

ВСТУП

Актуальність роботи. В даний час до автомобільного листа пред'являються високі вимоги щодо якості поверхні, що характеризується, в першу чергу, параметрами шорсткості поверхні. Перевищення певних критичних значень показників стану поверхні призводить до формування поверхневих дефектів. Для зниження ймовірності появи поверхневих дефектів необхідно регламентувати параметри шорсткості у вузьких межах, особливо авто кузовних деталей [1-3].

Висока щільність піків та рівномірна шорсткість поверхні є однією з основних умов гарної адгезії та високоякісного нанесення лакофарбових покриттів [4, 5].

Споживачі холоднокатаного листа пред'являють підвищені вимоги до фізико-механічних властивостей, якості обробки поверхні, точності геометричної форми та розмірів, що забезпечують якісну переробку прокату, тому для отримання конкурентоспроможної продукції потрібне вивчення технології отримання, а також умов підготовки технологічного обладнання [6-12].

Досвід освоєння високорентабельного прокатного виробництва показав, що не всі технічні рішення, спрямовані на підвищення якості поверхні одного виду прокатної продукції можуть бути використані для підвищення якості іншого з огляду на специфічні вимоги до стану їх поверхневого шару.

Вимоги до поверхні холоднокатаного листа за параметрами шорсткості забезпечуються попередньою підготовкою поверхні робочих валків дресирувальних станів:

- шліфуванням, що дозволяє отримати вихідну шорсткість [13-15];
- насічкою, що формує шорсткість поверхні валка та перенесення її на поверхню полоси, що прокочується [16-19].

Якість обробленої поверхні прокатних валків нерозривно пов'язана з впливом технології, одного з поширених способів обробки поверхні прокатних валків - дробеметної обробки (ДМО), станом обладнання дробеметної установки (ДМУ), режимами обробки і характеристик дробу на шорсткість поверхні, що насікається, а також репродукції цієї шорсткості лежить на поверхні холоднокатаного листа у процесі дресування [19-27].

Багато вчених наголошують, що на процес формування мікрогеометрії холоднокатаної смуги великий вплив має вихідна шорсткість прокатних валків, її зміна при зносі валків під час прокатки та репродукція шорсткості залежно від умов прокатки [28-41].

Формування мікрогеометрії поверхні смуги в процесі прокатки є складною комплексною проблемою, що включає питання нанесення шорсткості з необхідними параметрами на поверхню валків та аналіз умов формування мікрогеометрії поверхні смуги за рахунок віддрукованості вершин мікрорельєфу поверхні валків у поверхню смуги при холодній прокатці та дресированні [42-44].

Наразі вимоги зарубіжних та вітчизняних підприємств автомобілебудування до мікрогеометрії поверхні авто листа посилилися. А саме потрібна обов'язкова регламентація як висотних, так і крокових параметрів шорсткості поверхні.

Для забезпечення вимог автомобільних компаній, таких як «АВТОКРАЗ», відповідно до вітчизняних та зарубіжних стандартів, необхідно забезпечити шорсткість поверхні автомобільного листа за висотним показником шорсткості R_a в межах від 0,8-1,8 мкм. Закордонні автомобільні компанії, такі як BMW, Audi, Mercedes, Volkswagen, Renault, пред'являють обов'язкові вимоги і за кроковим параметром шорсткості, а саме необхідно забезпечити R_c , не менше 50 см^{-1} , а для лицьових деталей R_c , не менше 70 см^{-1} .

Виконані раніше численні наукові дослідження не завжди задовольняють новим стандартам якості поверхні автомобільного листа, крім того параметри шорсткості прокатних валків і дресированої смуги чутливі до змін умов виробництва. Тому проблема формування шорсткості на поверхні прокатних валків та перенесення її на поверхню холоднокатаної смуги є дуже актуальною.

Для задоволення вище перелічених вимог необхідні нові технічні та технологічні рішення, що дозволяють забезпечити виконання сучасних потреб автовиробників до висотних та крокових параметрів шорсткості поверхні авто листа. У зв'язку з цим, актуальним є проведення експериментальних досліджень залежностей формування шорсткості на поверхні прокатних валків і створення математичної моделі репродукції мікрогеометрії їх поверхні на смугу, що

прокочується, що дозволяє прогнозувати отримання необхідної шорсткості на поверхні смуги, що деформується.

Актуальність даної роботи викликана необхідністю розробки уточненої технології отримання автомобільного листа з регламентованими параметрами шорсткості та зміни конструкції обладнання для насічки поверхні прокатних валків дробом.

Об'єкт досліджень - холоднокатаний лист.

Предметом досліджень є механізм формування необхідної мікрогеометрії на поверхні прокатних валків та її репродукція на поверхню холодно катаного листа під час деформування.

Метою роботи є удосконалення конструкції обладнання для насічки валків дресирувальних станів дробом та коригування технологічних режимів обробки прокатних валків для підвищення якості поверхні холоднокатаного листа.

Для досягнення мети роботи необхідне вирішення *завдань*:

- Дослідити існуюче обладнання, що застосовується для насічки поверхні прокатних валків та вивчити механізм формування мікрогеометрії на його поверхні.
- Розробити технічні рішення, що спрямовані на модернізацію існуючого обладнання з метою зменшення розкиду параметрів шорсткості.
- Здійснити апробацію результатів, одержаних на зміненій конструкції дробеметної установки та дати практичні рекомендації щодо удосконалення технології підготовки поверхні робочих валків.

Наукова новизна роботи полягає в наступному: розроблено математичну модель формування висотного параметра шорсткості поверхні прокатного валка, що дозволяє уточнити опис процесу взаємодії в системі дріб - валок, і враховує пружну деформацію матеріалів і інструменту, і заготовки, а також стан вихідної шорсткості поверхні валка, і забезпечує отримання висотних параметрів 6-4,0 мкм.

Практичним шляхом встановлена необхідність звуження факела дробу, що обробляє поверхню прокатного валка, за рахунок зміни конструкції захисного корпусу дробемета і фіксації штор у вертикальному положенні, з урахуванням допустимої екрануючої дії та зміни кутів атаки дробу по відношенню до

поверхні штори в межах від 8° до 28° що призводить до отримання необхідних висотного та крокового параметрів шорсткості на поверхні валка.

Змінена конструкція ДМУ та скоригована технологія насічки поверхні валків дозволила отримати холоднокатаний лист 1-ої групи обробки поверхні з регламентованими параметрами шорсткості.

Практична значущість роботи полягає в тому, що на підставі отриманих теоретичних та практичних розробок, керування параметрами шорсткості на поверхні прокатного валка шляхом зміни технологічних параметрів дробеметної обробки з метою збільшення частки випуску автомобільного листа 1-ої групи обробки поверхні.

Методологія та методи дослідження. Теоретичні та практичні дослідження одержання необхідної шорсткості на поверхні прокатного валка виконані на основі моделювання процесу формування його мікрогеометрії з використанням елементів теорії пружності та пластичності, на лабораторному та заводському обладнанні. Обробка результатів експериментів проводилася за допомогою оригінального програмного забезпечення та програмного пакету Excel, MathCAD.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.2 Стан поверхневого шару як фактор якості прокатної продукції

Вимоги до якості металопрокату, що постачається на машинобудівні заводи, визначається технологією подальшої переробки. Стан поверхневого шару дуже впливає на експлуатаційні властивості деталей машин [4, 17, 29, 36].

До характеристик поверхневого шару відносяться шорсткість поверхні, наявність мікрodefektів, глибина і ступінь зміцненого шару (наклепу), величина і знак залишкових напруг, наявність або відсутність окалини та окисних плівок на поверхні.

З досвіду металургійних та машинобудівних підприємств відомо, що стан поверхневого шару визначає багато в чому здатність до витяжки, контактну жорсткість, зносостійкість, статичну та циклічну міцність, опір корозійному розтріскуванню, відбивну здатність, магнітні властивості, адгезію з різного роду покриттями, зовнішній вигляд покриття або фарбування та інші показники в залежності від її призначення.

Одним з основних факторів, що впливають на штампування, є стан поверхневого шару деталей машин. Технологія виготовлення штампованих виробів полягає в штампуванні деталей та нанесенні антикорозійних покриттів.

Якість металопрокату з покриттям переважно залежить від шорсткості поверхні металу. Експерименти показали, що кращою є середня шорсткість, а обробки з отриманням дуже гладкої поверхні (з параметром шорсткості менше 0,5 мкм) слід уникати. Для виготовлення прокату відносно грубою поверхнею (з висотою виступів мікрорельєфу до 8,9 мкм) можна використовувати шліфування. Однак при такій обробці шорсткість поверхні металопрокату відрізняється як в осьовому напрямку, так і по колу. Тому такі поверхні бажано отримувати іншими способами, такими як електро-імпульсна, магнітоабразивна, дробеметна та інші види обробки.

Шорсткість поверхневого шару металопрокату впливає і на технологію подальшої переробки листа. Відомо, що високі піки мікрорельєфу підвищують витрату покриття і можуть призвести до перфорації покриття при штампуванні виробу [21-25].

У більшості з них наголошується, що розвинена шорсткість поверхні листового прокату з великою щільністю піків надає йому кращої штампування. Вченими вивчено вплив різних факторів, у тому числі стану поверхневого шару на штампування при виконанні різних операцій штампування [10].

При зниженні шорсткості поверхні збільшується межа витривалості, зносостійкості та опір поверхневого фарбуванню [21-25]. Щоб забезпечити отримання заданої шорсткості, необхідно керувати процесом обробки, навіщо необхідно знати його основні закономірності.

Резерв пластичності при випробуванні за Енгельгардом також залежить від характеру обробки поверхні. Зі збільшенням шорсткості поверхні величина резерву пластичності зменшується при випробуванні листів без покриття, і збільшується при випробуванні листів.

Вплив структури шорсткого шару на відбивну здатність зазначається у роботах [17-23]. Ступінь відображення варіюється в залежності від способу обробки: шліфування, полірування, доведення пастою, обробки дробом та інших способів.

Для підвищення коефіцієнта відображення рекомендується поверхня стрічки прокатої у валках, насічених дрібним дробом. Сформована в таких валках поверхня характеризується високою ізотропією шорсткості та збільшеним коефіцієнтом відбиття на 3...5% порівняно з поверхнею стрічки, прокатої полірованих валках.

За даними [35] мікрогеометрія поверхні впливає на розподіл контактної напруженості, особливо при контакті низько модульних матеріалів.

На стан поверхневого шару істотно впливає величина зміцненого шару [36-42]. Формування на поверхні металопрокату зміцненого шару підвищує механічні характеристики та збільшує стійкість поверхні.

Вченими пропонується безліч різних методів по зміцненню поверхневого шару, такі як обробка роликками, алмазне вигладжування, насічка вільним абразивом, дробометне і дробоструминне зміцнення, електроерозійна обробка [10, 25].

На поверхні гарячекатаного металу утворюються окалина та окисні плівки, які потребують додаткового очищення. Для очищення поверхні від окалини

застосовують травлення смуги, гідроабразивний метод, видалення окалини за допомогою дробу [37].

У деяких випадках для видалення оксидів з поверхні, а також для отримання відносно низької шорсткості поверхні, що обробляється застосовують шліфування. Однак цей спосіб є дорогим. До недоліків такого методу можна віднести шаржування поверхні фрагментами абразивних зерен. Застосування ударно-зміцнювальних технологій дозволяють отримати поверхні з невеликими величинами шорсткості з високою щільністю виступів мікропрофілю [38].

На стан поверхневого шару металопрокату впливає наявність та характер розподілу залишкових напружень [28]. Вченими доведено, що зміна залишкового напруження розтягування на залишкові напруження стиску, створює сприятливі умови підвищення стійкості мікрорельєфу в процесі експлуатації металопрокату.

За даними робіт [2, 34] збільшення фактичної площі контакту покриття з основою рекомендується високий рівень шорсткості з безліччю зачепів, гострих заглиблень і виступів.

На металургійних заводах поширені методи формування поверхневого шару листового прокату, звані «шорсткі кишені». Такі поверхні виходять після прокатки у валках, підданих магнітно-абразивної або дробеметної видів обробки, а також оброблені тертям та вібро-обкатуванням. Вони характеризуються наявністю щодо глибоких западин з великим кроком і розташованої між ними шорсткості з малим кроком та меншою висотою мікронерівностей [120-128].

Залежність змочуваності поверхні прокату з його шорсткості встановлена дослідженнями [9, 17]. Найкращу змочуваність технологічними рідинами дають ділянки металопрокату з шорсткістю $Ra=2$ мкм. Аналогічний зв'язок є між структурою шорсткого шару прокатної продукції та її споживчими властивостями, що визначаються багато в чому здатністю до витяжки при штампуванні, контактною жорсткістю, зносостійкістю, статичною та циклічною міцністю, опором корозійному розтріскуванню, відбивною здатністю, магнітними властивостями видом продукції після фарбування чи нанесення покриття та іншими показниками залежно від її призначення.

Рівномірність покриття залежить від густини мікрорельєфу на поверхні основного металу. При густині піків 20...25 на 10 мм довжини мікропрофілю

з'являються напливи та пористість покриття. Зі збільшенням густини мікровиступів до 50...70 на 10 мм довжини мікропрофілю вихідної поверхні такі дефекти не спостерігаються. Однак гладка поверхня небажана, оскільки до такої поверхні пристає покриття [4, 5].

Формування мікрогеометрії поверхні смуги в процесі прокатки є складною комплексною проблемою, що включає питання нанесення шорсткості з необхідними параметрами на поверхню валків і аналіз умов формування мікрогеометрії поверхні смуги за рахунок друку вершин мікрорельєфу поверхні валків на поверхні смуги при холодній прокатці і дресируванні [3, 8, 38].

Задоволення вимог до мікрогеометрії поверхні холоднокатаних смуг неможливе без глибшого теоретичного дослідження та математичного опису процесу її формування при прокатці [38].

При гладкій поверхні смуги та шорсткої поверхні робочого інструменту формоутворення мікрорельєфу прокату відбувається шляхом заповнення мікрозаглиблень на поверхні валка металом, що деформується. Глибина затікання металу в мікровпадини поверхні валка при проходженні смугою вогнища деформації визначає величину та форму її шорсткості після прокатки. При малих обтисненнях мікровиступи поверхні валка, проникаючи у поверхню смуги, створюють у ньому поглиблення [2, 12].

При проходженні шорсткої смуги між гладкими валками механізм формування мікрорельєфу інший - в осередку деформації відбувається зминання мікровиступів вихідної поверхні металу.

