежно від фракційного складу дробу d на відстані $x=0,5$ м від сопла ($p_{\text{изб}}=6$ бар, $Q_c=0,2$ кг/с, $d_{\text{мат}}=8$ мм)

У корпусі дробоструменевого апарату і в гумовотканинному рукаві, по якому подавали легко-абразивну суміш по дробоструминому соплу, підтримували постійний абсолютний тиск стисненого повітря $P_{\text{абс}} = 7$ бар.

У камеру змішувача дробоструменевого апарату подавали дозовану масу дробинок $Q_{\text{д}} = N_m = 0,5$ кг/с (N кількість дробинок, m – маса однієї дробинки). Для створення дробоструменевого факела використовували сопло циліндричної форми з діаметром матеріального отвору $d_{\text{і до}} = 8$ мм, який дозволяє досягати звукової швидкості закінчення стисненого повітря $v_{\text{св}} = 300$ м/с. Масову витрату стисненого повітря регулювали за допомогою дроселя. При цьому досягали швидкості вильоту дробинок з сопла $v_0=80, 100, 125, 160$ і ≈ 200 м/с. Сопло в процесі експерименту розташовували від

вимірювального пристрою на відстанях $x = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; \text{ і } 0,5$ м. (див. п. 2.4). Вимірювання кута повороту φ на суцільному диску вимірювального пристрою проводили по центру відбитку.

4 РЕКОМЕНДАЦІ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Перспектива застосування

Основні аспекти перспективності даного методу очищення поверхні, можна охарактеризувати наступними значеннями: екологічність - на відміну від піскоструминної обробки цей метод вважається максимально безпечним і нешкідливим для людини. Якщо частинки піску на великій швидкості розбиваються в пил і забруднюють повітряний простір (існує великий ризик виникнення хвороби: силікозу, то дріб (залежно від типу) залишається цілим; економічність - абразивний матеріал використовується повторно неодноразово; результативність - ефективність приблизно в 3 рази вище піскоструминного очищення.

4.2 Загальні вимоги охорони праці

Інструкція з охорони праці передбачає основні вимоги безпеки для працівників при роботі на установках дробоструминного очищення металевих поверхонь.

Установка дробоструминного очищення металевих поверхонь призначена для очищення поверхні металевих виробів за допомогою дробоструминної напірної установки в закритому просторі, укомплектованої автоматизованою системою збору, очищення дробу та заповнення бункеру, системою вентиляції та освітлення.

До роботи допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, пройшли вступний, первинний, на робочому місці інструктаж (повторний інструктаж з охорони праці на робочому місці не рідше ніж 1 раз на 3 місяці) з охорони праці, а також ознайомлені з правилами пожежної безпеки.

Обов'язки працівника на дробоструминній установці:

- знати та дотримуватись інструкцій, а також правил та норм охорони праці;
- дотримуватись правил поведінки на території підприємства, у

виробничих, допоміжних та побутових приміщеннях;

- піклуватися про особисту безпеку та особисте здоров'я;
- знати місце розташування аптечки та вміти надавати першу допомогу потерпілому;
- знати порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- знати принцип роботи, правила експлуатації та порядок обслуговування встановленого дробоструминного обладнання;
- застосовувати у процесі роботи засоби індивідуального захисту;
- підтримувати порядок робочому місці.

Присутність сторонніх осіб у робочому просторі установки дробоструминевого очищення не допускається.

Під час роботи бути уважним, не відволікатися на сторонні справи та розмови та не відволікати інших працівників. При роботі спільно з іншими працівниками необхідно узгоджувати свої взаємні дії.

У процесі роботи на дробоструминемих установках можливий негативний вплив наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- частки, що розлітаються при обробці поверхні;
- стиснене повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- рухомі машини та механізми, вантажі, що переміщуються та складуються, рухомі частини виробничого обладнання, неогорожені, рухомі або обертові елементи;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- роботи на висоті;
- недостатня освітленість робочої зони.

Працівник повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту

відповідно до чинних норм законодавства: спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). ЗІЗ, що видаються, повинні відповідати характеру та умовам роботи, забезпечувати безпеку праці.

Засоби індивідуального захисту, на які немає технічної документації, а також зі строком придатності, що минув, до застосування не допускаються. Використовувати спецодяг та інші ЗІЗ для інших, ніж основна робота, цілей забороняється. Особистий одяг та спецодяг необхідно зберігати окремо. Вносити спецодяг за межі підприємства забороняється.

Забороняється вживання спиртних напоїв та поява на роботі у нетверезому стані, у стані наркотичного чи токсичного сп'яніння.