Прийнята спрощена схема аналізу не враховує деформації зсуву металу, неоднорідність деформації, можливість появи застійних (мертвих) зон металу, впливу сусідніх мікрозаглиблень та інших факторів. Зокрема, через значні локальні деформації в тонкому контактному шарі металу, що прокочується, що виникають при взаємодії мікронерівностей поверхонь валків і смуги, ступінь зміцнення цього поверхневого шару значно вищий, ніж зміцнення металу у всьому обсязі. Необхідно мати на увазі, що пластична деформація мікронерівностей зумовлює додаткове збільшення температури поверхневого шару в порівнянні з середньо об'ємною температурою металу. Цей ефект помітніше проявляється при прокатці з малими обтисканнями (дресирування) [2,

8, 16, 45].

У виробничих умовах при прокатуванні тонких смуг і листів їх мікрорельєф формується, як правило, за схемою, що поєднує в собі процеси вдавлювання мікровиступів поверхні валків і зминання нерівностей поверхні металу, що деформується, на початковій ділянці вогнища деформації, і далі закінчення металу в мікрозаглиблення поверхні валка.

Переходячи від розгляду формозмін окремих мікронерівностей до розгляду закономірностей деформування всієї сукупності нерівностей, слід відзначити ефект взаємного впливу суміжних мікровиступів і мікровпадин через «фундамент», на якому вони розташовані [12, 41, 42]. При значних деформаціях збільшуються розміри підстави мікровиступів, що зминаються, а дрібні мікрозаглиблення, розташовані поряд з виступом, заповнюються металом. В результаті спостерігається підйом матеріалу на частині профілю, що не контактує, прилеглої до деформованих мікронерівностей. Отже, взаємний вплив прилеглих мікронерівностей при їх спільному деформуванні проявляється в тому, що матеріал, що практично видавлюється змінює вихідний профіль поверхні.

Дослідження процесу дресування смуг з маловуглецевої сталі свідчать про те, що він істотно відрізняється від традиційного процесу прокатки, оскільки поверхня робочих валків дресувальних станів характеризується більш розвиненою шорсткістю і відсутністю мастильного матеріалу на ній. Відповідно процес дресування реалізується при високих коефіцієнтах тертя в осередку деформації приблизно на порядок вище, ніж при холодній прокатці смуг.

Процес дресування характеризується малими величинами обтискань зазвичай не перевищують 3%, а відповідно і малими значеннями довжини дуги контакту валка з смугою, що дресується. Мала протяжність дуги контакту і висока контактна напруга, необхідна для пластичної деформації смуги, викликають ефект сплющування поверхні валка при контакті зі смугою. Це дозволяє вважати форму контактної поверхні не дугоподібною, а плоскою, що підтверджується експериментальними дослідженнями В.Л. Робертса та М.Д. Стоуна.

Спроби перенесення математичних залежностей, отриманих для опису

процесу прокатки, на процес дресування призводить до результатів, які істотно відрізняються від експериментальних значень.

Розробка математичних співвідношень, що пов'язують між собою різні параметри дресування, безсумнівно, послужать проектувальникам при створенні нових та модернізації існуючих дресувальних станів і операторам для отримання регламентованого мікрорельєфу смуги, що дресується.

Таким чином, стан поверхні прокатної продукції, і насамперед її мікрогеометрія, є найважливішим показником її якості. Випуск високоякісної продукції незмінно пов'язаний із проблемою формування регламентованої структури її шорсткого шару відповідно до споживчих властивостей. Це є важливим, але вирішуваним завданням металургійних заводів для випуску конкурентоспроможної продукції та завоювання визнання на ринку збуту.

1.2 Загальні вимоги до якості поверхні автомобільного листа

Споживачі холоднокатаного листа пред'являють підвищені вимоги щодо фізико-механічних властивостей, якості обробки поверхні, точності геометричної форми та розмірів, що забезпечують якісну переробку прокату [6-11].

Висока щільність піків та рівномірна шорсткість поверхні є однією з основних умов гарної адгезії та високоякісного нанесення лакофарбових покриттів [4-6].

Автолист 1-ої групи обробки поверхні виготовляється у відповідності до вимог ГОСТ 9045-93 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Характеристика якості обробки поверхні, відповідно до ГОСТ 9045-93

Стан поверхні	Характеристика стану обробки поверхні	Характеристика якості поверхні
Глянцева	Шорсткість Ra, не більше 0,6 мкм	На лицьовій стороні прокату не допускаються дефекти, крім окремих рисок та подряпин завдовжки менше 20 мм.
Матова	Шорсткість Ra, не більше 1,6 мкм	

Шорстка	Шорсткість Ra, більше 1,6 мкм	На звороті прокату не допускаються дефекти, глибина яких перевищує 1/4 суми граничних відхилень по товщині, а також плями забруднень
---------	-------------------------------	--

Європейським документом, що регламентує якість поверхні холоднокатаного листа, є стандарт DIN 1623.1-83 (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Стандарт DIN 1623.1-83, що регламентує якість поверхні холоднокатаного листа

Стан поверхні	Позначення	Характеристика стану обробки поверхні
Особливо гладка	B	Шорсткість Ra, не більше 0,4 мкм
Гладка	J	Шорсткість Ra, не більше 0,9 мкм
Матова	M	Шорсткість Ra = 0,6-1,9 мкм
Шорстка	R	Шорсткість Ra, більше 1,6 мкм

Одночасно враховуються конкретні вимоги споживачів (ПрАТ «АВТОКРАЗ» та ін.).

1.3 Вплив способу формування мікрогеометрії поверхні інструменту на шорсткість холоднокатаного листа

На отримання якісного холоднокатаного листа з високими споживчими властивостями впливає вихідна шорсткість поверхні прокатних валків, а також зміна її в процесі прокатки.

В даний час застосовують ряд способів отримання шорсткості на поверхні валків, відповідно до експлуатаційних вимог, що пред'являються до валків, а також якості металопрокату. Найбільш широко застосовуються: дробометний, електроерозійний, електронно-променевий, лазерний. Залежно від способу, що застосовуються, параметри мікрогеометрії істотно відрізняються один від одного. Це зумовлено фізичними явищами процесу формування профілю шорсткості, властивими кожному способу [10, 22, 28,3 9,].

Дробометний спосіб (ДМС)

Насікання поверхні прокатних валків дробом в даний час широко застосовується в прокатній промисловості, як в Україні, так і за кордоном. Цей спосіб дозволяє отримувати дуже широкий діапазон шорсткості поверхні прокатних валків $Ra=1,5-6,0$ мкм [22, 26, 28, 34].

Отримання ізотропного та відносно стійкого мікрорельєфу, що забезпечує підвищення загальної зносостійкості поверхневого шару, досягають застосування дробометної обробки. Насікання поверхні прокатних валків дробом практично повністю видаляє з неї фрагмента абразивних зерен, що залишилися після операції шліфування, «заліковує» зародки, що утворилися на поверхні мікротріщин, підвищує експлуатаційні характеристики поверхневого шару за рахунок його зміцнення та формування квазірегулярного мікрорельєфу поверхні. У процесі експлуатації відбувається вирівнювання ступеня наклепу по всьому перерізу мікровпадини, що забезпечує рівномірність зносу мікрорельєфу.

Обробка профілограм, знятих з поверхні валків після дробометної обробки показала, що розподіл валкового матеріалу в шорсткому шарі займає проміжне значення між шліфованою та полірованою поверхнями.

Характер розподілу залишкових напружень показує, дробометна обробка змінює залишкові напруження, отримані при шліфуванні, на залишкові напруження стиску. Поєднання підвищеної твердості поверхні з залишковою напругою стиску створює сприятливі умови для підвищення стійкості мікрорельєфу в процесі експлуатації прокатних валків.

Крім того, дробометна обробка є високопродуктивним та низько вартісним процесом. Час насічення поверхні валків не змінюється при різних параметрах шорсткості поверхні валків.

Дробометна обробка є єдиним процесом, який протікає нижче за температуру рекристалізації, при цьому відбувається механічне зміцнення мікрорельєфу, а не перезагартування, як в інших способах.

Лазерний спосіб (ЛЗ)

Лазерний спосіб дозволяє отримати шорсткість поверхні прокатних валків Ra , до 10 мкм із щільністю піків мікровиступів $40-420$ см⁻¹ залежно від потужності лазера та фокусування променя [17].

За допомогою лазерної обробки створюється повторювана через рівномірні інтервали картинка шорсткості. При цьому виявляються однакові відстані між усіма западинами в поздовжньому напрямку та всіма западинами в тангенціальному напрямку на валку. Нормальними вважаються середня глибина западин 2,5-5 мкм і діаметр западин 100 мкм. Відстань між западинами варіюється в залежності від параметра шорсткості в межах 200-300 мкм.

Матеріал і твердість поверхні робочих валків на процес обробки не мають значення. Тривалість обробки одного валка залежить від числа і глибини западин, що утворюються, а також корисної потужності лазера. При потужності лазера 1,5 кВт процес обробки становить середньому 50 хв. Даний спосіб має істотний недолік, через який не отримав широкого поширення-коефіцієнт корисної дії лазерів, що застосовуються для обробки, не перевищує 5%, а також складність енергетичного забезпечення процесу.

Електронно-променевий спосіб (ЕПС)

Електронно-променевий спосіб обробки поверхні прокатних валків дає можливість отримати широкий діапазон параметрів шорсткості в залежності від фокусування променя. Досяжна шорсткість валка не залежить від його твердості. Тривалість обробки одного валка залежить від шорсткості, що надається, тобто. розміру утворюються западин, і становить 30-40 хв [39].

Електронно-променевим способом можна отримувати як детерміновані, і стохастичні поверхневі структури. Глибина западин доволно варіюється в діапазоні 0-50 мкм.

Даний спосіб характеризується можливістю варіювання поєднанням різних параметрів шорсткості, але складність обладнання, не висока надійність його використання, а також великий дисперсійний розкид параметрів шорсткості на різних ділянках поверхні прокатного валка не дають можливості широкого використання.

Електроіскрове легування

Цей вид обробки має деяку схожість з електроерозійною обробкою, проте при електроіскровому легуванні процес здійснюється в повітряному середовищі при зворотній полярності електродів (деталь є катодом, а електрод - анодом).

Залежно від режимів обробки, в результаті дискретного перенесення

матеріалу електрода на поверхні деталі утворюються ділянки, що мають різні показники шорсткості.

Застосування електроіскрового легування для обробки поверхні прокатних валків дозволяє шляхом підбору матеріалу легуючого електрода одержати на робочій поверхні валка шорсткий шар із щільністю піків $59-61 \text{ см}^{-1}$ [43].

До основних недоліків способу, що застосовується, можна віднести низьку продуктивність процесу, складність отримання рівномірної шорсткості.

Електроерозійний спосіб (ЕЕС)

Даний спосіб полягає у створенні електричних розрядів між валком та електродами, встановленими на певній відстані від нього. У місцях дії розрядів на оброблюваній поверхні утворюються мікрозаглиблення, які, накладаючись один на одного, формують мікрорельєф поверхні [25,38,43,48,59,102,135].

При здійсненні способу ЕЕС спостерігається пряма залежність між тривалістю обробки і величиною шорсткості поверхні, що обробляється. При невеликих величинах шорсткості тривалість обробки порівняно велика внаслідок низької щільності струму. При шорсткості валка $Ra = 2-3 \text{ мкм}$ тривалість ерозії становить близько 20 хв, і зі зменшенням шорсткості до 1 мкм час обробки збільшується вдвічі і більше. Перевагою способу ЕЕС є можливість обробки твердих валків, так як твердість і оброблюваний матеріал валка не впливає на процес обробки.

При електроерозійному текстуруванні поверхні валків спостерігається скорочення числа піків мікрорельєфу зі збільшенням параметра шорсткості Ra .

Випробування показали, що при шорсткості поверхні $Ra=2 \text{ мкм}$ Pt становить 94 см^{-1} , при $Ra=257 \text{ мкм}$, Pt зменшується до 82. Даний спосіб дозволяє отримати в широкому діапазоні значення $Ra=0.5-18 \text{ мкм}$ [43].

У таблиці 1.3 зведено найбільш значущі параметри різних способів обробки поверхні прокатних валків.

Аналізуючи дані таблиці, можна зробити висновок, що поряд з дробометною обробкою широко використовується електроерозійне текстурування, особливо для лицьових кузовних деталей, де потрібні регламентовані показники шорсткості Ra та Pc

Таблиця 1.3 – Порівняльні характеристики різних способів обробки поверхні прокатних валків

Параметр обробки	Спосіб обробки поверхні прокатних валків			
	ДМО	ЕРТ	ЛТ	ЕЛТ
Форма мікронерівностей	трикутні, трапецевидні	кратери	кратери	кратери
Діапазон висотного параметра шорсткості Ra, мкм	1,5-6	0,5-10,0	0,8-10,0	0,5-20,0
Діапазон крокового параметра шорсткості Rc, см ⁻¹	50-70	50-150	50-100	50-150
Залежність Між Ra п Rc	залежать	залежать	залежить значно	залежать незначно
Характер розміщення мікронерівностей	випадковий	випадковий	детермінований	детермінований
Продуктивність обробки	висока	середня	мала	середня
Протікання процесу	проходить механічний наклеп	відбувається перезагартування	відбувається перезагартування	відбувається перезагартування
Енергозабезпечення процесу	низьке	високе	дуже високе	дуже високе

Але через свої переваги, дробеметна обробка залишається найбільш використовуваним способом формування мікрорельєфу на поверхні прокатних валків, для отримання необхідної шорсткості на поверхні не лицьових деталей автомобілів.

1.4 Вплив конструкції та стану дробеметного обладнання на формування факела дробу

Дробометні апарати широко використовуються для отримання необхідної мікрогеометрії на поверхні прокатних валків, а також застосовуються в заводських умовах для очищення виливків, поковок, штампованих виробів та листового матеріалу з товщиною стінок понад 5 мм від окалини, іржі, формувальної суміші, землі (рис. 1.1).

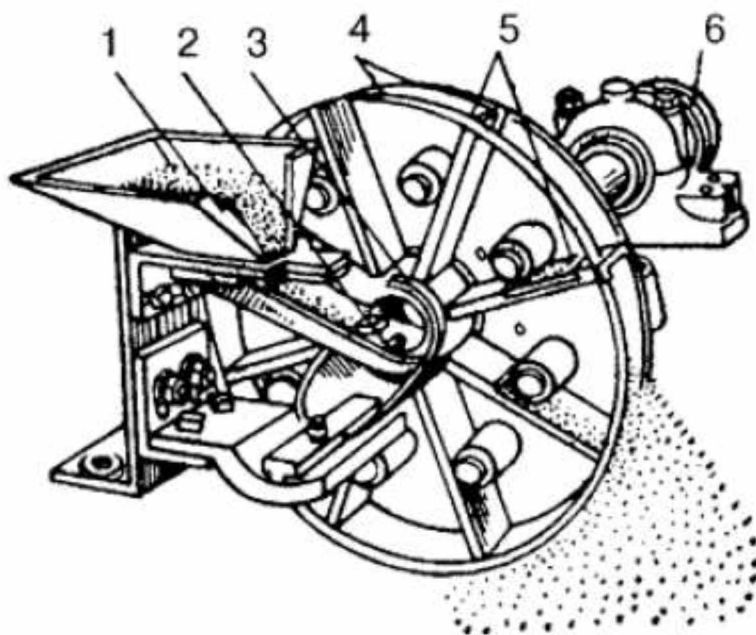


Рис. 1.1 – Дробометний апарат: 1 - завантажувальна вирва; 2-розподільне колесо (імпелер); 3-ротор; 4-диски ротора; 5-лопатки ротора; 6-електродвигун

Незважаючи на відмінність конструкцій, та габаритів дробометних установок, вони мають загальний пристрій і складаються з наступних основних елементів: пристосування для подачі виробів під струмінь дробу (столи, візки, конвеєри), дробометного апарату, системи циркуляції відпрацьованого дробу та системи сепарації дробу (сита, магнітні, повітряні чи електронні сепаратори).