Працівник зобов'язаний негайно сповіщати свого безпосереднього або вищого керівника робіт про будь-яку ситуацію, що загрожує життю та здоров'ю людей, про кожен нещасний випадок, що стався на виробництві, або про погіршення свого здоров'я, у тому числі про появу гострого професійного захворювання (отруєння), а також про всі помічені несправності обладнання чи пристроїв.

Виконання цих вимог є обов'язковим. Невиконання розглядається як порушення трудової дисципліни і тягне за собою відповідальність відповідно до чинного законодавства.

4.3 Вимоги охорони праці перед початком роботи

Перевірити справність спецодягу, спецвзуття та інших ЗІЗ (захисний костюм, рукавиці, шолом, фільтр повітря для дихання) на відсутність зовнішніх пошкоджень. Спецодяг повинен бути відповідного розміру, чистим і не обмежувати рухів. Спецодяг повинен бути застібнутий, не допускаються кінці, що звисають. Волосся прибрати під головний убір. Забороняється заколювати спецодяг шпильками, голками, тримати в кишенях гострі предмети. Отримати завдання у безпосереднього керівника виконання робіт, за необхідності пройти інструктаж.

Зробити зовнішній огляд дробоструминної установки, переконатися у

відсутності несправностей, відсутності в камері сторонніх предметів. Встановити послідовність виконання операцій. Перевірити стан освітленості робочого місця. Підготувати робоче місце для безпечної роботи.

Перед початком роботи працівник повинен:

- перевірити правильність роботи окремих вузлів установки, а також всієї установки в цілому;
- відкрити клапан подачі повітря, переконатися в його наявності у системі, тиск не повинен бути меншим за 8 кгс/см²;
- відкрити зливні крани колектора та ресивера фільтра, переконатися у відсутності конденсату;
- подати електроживлення від заводської мережі, переконатися в її якості по вольтметру;
- перевірити кількість та якість дробу.

На підлозі в зоні технічного обслуговування навіть при правильній експлуатації може бути дріб (наприклад, винесений на оброблених виробках), на якому можна послизнутися і втратити рівновагу.

При виявленні несправності в роботі будь-яких вузлів або установки в цілому, необхідно зупинити роботу всієї установки до з'ясування причини, що спричинила цю несправність, усунути її і лише після цього продовжити роботу. Про несправність та виконану роботу необхідно зробити запис у сервісній книзі.

Забороняється розпочинати роботу на дробострумінній установці за наявності наступних порушень вимог охорони праці:

- за наявності несправності, зазначеної в посібнику з експлуатації від заводу-виробника установки, за якої не допускається її використання;
- за відсутності чи несправності заземлення;
- за відсутності чи несправності запобіжних пристроїв;
- за відсутності чи несправності витяжної вентиляції;

- за відсутності чи несправності засобів індивідуального захисту;
- за відсутності протипожежних засобів, аптечки;
- при недостатній освітленості робочого місця та підходів до нього;
- у разі невиконання розпоряджень органів державного нагляду;

Працівник повинен особисто переконатися в тому, що всі необхідні заходи для забезпечення безпеки виконані. Про всі виявлені несправності та неполадки повідомити свого безпосереднього керівника і приступити до роботи тільки після їх усунення.

4.4 Вимоги охорони праці під час роботи

Підкорятися правилам внутрішнього трудового розпорядку, іншим документам, що регламентує питання дисципліни праці. Правильно застосовувати спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту. Не допускати до своєї роботи ненавчених та сторонніх осіб. Під час роботи слід бути уважним, не відволікатися від виконання своїх обов'язків та не відволікати інших працівників. Виконувати вимоги безпеки, викладені в інструкції з експлуатації установки очищення.

Слідкувати за роботою установки, періодично проводити візуальний огляд з метою виявлення пошкоджень, несправностей, порушень технологічного процесу. Пошкоджені елементи мають бути відремонтовані чи замінені. Усі ремонтні та сервісні роботи проводити лише після відключення електроенергії.

При роботі на установці забороняється:

- проводити самостійне розбирання та ремонт установки, вносити зміни до її конструкції чи регулювання;
- виконувати роботи без застосування необхідних ЗІЗ;
- залишати ввімкнену установку без нагляду;
- використовувати установку якщо вона вийшла з ладу;

- користуватися для очищення спецодягу стисненим повітрям, спрямовуючи при цьому шланг на себе чи інших;
- перевищувати допустиму несучу здатність і навантаження на ґратчастий настил та транспортну систему подачі оброблюваних деталей у камеру;
- проводити дробоструминну обробку виробів з легкозаймистими поверхнями;
- проводити дробоструминне очищення виробів, що лежать безпосередньо на ґратчастому настилі;
- направляти потік дробу безпосередньо на скребкові транспортери, настил та інші елементи камери;

Необхідно уникати різких згинів шлангів подачі дробу, перевіряти їх кріплення та цілісність.