У дробометному апараті дріб з бункера потрапляє в імелер (турбінку), лопаті якого, обертаючись навколо осі, пересувають дріб до вікна, через яке вона потрапляє на лопатки ротора і звідти з великою швидкістю на виріб, що очищається. На відміну від дробоструминних апаратів у дробометних апаратах дріб викидається з великою швидкістю (70-80 м/с), в результаті чого вона надає

не тільки сколюючий, а й частково абразивний вплив на поверхневий шар металу, що очищається.

Основним вузлом дробеметного апарату є ротор, що має вісім або рідше чотири лопатки. Ротор закріплюється між двома кришками і отримує обертання електродвигуна. Дріб завантажується в приймальну лійку, звідки через розподільну камеру вона подається на лопатки ротора.

Дробеметні апарати в порівнянні з піскоструминними, характеризуються більш високою продуктивністю при меншій витраті енергії. Вони створюють меншу запиленість і дозволяють механізувати та автоматизувати процеси очищення. Основним недоліком їх є неможливість обробки тонкостінних виробів та виробів складної конфігурації.

Якість насічки робочих валків, одержуваних на вітчизняних металургійних підприємствах у дробеметних установках з використанням чавунного та сталевих дробів різних фракцій, залежить від розмірів фракцій та їх діапазону у струмені дробу, що подаються на поверхню бочки валка. У свою чергу ефективність роботи дробеметної машини вирішальною мірою залежить від надійності роботи сепаратора дробу, що входить до її складу. Сітчасті сепаратори, що застосовуються в дробеметних машинах, недовговічні і мають низький рівень надійності, оскільки сітки швидко засмічуються та зношуються. Відновлення зношеного сітчастого сепаратора вимагає великих витрат, пов'язаних із виготовленням або закупівлею за кордоном дорогих зносостійких деталей та вузлів.

При дробеметній обробці на висотні крокові параметри шорсткості поверхні валка впливають: фракція дробу, швидкість удару дробу, подача та число подвійних проходів. Найбільший вплив мають фракція і швидкість дробу. Причому розмір дробу надає більш інтенсивний вплив на параметри шорсткості, що формується [13].

Автори [24] у дробеметній камері фірми STEM пропонують виконати колесо з прикріпленими лопатками, що складається з динамічно збалансованого шківа тертя. Ці лопатки, виконані з чавуну Crom-Hard, що важко стирається, і збалансовані з точністю $\pm 2,5$ г, направляють дріб (відцентрово) на заготовку, що піддається обробці.

Ротор захищений чавунною футеровкою Ni-Hard/Crom-Hard, яка захищена корпусом із сталевих товстих плит. Кожен ротор має відповідну приводну одиницю. Обслуговування полягає в зміні лопаток, що зношуються, і футеровки [47].

Авторами [48] було розглянуто вплив при зміні кутів атаки дробу оброблюваної поверхні в межах 30-90°. З отриманих даних можна зробити висновок, глибина наклепу поверхні обробленим дробом при куті атаки 90° вдвічі більше, ніж при куті атаки 30°.

1.5 Вплив характеристик дробу і режимів насічки валків на шорсткість поверхні, що насікається

Незважаючи на велику кількість методів поверхнево-пластичного деформування, що застосовуються для обробки прокатних валків, найбільшого поширення набули дробеметна і дробеструминна обробка. Дослідники підкреслюють, що насікання валків дробом продуктивна, ефективна, дозволяє вирішувати багато завдань. Зі збільшенням фракції дробу шорсткість збільшується, що пов'язано з тим, що дріб великих розмірів має велику масу, а отже, велику кінетичну енергію. При ударі об поверхню валка великий дріб впроваджується на велику глибину, а розмір дробу впливає на об'єм витісненого з мікролунки матеріалу.

Одним з найбільш широко змінних режимів дробеметної обробки є швидкість польоту дробу. На дробеметній установці швидкість регулюється швидкістю обертання турбіни, що кидає дріб.

Швидкість ротора дробемета змінювали від 300 до 2000 об/хв. Шорсткість валків зростає зі збільшенням розміру частинок дробу і швидкості дробинки, що летять (рис. 1.2). Так, при використанні дробу однієї фракції збільшення швидкості дробеметного колеса на 100 - 200 об/хв призводить до зростання шорсткості поверхні валка на 0,4 - 0,6 мкм, що пов'язано зі зміною кінетичної енергії впровадження окремих дробинки в тіло валка. Збільшення розміру дробу до 0,3 - 0,4 мм при однаковій швидкості обертання дробеметного колеса також підвищує шорсткість на 0,5 - 0,6 мкм.

Встановили, що для звичайно використовується рівня твердості валків (90 -

94 HS) навіть при максимальних швидкостях ротора дробемета неможливо досягти шорсткості 8,6 мкм, яка була необхідна для виробництва емальованих виробів (ванн).

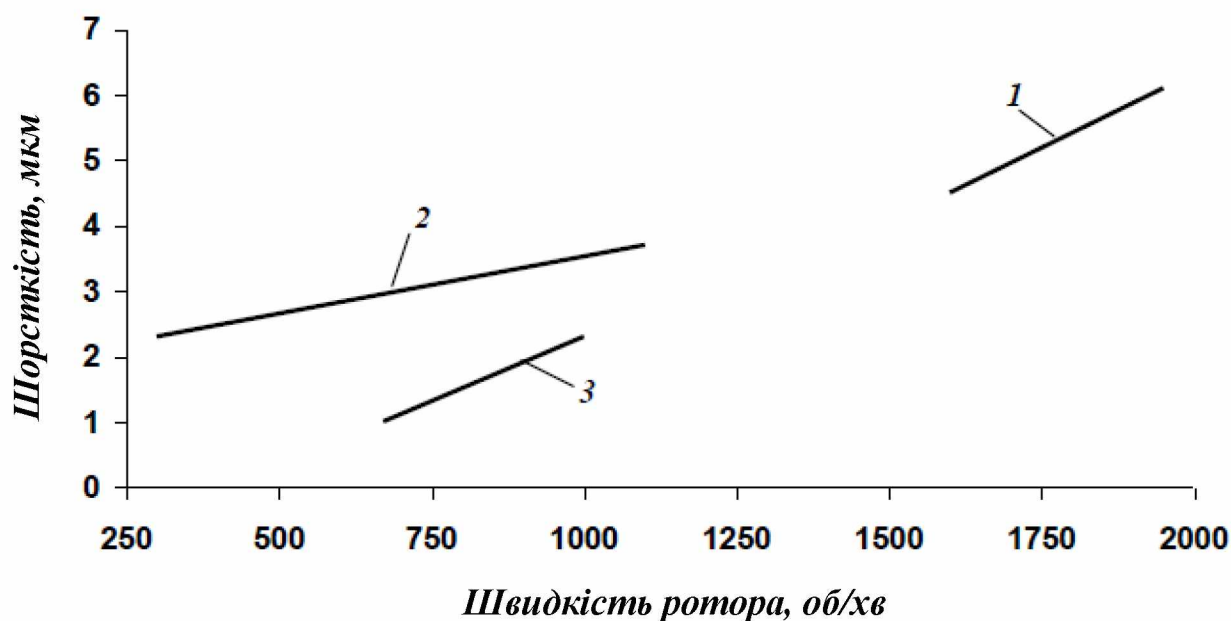


Рис. 1.2 – Залежність шорсткості валків від швидкості ротора та фракцій дробу: 1 - 0,9-1,4 мм; 2 - 0,6-0,9 мм; 3 - 0,3-0,5 мм

Необхідного рівня шорсткості досягли при використанні валків із твердістю 88 - 89 HS. Зміна шорсткості насичених валків від твердості та фракцій дробу (рис. 1.3) показує, що зниження твердості на 3 - 4 HS збільшує Ra на 0,4 - 0,5 мкм.

Оскільки шорсткість двох валків при незмінному режимі насічки залежить, головним чином, від їхньої твердості, необхідний ретельний контроль під час підбору комплекту.

Отримані дані показали нерівномірний характер мікрогеометрії поверхні, що пояснюється присутністю у кожній фракції дробинки суміжних фракцій, оскільки класифікатор дробеметної установки працює незадовільно. Ця обставина не дозволяла отримати ідентичні результати при тому самому режимі насічки. Максимальний розкид шорсткості за довжиною бочки становив 0,6 мкм.

Про зміну шорсткості валків під час їхньої роботи судили щодо зміни мікрогеометрії смуги. На валках, підготовлених за досвідченими режимами, виконували дресування металу за існуючими режимами та вимірювали

шорсткість смуг. Було відібрано понад 1500 зразків, за вимірами визначили зміну шорсткості готового прокату в залежності від кількості прокатоного металу (рис. 1.4) [135].

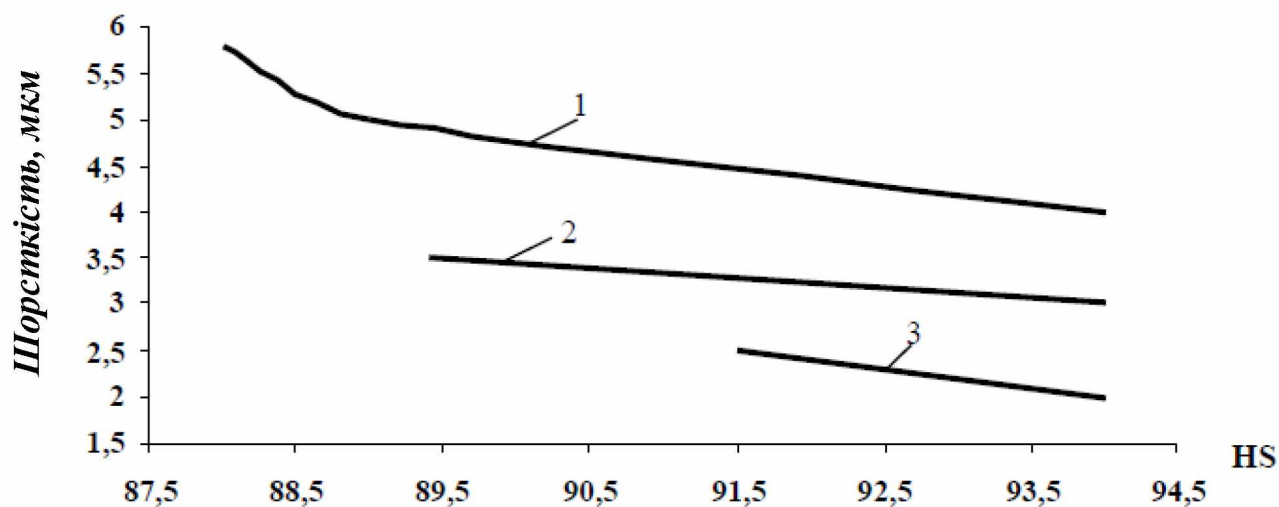


Рис. 1.3 – Залежність шорсткості валків від величини твердості та фракцій дробу: 1 - 0,9-1,4 мм; 2 - 0,6-0,9 мм; 3 - 0,3-0,5 мм

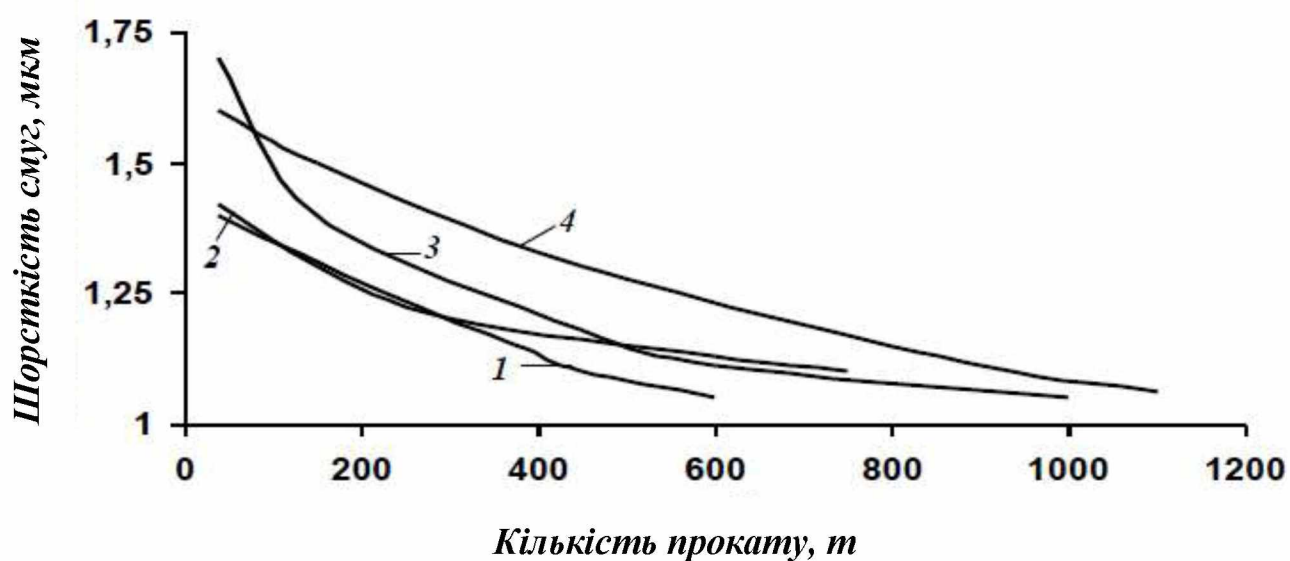


Рис. 1.4 – Зміна шорсткості смуги від кількості прокатоного металу та шорсткості валка: 1 - 1,0-1,6 мкм; 2 - 2,0 мкм; 3 - 2,5 мкм; 4 - 3,0 мкм

Шорсткість поверхні після дробеметної обробки залежить, крім режимів обробки, а також від шорсткості вихідної поверхні (після шліфування). Це явище – зникнення вихідного мікрорельєфу та поява якісно нового після обробки дробом – називають засіканням мікрорельєфу [44].