Для запобігання виносу дробу з камери (системи) використовувати стиснене повітря для видалення дробу з очищених виробів.

4.5 Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

У разі виникнення несправності в роботі установки або загрози життю працівника негайно натиснути кнопку «Аварійний стоп» і доповісти про те, що сталося відповідальній особі. До усунення причин, що спричинили аварійну зупинку установки, її подальша експлуатація забороняється.

При виявленні на металевих частинах обладнання напруги (відчуття дії електроструму) необхідно відключити обладнання від мережі та доповісти своєму керівнику.

Негайно відключити обладнання від електромережі у таких випадках:

- сильне нагрівання електропроводів, електроапаратури, появи іскріння;
- обірваний заземлюючий провід;
- при виявленні дії електричного струму на корпусі;

Забороняється застосовувати воду та пінні вогнегасники для гасіння

електропроводок та обладнання під напругою. Для цих цілей використовуються вуглекислотні та порошкові вогнегасники.

В умовах задимлення та наявності вогню у приміщенні пересуватися вздовж стін, зігнувшись або повзком; для полегшення дихання рот та ніс прикрити тканиною, змоченою водою; через полум'я пересуватися, накрившись з головою верхнім одягом або покривалом, по можливості облитися водою, одяг зірвати або погасити.

При нещасному випадку негайно звільнити потерпілого від дії травмуючого фактора, дотримуючись власної безпеки, надати потерпілому першу допомогу, при необхідності викликати бригаду швидкої допомоги. Повідомити свого керівника та спеціаліста з охорони праці.

4.6 Охорона навколишнього середовища

При організації та виконанні робіт із дробоструминевої обробки металевих поверхонь необхідно здійснювати заходи з охорони навколишнього середовища. Ці заходи та роботи мають бути передбачені у проектній документації.

Також важливими є способи розміщення відходів виробництва, мають застосовуватися ресурсозберігаючі, маловідходні, безвідходні та інші прогресивні технології, що сприяють захисту навколишнього середовища, раціональному використанню та відтворенню природних ресурсів. У процесі виконання робіт не слід завдавати шкоди навколишньому середовищу.

Керівники підприємств, відповідальні за безпечне проведення робіт повинні:

- здійснювати систематичний контроль за дотриманням чинного законодавства, норм, інструкцій, наказів, вказівок у галузі охорони навколишнього середовища;

- включати у програми навчання всіх категорій робітників та відповідальних за безпечне ведення робіт питання щодо охорони навколишнього середовища та організувати проведення цього навчання.

Забороняється виконання робіт, що впливають на навколишнє

середовище, не передбачені проектною документацією, узгодженою та затвердженою в установленому порядку. При виконанні робіт необхідно організувати збирання та утилізацію відходів відповідно до діючих нормативно-технічних актів. Відходи виробництва повинні вивозитися до місць, призначених для їх складування.

Забороняється створення стихійних звалищ, закопування (поховання) у землю невикористаних матеріалів, тари. При навчанні та підвищенні кваліфікації робітників, керівного персоналу до складу навчальних програм обов'язково включати питання охорони навколишнього середовища: основні закони та нормативні документи, види відповідальності за порушення правил виконання робіт із заподіянням шкоди навколишньому середовищу. Керівники підприємств повинні здійснювати систематичний контроль за дотриманням чинного законодавства, норм, інструкцій, наказів у галузі охорони навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Дробоструменеве очищення сталевих виробів від окалини, іржі, пригару, формувальної землі, зварювального флюсу, старої фарби, механічних і окисних забруднень є вигідним і екологічно прийнятним способом абразивної обробки з метою підготовки поверхні металевих виробів машинобудування перед нанесенням захисних неметалічних покриттів, який ефективно можна і слід використовувати при виготовленні і ремонті сільськогосподарських машин.

2. Надійність і довговічність захисного неметалевого покриття на 80% залежить від якості підготовки металевої поверхні і лише на 20% від матеріалу захисного покриття.

3. Основними технологічними режимами дробоструменевого очищення є швидкість і кут атаки дробинками оброблюваної поверхні.

4. Експериментальні дослідження технологічного процесу дробоструменевого очищення від окалини проведені на металевих зразках, що пройшли нормалізаційний відпал з малоковуглецевої сталі 08, що широко використовується для виготовлення суцільнозварних конструкцій сільськогосподарських апаратів та машин.