Вирішальний вплив на формування необхідної шорсткості смуг при холодній прокатці надає якість насічки робочих валків, що здійснюється на вітчизняних металургійних підприємствах у дробеметних установках з використанням колотого чавунного дробу різних фракцій.

Виконане у зв'язку з цим дослідження [2, 32] режимів насічки валків показало, що якість насічки залежить від розмірів фракцій та їх діапазону у струмені дробу, що подається на поверхню бочки валка.

Встановлено, що найбільш рівномірна шорсткість поверхні валка досягається при використанні дробу з вузьким діапазоном фракцій 1,0-1,4 мм. У цьому випадку на бочці валка забезпечувалися такі показники шорсткості: $Ra=2-3$ мкм; $Rc(1,3) \approx 50$ піків на 1 см довжини, причому у всіх точках вимірів виходили близькі значення зазначених параметрів.

Ряд вимірювань провели на валках, насічених дробом, що містять суміш дрібних і великих фракцій (від 0,2 до 1,4 мм). Вказана суміш утворюється в дробеметній установці з несправним сепаратором (класифікатором) дробу, призначених для відсіву дрібних частинок, що утворюються через руйнування більших фракцій під впливом ударного навантаження.

Валки, насічені зазначеною сумішшю, мали нерівномірну шорсткість: блискучі ділянки (плями) з шорсткістю $Ra=1,0-1,5$ мкм і матові ділянки з шорсткістю $Ra=2,0-3,5$ мкм, причому показник Rc на 20-ти проконтрольованих валках знаходилися в діапазоні 20-30 піків на 1 см. На валках з такою якістю насічки прокатати смугу з необхідними параметрами шорсткості неможливо. Щоб згладити нерівномірність насічки валків при використанні суміші дробу різних фракцій, доводиться збільшувати кінетичну енергію струменя повітря дробу шляхом доведення швидкості обертання ротора дробемета до 2400-2600 об/хв, що сприяє інтенсивному розколюванню великих частинок на дрібні та дрібніші. Якісно просіяний дріб, без дрібних фракцій забезпечує ефективне насікання валків при майже вдвічі менших швидкостях обертання ротора (1500-1600 об/хв) внаслідок чого витрата дробу істотно зменшується.

Таким чином, ефективність роботи дробеметної установки вирішальною мірою залежить від надійності роботи сепаратора дробу, що входить до її складу.

Слід зазначити, деякі закордонні фірми формують шорсткість валків в

електроерозійних установках, які потребують використання дробу. При цьому відпадає проблема надійності розсіву дробу на фракції та забезпечується розподіл мікронерівностей на поверхні бочки з рівномірними кроковими та висотними параметрами.

Формування нового мікрорельєфу на поверхні валка залежить не тільки від розмірів дробу та швидкості удару, а й від числа проходів факела дробу над поверхнею, тобто кількості ударів дробинок на одиницю площі.

У процесі дробеметної обробки енергія дробу витрачається на змінання мікронерівності вихідної поверхні і на впровадження в основний матеріал валка. Якщо енергії дробинки недостатньо для повного змінання мікро виступів, остаточний мікрорельєф є наслідком часткового спотворення початкового профілю. Такий процес формування шорсткої поверхні відповідає неповній забивності вихідного мікрорельєфу. Отже, облік вихідного мікрорельєфу поверхні робочого прокатного валка, що насікається, є обов'язковим. Формування результуючої шорсткості валка можна як результат взаємодії дробу з шорстким шаром матеріалу валка [43].

За даними роботи [34, 44] запропоновано рішення, в якому пляма контакту дробу з поверхнею валка апроксимована гіперболічною залежністю, що дозволяє отримувати задовільні дані щодо взаємодії дробу з поверхнею валка, але ускладнює ув'язувати гіперболічну апроксимацію форми дробу з її розмірами, тобто. фракцією дробу. Це призводить до невизначеності у виборі постійної гіперболи під час використання дробу різної фракції. Тому переважним є описувати форму литого дробу довільною залежністю з апроксимацією її у вигляді еліпса або кулі, а колотою-гіперболоїдом обертання.

При дробеметній обробці валка вплив на поверхню визначається ударом дробинок. При цьому відбувається пластичне та пружне деформування валкового матеріалу, в результаті якого утворюється лунка, а частина матеріалу видавлюється, утворюючи «наплив».

Крім того, у формулі авторів, роботи [2, 44] враховується пружна деформація форми дробу, але не враховується пружна деформація матеріалу валка і вид вихідної шорсткості поверхні валка.

Облік цих факторів, безперечно, дозволить уточнити опис процесу

взаємодії дробу з поверхнею валка.

Велику щільність піків шорсткості порівняно з литим дробом забезпечує колотий дріб, який також дозволяє збільшити кількість металу, що прокочується, між перевалками робочих валків.

Величина і рівномірність шорсткості впливають не тільки на механічні властивості та штампування листа, але і на якість лакофарбових та інших покриттів. При високій шорсткості поверхні для укриття виступаючих піків доводиться збільшувати кількість шарів лакофарбового матеріалу, що наносяться. У разі експлуатації покриття з не повністю укритими мікровиступами вихідної поверхні металу корозія виникає саме у цих точках, і захисні властивості металів знижуються. Однак гладка поверхня небажана, оскільки до такої поверхні погано пристає покриття.

Проблема правильного вибору параметрів шорсткості залишається однією з першорядних, але залежить від способу підготовки мікрорельєфу на валках.

Якість тонкої холоднокатаної стрічки значною мірою визначається і шорсткістю поверхні валків. У кожному даному випадку шорсткість поверхні робочих валків різна і коливається від 0,25 до 1,6...1,8 мкм. Початковий рівень шорсткості на робочих валках створюють обробкою абразивним кругом на вальце-шліфувальному верстаті [20].

Залежно від призначення валків до таких параметрів, як точність прогину, прямолінійність або опуклість (у певних випадках), розмір валка та якість поверхні можуть бути дуже жорсткі вимоги. Якість поверхні прокатаного матеріалу ніколи не буває кращою за якість поверхні валків.

Нестабільність розмірів дробу позначається на неоднорідність мікрорельєфу та залежно від якості дробу дає різні параметри шорсткості на валку.

Дробометний метод має високу продуктивність (час обробки одного валка 5...20 хв) та високу варіабельність, широкий діапазон технологічних режимів, до яких відносяться:

- розмір дробу;
- швидкість обертання ротора дробометної установки;
- швидкість обертання валка;

- швидкість лінійної подачі валка.

Внаслідок обробки дробом відбувається зміцнення поверхні валка, заліковування мікрodefektів поверхневого шару. Залежно від режимів дробеметної обробки мікрорельєф може змінюватися за рахунок зминання піків існуючих мікровиступів, або знову формуватися.

При зміцненні відбувається перерозподіл напруження в поверхневому шарі бочки з переважанням стискаючих напружень, що призводить до зменшення тріщини утворення [48].

Зі збільшенням числа обертів ротора глибина наклепу та ступінь наклепу поверхневого шару деталі збільшується [44, 45].

Збільшення числа проходів підвищує параметр Ra якщо вихідний стан поверхні деталі відповідає високому класу чистоти та зменшує, якщо обробці дробом піддається грубо шорохувата поверхня [94, 99, 123].

Для певного режиму обробки дробом існує певна шорсткість, до якої прагне параметр Ra у міру збільшення числа проходів.

Зокрема, якщо вихідні параметри шорсткості Ra відповідає аналогічним параметром після дробеметної обробки, процес насічки супроводжується зміною тільки форми мікрорельєфу.

Обробка поверхні дробом на різних режимах дозволяє отримувати поверхню з різною частотою піків мікрогеометрії та величиною зміцненого шару [44].

Виробництво якісного сталевго дробу ведеться переважно у двох напрямках. Перше включає лиття дробу з високовуглецевої сталі (0,8-1,2%С) із наступним повним циклом термічної обробки (загартування від 850-900 °С і відпустка 400-450 °С). Отриманий якісний сталевий дріб має структуру відпущеного мартенситу, бейніту або тройоститу (HV 475-750). Другий напрямок виробництва якісного дробу - це лиття дробу з низьколегованих сталей з наступною мінімальною термічною обробкою частинок. Така технологія дозволяє отримати дріб необхідної якості за більш низьких енерговитрат за рахунок виключення дорогої операції нагріву під загартування в захисній атмосфері.

Технологія отримання литого дробу відносно проста і зводиться до

розпорошення металевого (зазвичай сталевого або чавунного) розплаву різними способами, у тому числі струменем води при заданому тиску та швидкого охолодження рідких крапель, як правило, у воді. При цьому литий дріб характеризується нерівномірною структурою та властивостями. Розкид властивостей литого сталевого дроби дуже великий (регламентований ГОСТ 11964-81; основними властивостями є міцність на стиск та твердість за Віккерсом).

Дріб із високовуглецевої сталі при виготовленні проходить спеціальну термічну обробку і має найбільш високу циклічну стійкість. Такий дріб має у 5-10 разів більший термін служби порівняно з чавунним дробом. При цьому знімається витрата абразиву та дорогих деталей дробеметних агрегатів [53].

Низькотемпературна відпустка призводить до поліпшення співвідношення міцності та в'язкісних характеристик дроби і сприяє збільшенню її стійкості до стирання (зносоустійкість).

Проведення відпустки дещо покращує властивості литого дроби, проте його грубо кристалічна структура зберігається. Повторна (після відпустки) термічна обробка, що включає загартування від температур, трохи перевищують критичну точку А і відпустку, дозволяє отримати більш рівномірну тонко кристалічну структуру відпущеного мартенситу і істотно поліпшити функціональні властивості литого дроби.

Позитивний вплив повторної термічної обробки литого сталевого дроби полягає не тільки в отриманні після відпустки вищих твердості та руйнівного навантаження при випробуванні на стиск.

Значно підвищується і циклічна стійкість дроби при багаторазових зіткненнях з поверхнею, що обробляється, обумовленої її більш високим опором динамічним навантаженням. При цьому зберігається пластичність дроби при ударі.

В результаті один і той же дріб можна неодноразово використовувати при обробці поверхневих виливків та деталей. Таким чином, проведення додаткової термічної обробки литого сталевого дроби дозволяє значно підвищити комплекс механічних властивостей дроби [49].

Дріб з вибіленого чавуну спочатку застосовувався для різання каменю, а

потім замінив в очисних операціях кварцовий пісок. Чавунний дріб характеризується меншою міцністю, пластичністю та циклічною стійкістю, при ударах швидко колеться на частинки з гострими гранями і потім перетворюється на тонкий металевий пил, що забруднює навколишню атмосферу.

Гострі кромки твердих чавунних частинок надзвичайно інтенсивно руйнують лопатки та інші деталі дробеметних агрегатів, що швидко зношуються. Циклічна стійкість такого дробу на порядок нижча, ніж сталевий [41].

Важливим аспектом при виробництві дробу є його якість, що регламентується ГОСТ 11964-81 «Дріб чавунний та сталевий технічний» або ТУ. Параметрами, що визначають властивості дробу та його призначення, є хімічний склад, розмір та форма частинок, щільність, сферичність, твердість, зносостійкість та інші службові характеристики. Значною мірою службові характеристики визначаються хімічним складом та технологією отримання дробу.

Зносостійкість дробу зі сталі, легованого молібденом, підвищується майже вдвічі [49].

На думку авторів [50] на сьогоднішній день найбільш ефективним абразивом для дробеметного очищення є сталевий колотий покращений дріб марки GP, що випускається в суворій відповідності сучасним стандартам. У процесі роботи, гострі грані затуплюються, і формується робоча суміш, що на 80-85% складається з частинок округлої форми і на 15-20% з гострокутної форми. Цей дріб є найбільш досконалим продуктом та зберігає оптимальний баланс інтересів, забезпечуючи максимальну ефективність обробки з мінімальними витратами на всі складові собівартості процесу.

У табл. 1.4 наведено нові типи дробу, які широко використовуються при дробеметній обробці.

Таблиця 1.4 – Використовувані типи дробу

Показники	ДЧЛ	ДСЛ	ДСЛУ	WS	WGP
Витрата дробу, кг/деталь	0,270	0,30-0,55	0,115	0,090	0,081
Стійкість лопатей, год	100-150	30-100	100-300	500-600	500-600

Час очищення, хв	21	20-35	11	8	6,5
Ціна, грн / кг	32	30	30	70	70
Собівартість, грн/деталь	34	38-56	16	14	12

Якість дробу відрізняється особливою нестабільністю показників

*Взято результати кращого вітчизняного виробника. В інших зразків витрата досягала 0.25 кг/деталь.

На рис. 1.5 представлені форми дробу, де спочатку чітко видно гострокутну форму частинок, а в процесі роботи отримання робочої суміші, округлої форми.

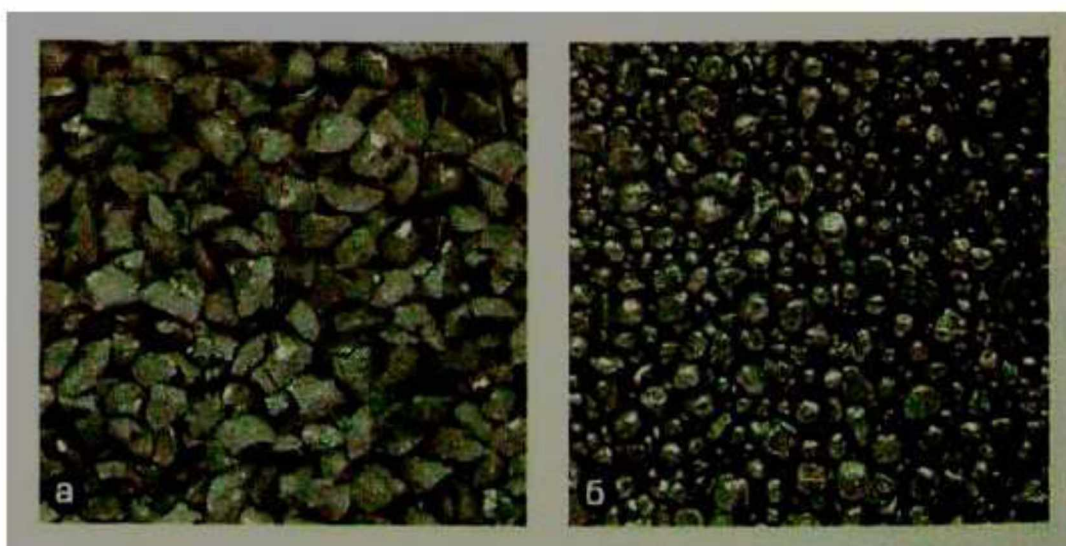


Рис. 1.5 – Форма дробу: а - нова марка GP18, де чітко видно гострокутну форму частинок; б - робоча суміш, що сформувалася з GP18, що має в основному округлу форму

Після очищення різними абразивами деталі мають однаковий ступінь очищення, але різну форму шорсткості та різний загальний вигляд. Після обробки ДЧЛ чітко видно нерівномірність піків і западин (є великі, є малі). ДСЛУ та WS дають подібний результат і злегка тьмяний сірий відтінок, а WGP досить гладку поверхню, рівномірну шорсткість та яскравий металевий блиск.

Необхідними та достатніми умовами формувань робочої суміші є: своєчасне додавання нового дробу до системи та правильне регулювання системи сепарації дробу. Для аналізу правильності регулювань необхідно

періодично робити ситовий аналіз робочої суміші та відходів із тічки сепаратора. Це дозволяє своєчасно реагувати на зміни у роботі машини.

Висновки до розділу 1

Проведений літературний огляд показав, що шорсткість поверхневого шару прокатних валків надає значний вплив на технологію подальшої переробки листа: штампуємість, нанесення лакофарбового покриття, змочуваність, відбивну здатність, а величина зміцненого шару і розподіл контактних напружень істотно впливає на стан поверхневого шару. Таким чином, стан поверхні прокатної продукції, і насамперед її мікрогеометрія, є найважливішим показником її якості.

Розглянуто механізм формування шорсткості з необхідними параметрами на поверхні валків і перенесення цієї шорсткості на поверхню смуги, що прокочується, що дозволяє моделювати процес обробки поверхні дробом.

Виходячи з вимог, що пред'являються авто листу, розглянуто ряд способів отримання необхідної шорсткості на поверхні валків. Показано, що найбільш ефективна підготовка поверхні валків прокатних забезпечується шляхом дробеметної обробки.

Метою роботи є удосконалення конструкції обладнання для насічки валків дресирувальних станів дробом та коригування технологічних режимів обробки прокатних валків для підвищення якості поверхні холоднокатаного листа.

Для вирішення поставлених завдань необхідно вивчення впливу окремих факторів, а також взаємний їх вплив на формування шорсткості на поверхні прокатних валків і перенесення мікрогеометрії на поверхню смуги, що дресирується.

2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Обладнання для шліфування прокатних валків

Шліфування робочих валків для 4-х кліткового стану 2500 холодної прокатки здійснювався на вальце-шліфувальному верстаті Waldrich Siegen, загальний вигляд і специфікація якого представлена нижче на рис. 2.1 та у таблиці 2.1, шліфувальними кругами фірми ATLANTIK. Шліфування робочих валків для реверсивного та дресирувального стану 2500 здійснювали на вальце-шліфувальному верстаті Рогопі тими ж шліфувальними кругами фірми ATLANTIK.



Рис. 2.1 – Загальний вигляд вальце-шліфувального верстата Waldrich Siegen

Основні габарити верстата, а також розміри робочої зони та режими обробки наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Специфікація вальце-шліфувального верстата

Виробник	WALDRICH SIEGEN
Маса верстата	80-100 т
Модель	WSIIA
Максимальна довжина шліфування	10000 мм
Число оборотів шліфувального диска	340-680
Вага заготовки максимальна	60 т
Діаметр шліфування	1650 мм

Габарити	900x90x305
----------	------------

2.2 Дослідження шліфувальних кругів

Для проведення досліджень було використано шліфувальні круги, що застосовуються для обробки робочих валків у ПАТ «Автоагрегатний завод», що мають таке маркування:

- для вальце-шліфувального верстату Waldrich Siegen -
EX 12413 601748/2-1, MAX 50 м/с 1043 R PM EK3 46 B-1 GRE;
- для вальце-шліфувального верстата Rogoni -
EX 12413 507138/4A1, MAX 50 м/с 1043 R PM EK3 36H-J GRE.

Дані шліфувальні круги на обох верстатах використовуються як для чорнового, так і для чистового шліфування робочих прокатних валків, але при різних режимах різання.

З метою вибору оптимальних характеристик абразивних кругів та режимів шліфування прокатних валків було проведено дослідження щодо впливу умов шліфування на шорсткість поверхні зразків, виконаних із сталі 9Х2МФ. Досліджено шліфувальні круги з електрокорунду білого зернистістю №16, №25, №40, твердістю СМ1 на керамічній зв'язці.

Дослідження виконані для діапазону зміни твердості МЗ-С1 для кругів марок 24А16МЗК, 24А16СМ1К та 24А16С1К

Досліджено такі матеріали абразивних зерен шліфувальних кругів: електрокорунд легований, карбід кремнію зелений, монокорунд, електрокорунд білий. Оскільки в наявності не виявилось шліфувальних кругів, що мають різні абразивні матеріали при однаковій зернистості і твердості кругів, то експерименти були проведені на шліфувальних кругах із зернистістю 25 і 40 та твердістю СМ1 і М2.

2.3 Зразки для обробки дробом

Дослідження з насичення поверхні зразків дробом проводили на промисловій дробеметній установці моделі ТТР-1А. Для виготовлення зразків використовували довгий циліндр діаметром 45 мм, з якого нарізали згодом 11

дискових зразків. Зразки (рис. 2.2) виготовляли із сталі марки 9Х2МФ. На плоскошліфувальному верстаті зі шліфували частину матеріалу з циліндричної поверхні для утворення косих зрізів. Після шліфування зрізи оброблялися пастою, потім поліровану поверхню протруювали розчином азотної кислоти.



Рис. 2.2 – Зразки після обробки на дробеметній установці

2.4 Види використовуваного дробу та методика визначення його характеристик

Для вимірювання мікротвердості та отримання мікрофотографій дробу були взяті зразки сталевого литого та колотого дробу поміщені у спеціально виготовлену циліндричну форму, залиті епоксидною смолою та поміщені в тепле та сухе місце до повної полімеризації смоли (рис. 2.3).

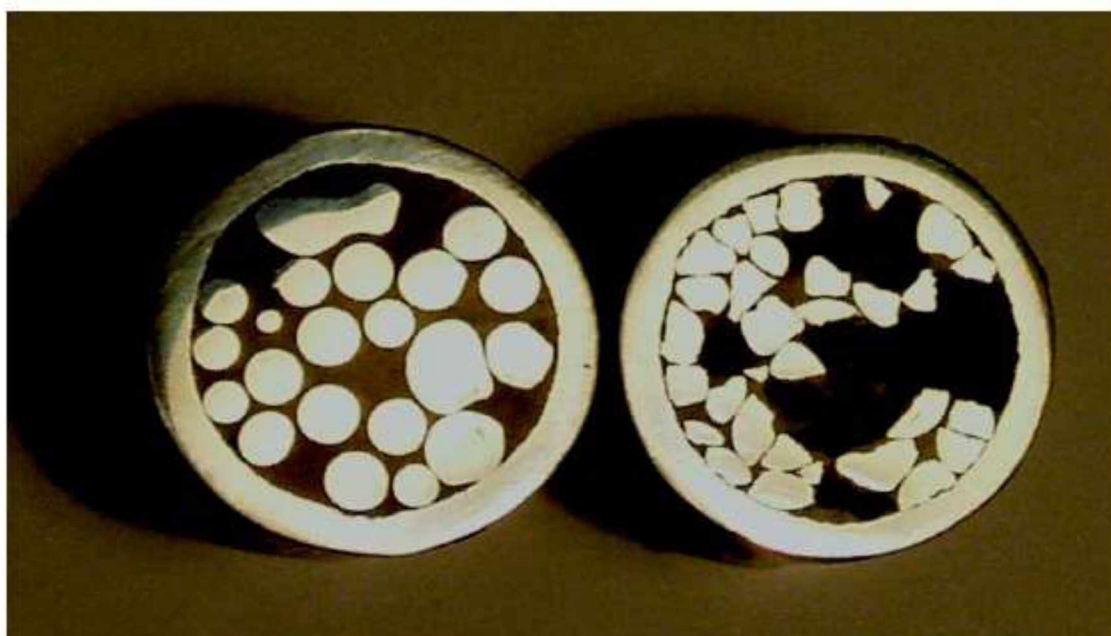


Рис. 2.3 – Зразки після шліфування на наждачному папері

Після того, як смола повністю затверділа, на плоскошліфувальному

верстаті 371М-1 у лабораторії ПрАТ «АВТОКРАЗ» були виготовлені мікрошліфи, на яких вимірювалася мікротвердість. Надалі мікрошліфи додатково прошліфовані вручну на наждачному папері на абсолютно рівній поверхні (на склі), щоб поверхня мікрошліфів була абсолютно рівною. Потім на полірувальній установці зразки були відполіровані із застосуванням спеціальної пасти.

Як вимірювальна апаратура у проведених дослідженнях були використані:

- Для вимірювання розмірів дробу використали мікроскоп МПБ-2. Мікроскоп МПБ-2 призначений для вимірювання відбитка (лунки), що утворюється на поверхні різних металів щодо твердості за методом Брінелля. Технічні характеристики мікроскопа: максимальний діаметр вимірюваного відбитка - 6,5 мм, ціна поділу шкали - 0,05 мм, збільшення мікроскопа - 24+-5% крат, похибка мікроскопа на довжині до 2 мм (на будь-якому інтервалі шкали) +- 0,01 мм.

- Для вимірювання мікротвердості зразків був використаний мікротвердомір ПМТ-3М. Мікротвердомір ПМТ-3М призначений для вимірювання мікротвердості металів, сплавів, мінералів та інших матеріалів методом вдавлювання у випробуваний матеріал алмазних наконечників. Технічні характеристики мікротвердоміра: діапазон навантажень від 0,0196 до 4,9Н (від 0,002 до 0,500 кгс); збільшення мікроскопа мікротвердоміра 130, 500, 800; ціна поділу шкал барабанчиків мікрометричних гвинтів координатного переміщення 0,01 мм. На мікротвердомірі ПМТ-3М за допомогою аналізатора зображення Thixomet PRO мала намір мікротвердість і досліджено мікроструктуру

- мікроскоп Meidji із збільшенням від 50 до 1000 разів.

Фотографії мікроструктури було зроблено зі збільшенням x100 (рис. 2.4) Результати вимірювання дробу на мікротвердість на мікротвердомірі ПМТ-3М, представлені в додатку. Вимірювання мікротвердості проведені показали, що колотий дріб має твердість на 13% вищу, ніж зразки литого дробу.

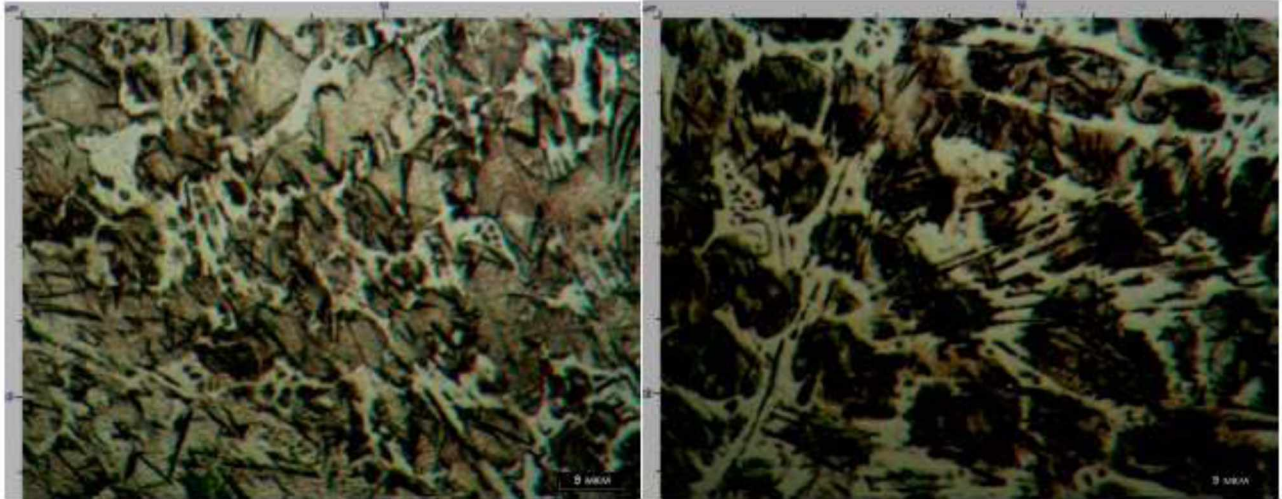


Рис. 2.4 – Мікроструктура зразків дробу, отриманих на мікроскопі зі збільшенням $\times 100$

На рис. 2.5 представлені фотографії різних видів дробу, які використовуються для насичення поверхонь.



дріб сталевий литий, фракції 0,5; дріб сталевий литий, фракції 0,8

Рис. 2.5 – Дріб, що застосовуються для насічки поверхні:

2.5 Методика проведення експериментів з оцінки щільності насічки

Дослідження з насичення поверхні зразків дробом проводили на промисловій дробеметній установці моделі ТТР-1А. Для насікання поверхні зразків використовували колотий чавунний дріб фракції (0,5...0,8) мм.

Всередині камери для дробеметної обробки переміщали візок з досліджуваними зразками із заданою швидкістю в межах (0,4...4) м/хв. Дріб на поверхню образів подавався турбіною. Швидкість обертання ротора змінювали в

діапазоні (500...2100) об/хв, кількість подвійних ходів візка зі зразками призначали 2, 4, 6 подвійних ходів.



Рис. 2.6 – Насікання поверхні зразків дробом діаметром 0,8 мм при мінімальній швидкості переміщення візка та одному подвійному проході факела дробу

Наклеп у поверхневому шарі деталі (зразка) оцінювали за глибиною наклепу h_n , і ступеня наклепу N .

Глибину наклепу визначали за такою формулою:

$$h_n = l \sin \alpha, \quad (2.1)$$

де α - кут атаки, град;

l - відстань між початком косою зрізу і точкою вимірювання косою зрізу, мм.

З отриманих експериментальних даних можна будувати висновки про характер вимірювання h_n і N .

Швидкість обертання валків при насічці 6-10 об/хв, швидкість переміщення візка 0,5-1,0 м/хв. Валки обробляють за один цикл (прямий та зворотний хід візка з валком під смолоскипом дробу). Кількість дробу, що подається в дробомет, регулюють так, щоб навантаження (по струму) на двигун ротора дробомета не перевищувала 90 А.

Для вивчення факела дробу та для ідентичності умов зміни щільності насічки використано дробометну установку «Вілібратор» (рис. 2.7) для досліджень та зразків та прокатних валків.



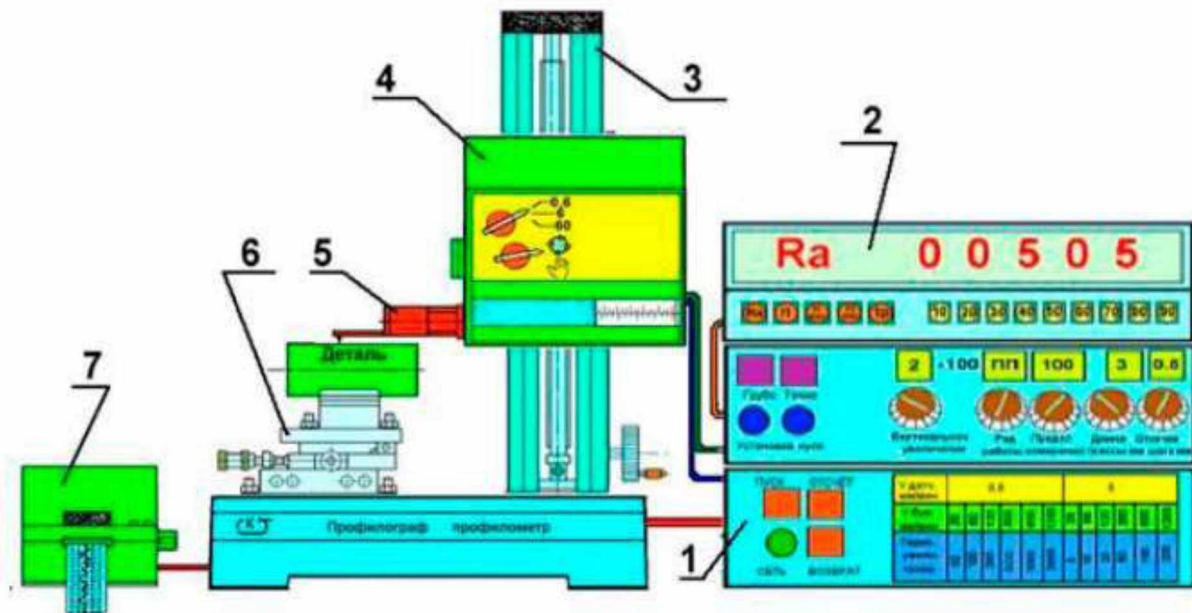
Рис. 2.7 – Загальний вид дробеметної установки «Вілібратор»

2.6 Вимірювання параметрів шорсткості

При проведенні досліджень на всіх зразках проводили виміри шорсткості за допомогою профілометра-профілографа схема якого представлена на рис. 2.8.

Принцип роботи приладу заснований на обмацуванні контрольованої поверхні алмазної голкою і перетворення коливань голки у відповідні зміни напружень, величина якого може бути протарована щодо величини шорсткості, що відтворюється на шкалі приладу, або подається в записуючому пристрої, що повторює та збільшує профіль.

Профілограф-профілометр, в якому використаний індуктивний перетворювач, дозволяє записувати профіль нерівностей у збільшеному масштабі у вигляді профілограми або вимірювати параметри шорсткості з індикацією в цифровому вигляді. Прилад забезпечений перетворювачем, електронним вимірювальним блоком з рахунково-вирішальним блоком і пристроєм, що записує. Конструктивно складові елементи приладу показано на рис.2.б.1.



1 - вимірювальний блок, 2 - прилад, 3 - стійка, 4 - мотопривід, 5 - вимірювальний столик, 6 - датчик, 7 - записуючий прилад

Рис. 2.8 – Профілограф-профілометр

Параметри Ra і Rc визначали на приладі ПМ-210, що дозволяє в автоматичному режимі визначати шорсткість Ra, число піків Rc і хвилястість поверхні авто листа.

Виміри шорсткості валків після насікання факелом дробу підвищеної щільності проводилися в різних точках переносним профілометром ПМ-210. Зразки, що використовуються для виміру шорсткості, представлені на малюнку 2.6.3.

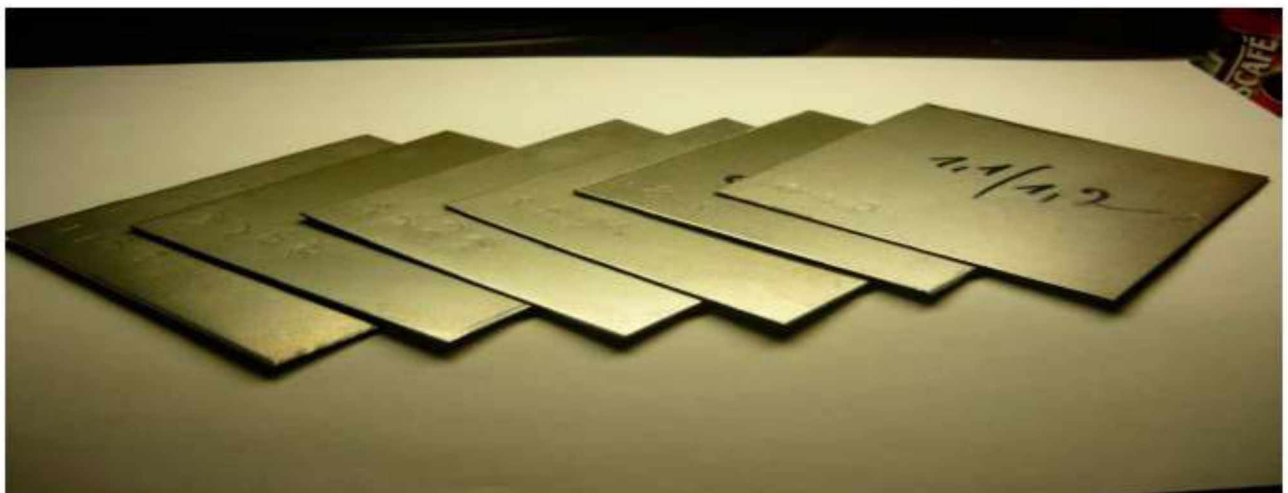


Рис. 2.9 – Зразки для вимірювання параметрів шорсткості поверхні

Висновки до розділу 2

В результаті проведеної роботи, на базі сучасного обладнання, розроблено методики з моделювання шорсткості на поверхні прокатного валка, що дозволяють керувати параметрами мікрогеометрії та отримувати необхідний мікрорельєф. У ході проведених досліджень проведено модернізацію конструкції дробеметної установки, що дозволяє змінювати форму факела та щільність насічки.

Представлені прилади та матеріали, необхідні для проведення досліджень щодо вивчення формування необхідного мікрорельєфу на поверхні прокатних валків.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При виробництві авто аркуша з i -ою групою обробки поверхні найбільш високі вимоги пред'являються до параметрів шорсткості поверхні авто аркуша R_a і щільності піків P_c [49].

Остаточний мікрорельєф поверхні робочих валків дресирувального стану формується залежно від вихідного мікрорельєфу поверхні валка [36]. Аналіз профілограм авто листа після дресування показав, що висотні та крокові параметри мікрорельєфу значною мірою залежать від «забивання» вихідного мікрорельєфу, що отримується шліфуванням. Режими дробеметної обробки, які використовуються для насічки валків н дозволяють отримувати практично повну забивність, якщо вихідний мікрорельєф перед обробкою дробом має висотні параметри R_a не більше 0,8 мкм.

3.1 Дослідження основних технологічних параметрів дробеметної обробки на формування мікрогеометрії оброблюваної поверхні

Дослідження з насічення поверхні зразків дробом проводили на промисловій дробеметній установці ПрАТ «АВТОКРАЗ». Для виготовлення зразків використовували зразки за приведеною методикою в розділі 2.

Всередині камери для дробеметної обробки переміщали візок з досліджуваними зразками із заданою швидкістю в межах (0,4...4) м/хв. Дріб на поверхню образів подавався турбіною. Швидкість обертання ротора змінювали в діапазоні (500...2100) об/хв, кількість подвійних ходів візка із зразками призначали 2, 4, 6 подвійних ходів (рис. 3.1).

Для насічки поверхні зразків використовували колотий чавунний дріб розміром (0,5...0,8) мм.

Швидкість переміщення листа, що обробляється, змінювали в діапазоні (1...5) м/хв. Насікання поверхні дробом здійснювали при зміні числа подвійних проходів - з одного до трьох подвійних проходів. Контроль якості дробу виконувався до експериментів.

На всіх зразках проводили виміри шорсткості за допомогою профілометра-

профілографа та вимірювання мікротвердості поверхні. Вимірювання мікротвердості проводили від краю циліндричної поверхні кроком 0,05 мм.

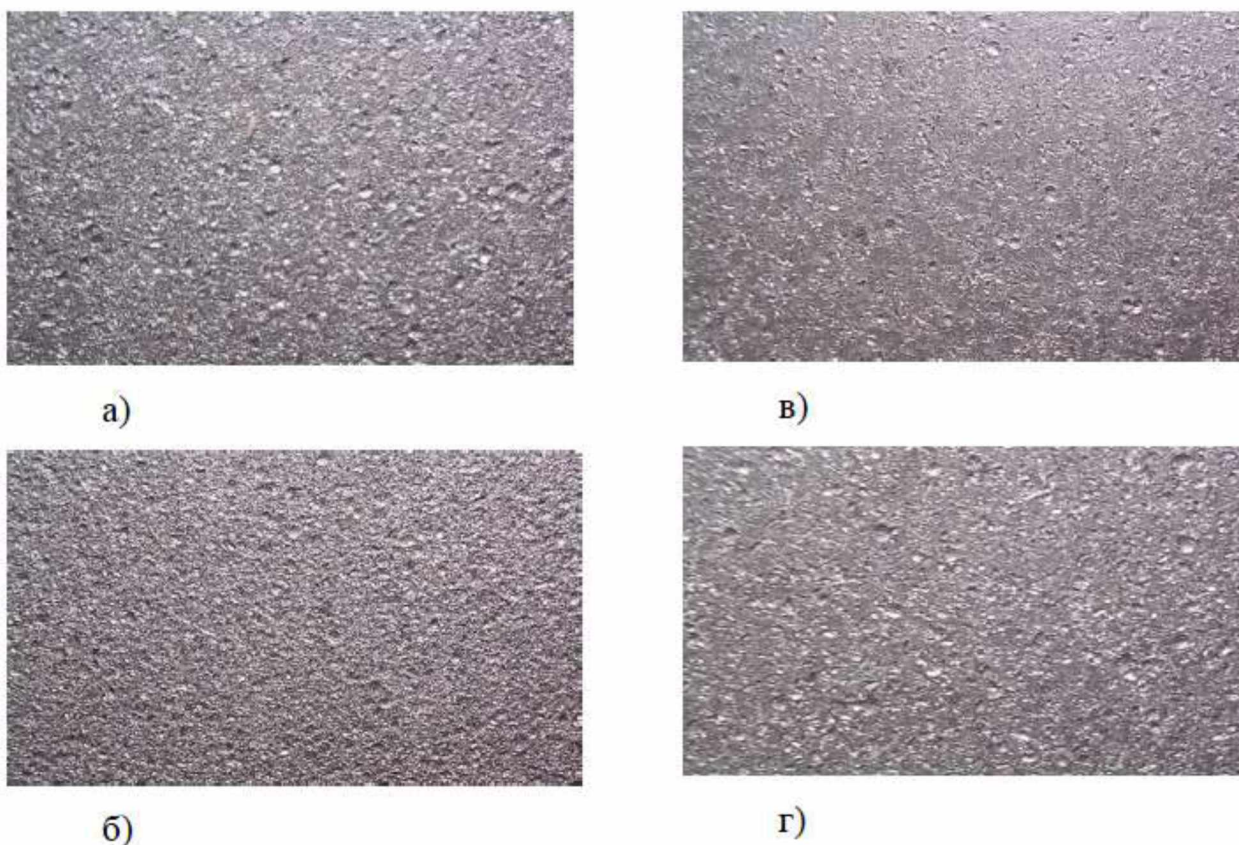


Рис. 3.1 – Насікання поверхні зразків дробом діаметром 0,8 мм при зміні швидкості переміщення візка та числа подвійних проходів факела дробу: мінімальна швидкість переміщення візка: а) 1 подвійний прохід; б) 3 подвійних проходи; максимальна швидкість переміщення візка; в) 1 подвійний прохід; г) 3 подвійні проходи

Дріб вважали дефектним, якщо:

- Площа усадкової пухкості понад 40% дробини;
- Площа найбільшої раковини більше 10% перерізу дробу;
- Довжина найбільшої тріщини понад 20% діаметра дробини.

Наклеп у поверхневому шарі деталі (зразка) оцінювали за глибиною наклепу h_n і ступеня наклепу N .

Глибину наклепу визначали за такою формулою:

$$h_n = l \sin \alpha \quad (3.1)$$

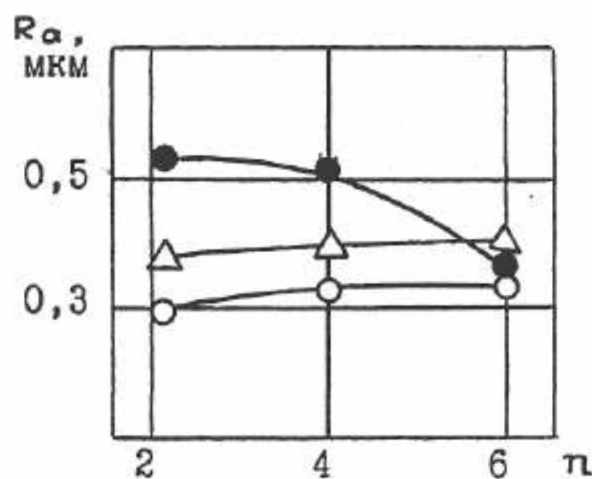
Аналіз отриманих експериментальних результатів показав, що зі збільшенням числа обертів ротора глибина наклепу та ступінь наклепу

поверхневого шару деталі збільшується. Аналогічна залежність параметрів h_n та N від числа проходів. Максимальні значення глибини наклепу та ступеня наклепу спостерігали при числі подвійних проходів рівним 6.

Збільшення числа проходів підвищує параметр Ra якщо вихідний стан поверхні деталі відповідає високому класу чистоти і зменшує, якщо обробці дробом піддається грубо шорстка поверхня.

Для заданого режиму обробки дробом існує певна шорсткість, якої прагне параметр Ra у міру збільшення числа проходів. Зокрема, якщо вихідні параметри шорсткості Ra відповідає аналогічним параметром після дробеметної обробки, процес насічки супроводжується зміною тільки форми мікрорельєфу.

Менша шорсткість шліфованих зразків $Ra=(0,13...0,37)$ мкм дозволяє отримати стабільні значення параметрів шорсткості при (2...4) проходах обробки дробом середньої фракції. Більш груба поверхня зразків перед дробеметної обробки ($Ra=1,9$ мкм) не дозволяє отримати стабільного мікрорельєфу при дворазовому проході факела середньої фракції дробу оброблюваної поверхні. На рис. 3.2 представлені залежності числа проходів факела дробу на параметр шорсткості Ra .



○ - $R_a = 0,13$ мкм; Δ - $R_a = 0,37$ мкм; ● - $R_a = 0,90$ мкм

Рис. 3.2 – Вплив числа проходів при дробеметній обробці на параметри шорсткості Ra

При дробеметній обробці найбільш ефективним є дріб середньої фракції. Оптимальна кількість проходів дорівнює 2. Переважне значення вихідної

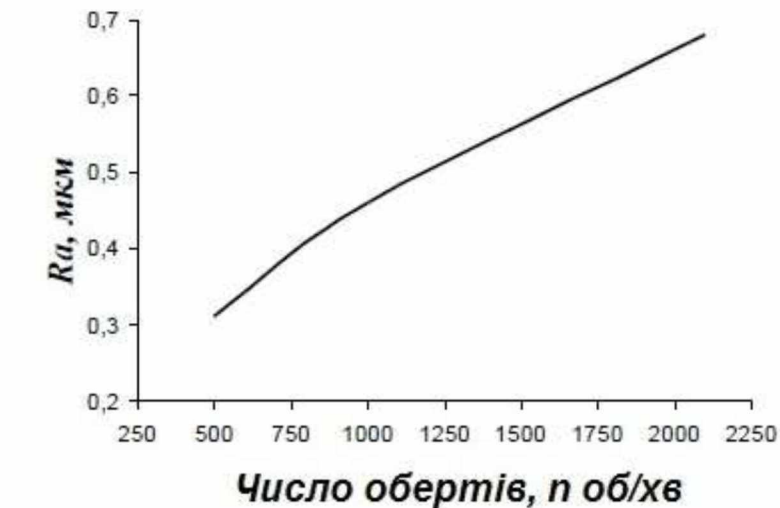
шорсткості $Ra=0,17$ мкм, а швидкість обертання турбіни $n=500$ об/хв.

Розрахункові значення глибини наклепу та ступеня наклепу залежно від стану поверхневого шару та режимів дробеметної обробки зведено в табл. 3.1.

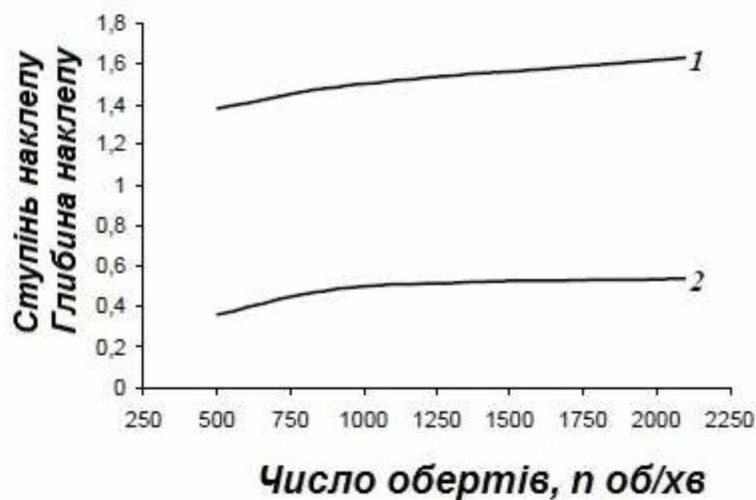
Таблиця 3.1 – Значення глибини наклепу h_n і ступеня наклепу N

№ обр.	Швидкість обертання турбіни n , об/хв	Кількість проходів	Шорсткість Ra , мкм	Глибина наклепу h_n	Ступінь наклепу N
1	1000	2	0,46	0,499	1,5
2	500	2	0,31	0,36	1,375
3	500	2	0,51	0,568	1,33
4	500	2	0,32	0,39	1,29
5	2100	2	0,68	0,535	1,625
6	500	6	0,32	0,566	1,583
7	500	6	0,34	0,691	1,69
8	500	6	0,42	0,435	1,5
9	500	4	0,37	0,466	1,416
10	500	4	0,53	0,633	1,2
11	500	4	0,4	0,426	1,375

Проведені експериментальні дослідження щодо впливу режимів дробеметної обробки на параметри стану поверхневого шару показують, що збільшення швидкості взаємодії дробу з оброблюваною поверхнею збільшує параметри Ra , h_n і N при постійних розмірах дробу (рис. 3.3). Число проходів факелу дробу неоднозначно позначається на параметрах стану поверхневого шару. Параметри h_n і N із збільшенням числа проходів монотонно зростають, а параметр Ra зменшується при вихідній грубій шорсткої поверхні та збільшується при вихідній низькій шорсткої поверхні.



а



б

Рис. 3.3 – Вплив числа оборотів на стан поверхневого шару: а - параметр шорсткості Ra ; б - ступінь наклепу (1), глибина наклепу (2)

3.2 Дослідження технології дробометної обробки робочих валків стану «2500» холодної прокатки

Дробометну обробку поверхні робочих валків проводили на установці «Вілібратор» колотим чавунним дробом ДЧК-1,4 мм (рис. 3.4).

У ході роботи було проаналізовано характеристики дробу, складено гістограми розподілу дробу за фракціями, досліджено вплив конструкції турбіни дробометної установки на форму факелу дробу, а також вплив режимів дробометної обробки на параметри Ra та Rc .

Параметри Ra і Rc визначали на приладі ПМ-210 оснащеного комп'ютером і дозволяє в автоматичному режимі визначати шорсткість Ra , число піків Rc і хвилястість поверхні авто листа.



а)



б)

Рис. 3.4 – Установка «Вілібратор» для насічки робочої поверхні прокатних валків а) камера для насічки; б) загальний вигляд дробеметної установки

Розподіл дробу ДЧК-1,4 мм за фракціями (рис. 3.5) свідчить про те, що в його складі є великий розкид дробу за фракціями.

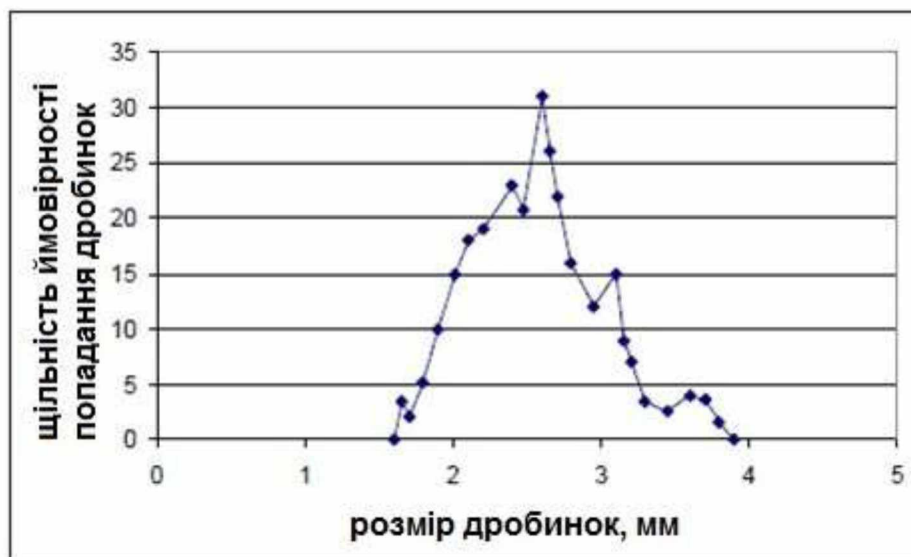


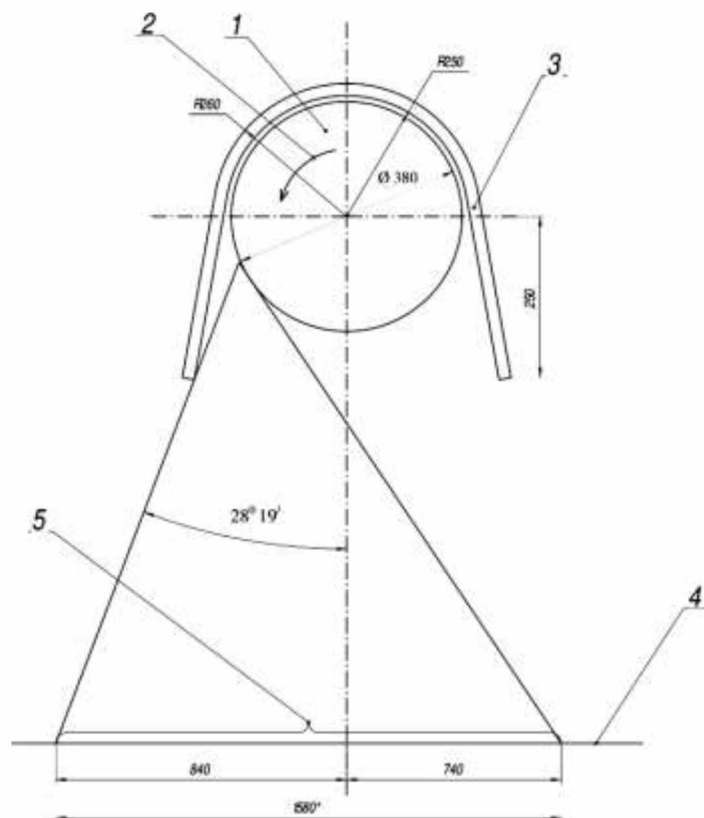
Рис. 3.5 – Розподіл розмірів дробу ДЧК фракції 1,4 мм

Такий розкид не дозволяє отримати стабільного значення щільності піків R_c . В окремих випадках значення R_c може коливатися від $R_c = 30 \text{ см}^{-1}$ до R_c дорівнює 90 см^{-1} .

Остаточний мікрорельєф поверхні робочих валків дресирувального стану формується залежно від вихідного мікрорельєфу поверхні валка. Аналіз

профілограм автолиста після дрсирування показав, що висотні та крокові параметри мікрорельєфу значною мірою залежать від «забивання» вихідного мікрорельєфу, що отримується шліфуванням.

У процесі обробки дробом утворювалася пляма контакту (слід), схема якої представлена малюнку 3.4.3.

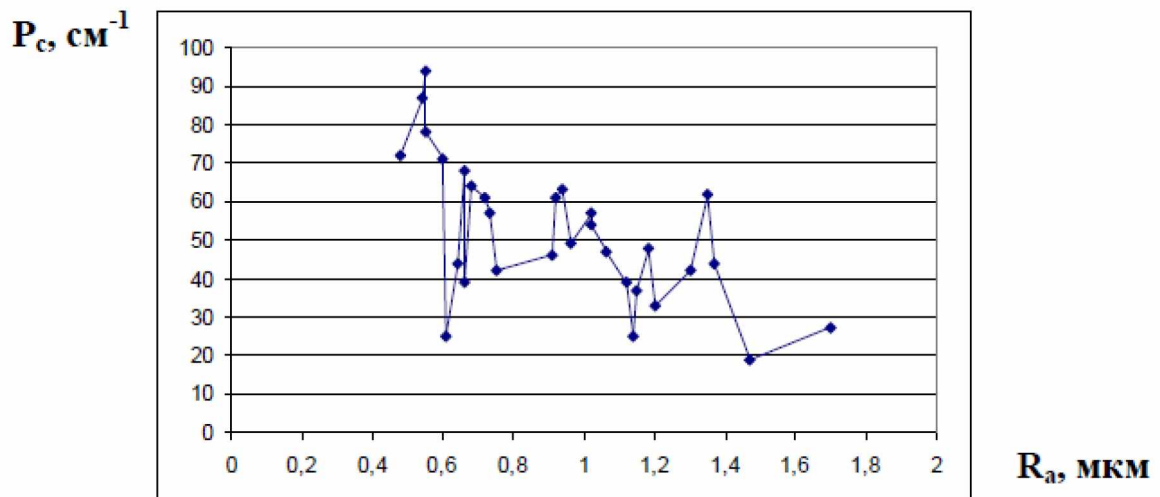


1 - роторне колесо; 2 - напрямок обертання роторного колеса; 3 - захисний корпус дробемета; 4 - оброблювана поверхня; 5 - пляма контакту факелу дробу з оброблюваною поверхнею

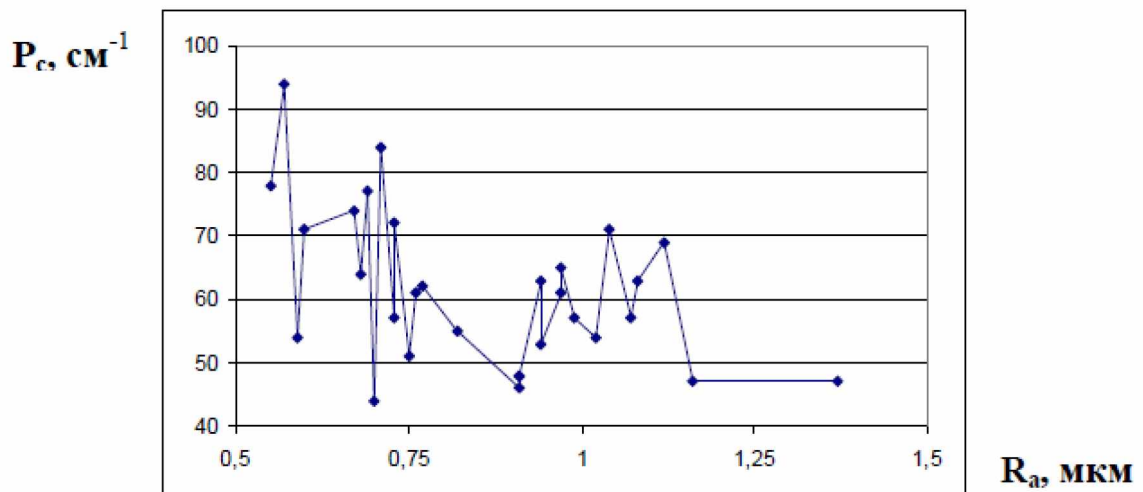
Рис. 3.6 – Схема утворення плями контакту дробу з оброблюваною поверхнею на дробеметній установці «Вілібратор»

Режими дробеметної обробки, які використовуються для насічки валків дозволяють отримувати практично повну забивність, якщо вихідний мікрорельєф перед ДМО має висотні параметри Ra не більше 0,8 мкм.

Конструкція дробеметної установки, що застосовується, і наявність широкого діапазону розмірів дробу в одній партії не забезпечує стабільність параметрів Ra і Rc. Різниця в значеннях Ra та Rc після дробеметної обробки може досягати 50-70%. Однак, незважаючи на такий розкид значень Ra і Rc, має місце зменшення щільності піків зі збільшенням параметра Ra (рисунок 3.4.4).



а)



б)

Рис. 3.7 – Співвідношення параметрів шорсткості R_a та P_c на авто листі після дресування: а) дослід №1; б) дослід №2

Аналіз сліду факела дробу показав, що переріз факела умовно можна розбити на три зони розмірами 350x70 мм у центрі, 780x100 мм у середній частині 1580x 190 мм по краях (рис. 3.8).

Найбільша щільність факела є у центральній частині, а найменша на периферії. На центральну, найбільш щільну частину факела припадає 8%, на середню зону 18%, найменш щільну периферійну зону 74%. Всередині центральної зони є пляма з максимальною щільністю насічки, центр якого зміщений щодо вісі дробеметного колеса за напрямом обертання на 95 мм.

Наявність яскраво виражених трьох зон та нерівномірності розподілу

щільності насічки всередині них не забезпечує рівномірної щільності насічки бочки валка, а відповідно і рівномірності шорсткості на поверхні авто листа. Розсіювання факела дробу сприяє також знос лопаток дробеметного колеса.

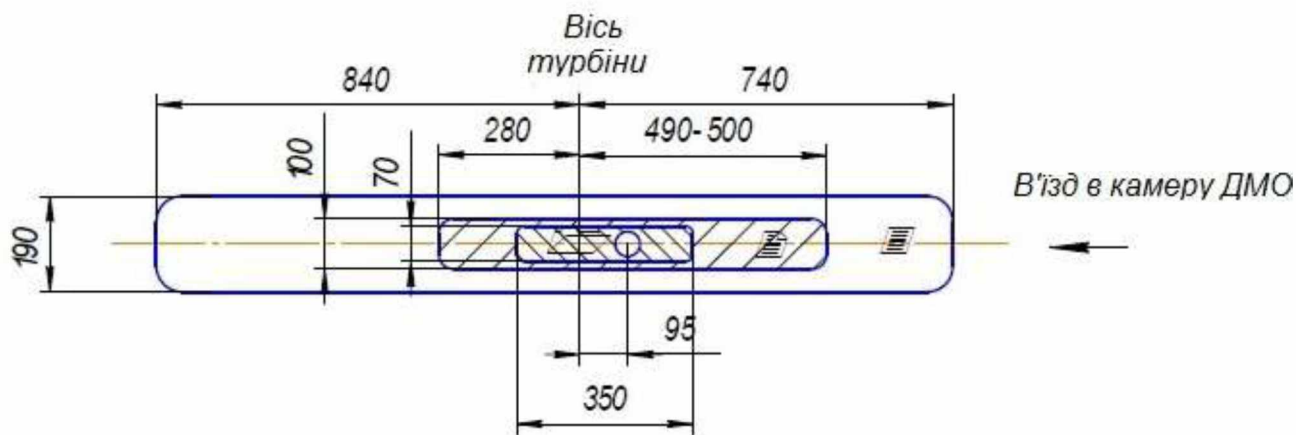


Рис. 3.8 – Слід від факела дробу на листі металу після обробки за існуючою технологією

Результат дисперсійного аналізу (дод. А) параметра Ra і Rс авто листа після дресування робочими валками, насіченими за звичайною технологією, показав, що середньоарифметичне значення становить 0,93. Середнє квадратичне відхилення становить 0,393 мкм, а коефіцієнт варіації - 0,422.

3.3 Дослідження впливу зносу лопаток на шорсткість поверхні, що насікається

Наявність яскраво виражених трьох зон і нерівномірності розподілу щільності дробу всередині факелу, не забезпечує рівномірної щільності насічки бочки валка, а відповідно і рівномірності шорсткості по поверхні авто листа в різних місцях. Загальний вигляд дробеметного колеса із встановленими лопатками представлений на рис. 3.9.



Рис. 3.9 – Загальний вид дробеметного колеса на діючій установці

Розсіювання факела дробу сприяє використанню зношених лопаток дробеметного колеса (рис. 3.10). Наявність хаотично розташованих глибоких канавок і западин на поверхні контакту лопатки дробеметного колеса з дробом сприяє зміні траєкторії дробу в процесі її переміщення по них і, як наслідок, розсіювання факела дробу. З метою зниження зносу лопаток рекомендується використовувати більш зносостійкі матеріали для їх виготовлення або для наплавлення робочих поверхонь (наприклад, чавун ЧХН-28, наплавні матеріали).

Судячи із рисунку, явно проглядається нерівномірне зношування поверхні лопатки зі сторін, розташованих ближче і далі від осі обертання ротора.

На лопатку запропоновано наносити футеровку, виконану з зносостійкого наплавного матеріалу, при цьому товщина футеровки, в напрямку від кріпильної частини лопатки до її протилежного кінця монотонно збільшується від d до $3d$, де d - максимальний розмір дробу (рис. 3.11).

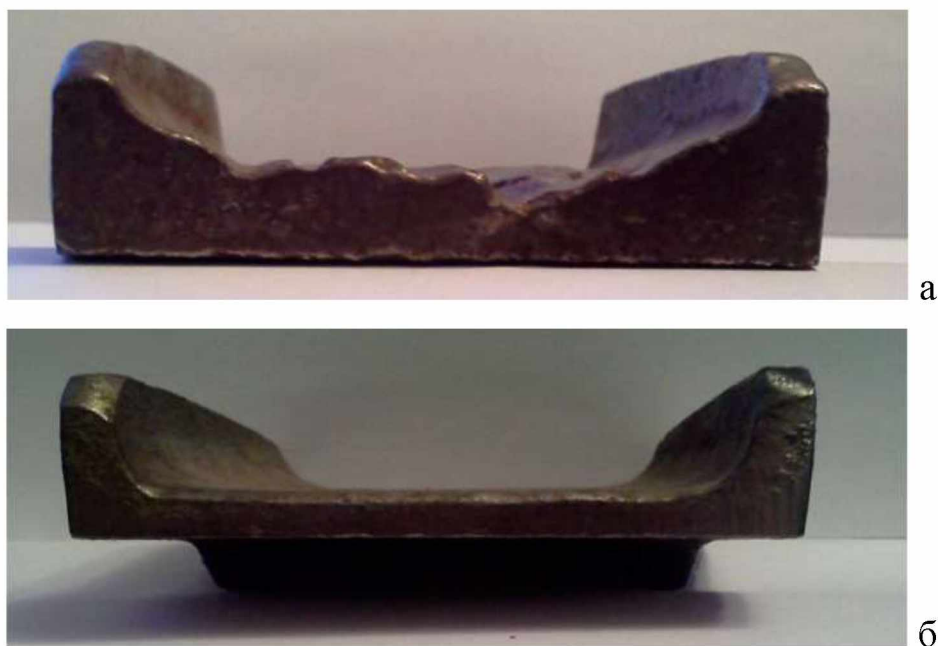


Рис. 3.10 – Вид зношеної лопатки ротора дробеметного колеса: а) з боку, розташованої далі вісі обертання ротора; б) із боку, розташованої ближче до вісі обертання ротора

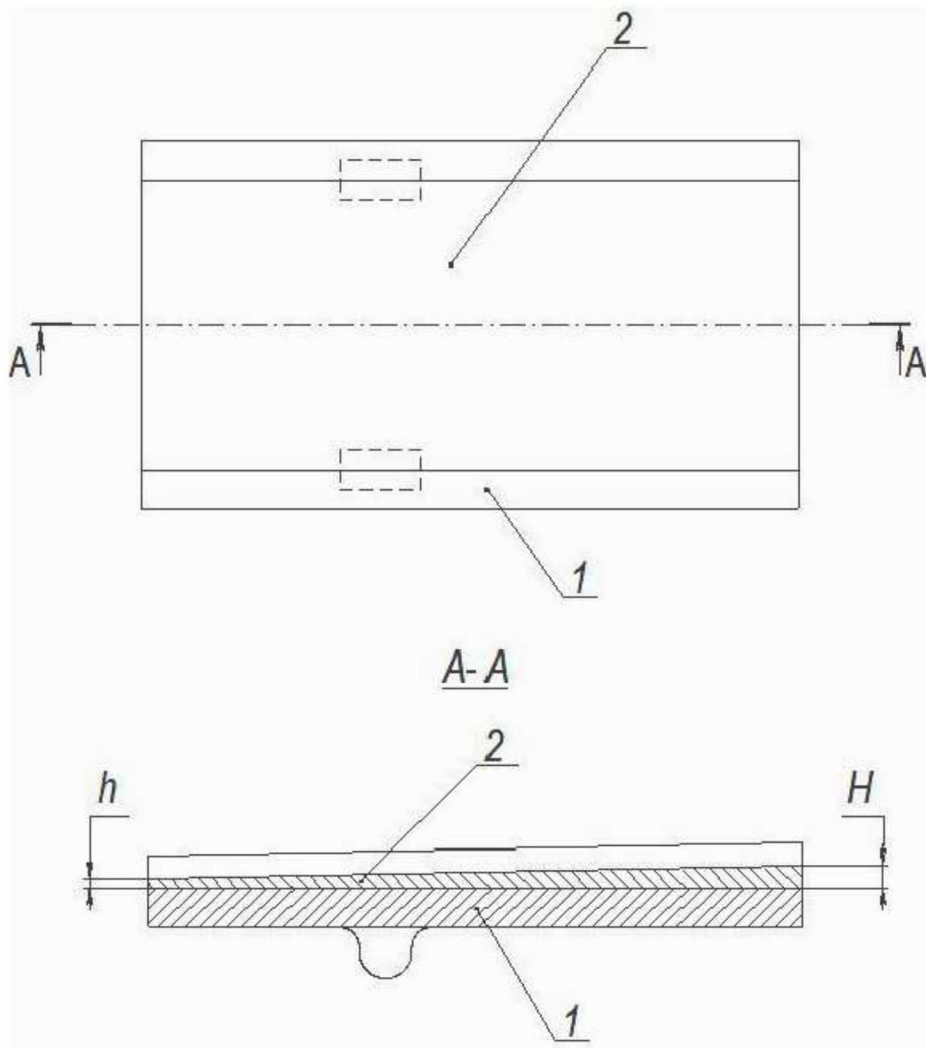


Рис. 3.11 – Схема відновлення зношеної поверхні лопатки

3.4 Модернізація конструкції дробеметної установки для обробки поверхні робочих валків

Раніше встановлено, що при обробці поверхні дробом на існуючій установці, у сліді від факела дробу можна виділити три зони, що знижує якість насиченої поверхні, оскільки не забезпечує рівномірної щільності насічки бочки валка, а відповідно і рівномірності шорсткості на поверхні авто листа.

Рівномірного розподілу шорсткості по поверхні валка можна досягти за рахунок формування факела дробу з меншою кількістю зон, і з більш рівномірним розподілом щільності факела дробу всередині зон.

З цією метою запропоновано встановити металеві штори у площині перпендикулярній площині обертання дробеметного колеса Штори є металевими пластинами зі сталі 30, розмірами 500x170x10 мм, які прикріплювали до швелерів дробеметної камери болтами М12. Установка штор

забезпечує формування факела дробу з меншою площею та більшою щільністю ударів дробу. Велика щільність факела дробу сприяє формуванню шорсткості поверхні валка, що насікається, з великим числом піків на одиницю довжини шорсткості.

Попередні дослідження показали, що швидкість дробу після зіткнення зі шторою змінює як напрям, а й величину. Зміна напрямку та зменшення швидкості дробу після зіткнення зі шторою залежить від умов тертя між дробом та поверхнею штори, а також від кута атаки. Встановлено, що кут відскоку дробу від штори трохи відрізняється від кута атаки. Зменшення швидкості дробу після зіткнення зі шторою залежить від коефіцієнта тертя та кута атаки. Надмірне зниження швидкості дробу після зіткнення зі шторою створює екрануючий ефект для інших дробинок, які спрямовані безпосередньо на поверхню валка.

Таким значенням кутів атаки відповідають вертикальне розташування штор довжиною 500 мм і відстанями між ними 600 мм (рис. 3.12).

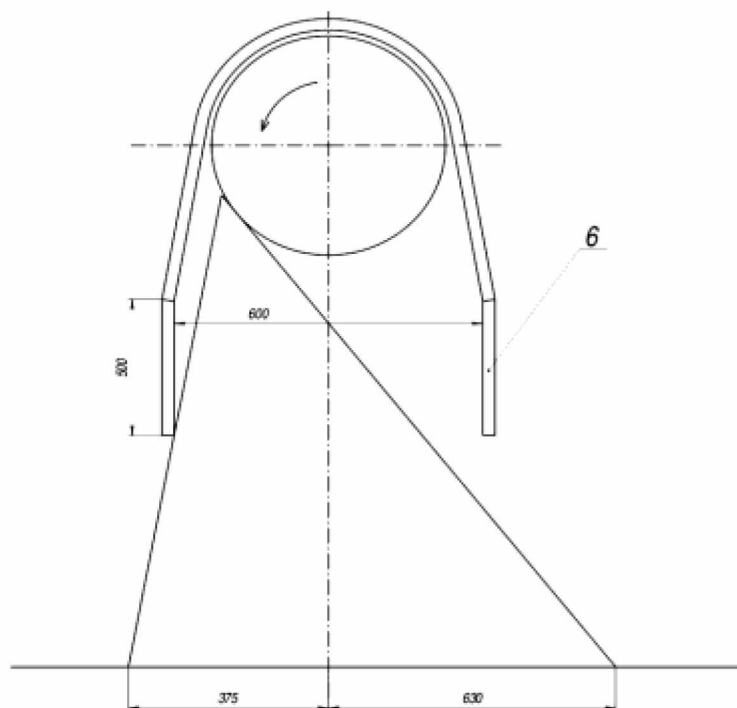


Рис. 3.12 – Схема встановлення штор на дробеметній установці Вілібратор

Висновки до розділу 3

Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що зі збільшенням числа обертів ротора глибина наклепу h_n та ступінь наклепу N поверхневого шару деталі збільшується. Аналогічна залежність параметрів h_n та

N спостерігається від числа проходів. Максимальні значення глибини наклепу та ступеня наклепу спостерігається при числі подвійних проходів рівних 6.

Проведені експерименти показали, що збільшення числа проходів із 2-х до 6-ти, при вихідній шорсткості 0, 13 і 0,37 мкм підвищує параметр Ra з 0,3 мкм до 0,32 мкм і з 0,39 мкм до 0,41 мкм відповідно; і зменшує параметр Ra з 0,64 мкм до 0,35 мкм, якщо вихідна шорсткість становить 0, 9 мкм, що говорить про складний характер взаємовпливу вихідної шорсткості та числа проходів дробу при обробці досліджуваних поверхонь.

Аналіз роботи дробеметної установки «Вілібратор» показав, що при існуючій технології обробки поверхні прокатних валків формується три яскраво виражені зони в плямі контакту факела дробу з оброблюваною поверхнею з нерівномірністю розподілу щільності насічки всередині них, що не забезпечує рівномірної щільності насічки бочки валка, а відповідно і рівномірності шорсткості на поверхні автолиста. Розсіювання факела дробу сприяє також знос лопаток дробеметного колеса.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Практичні рекомендації щодо вдосконалення технології підготовки поверхні робочих валків

На підставі аналізу отриманих результатів проведених експериментальних досліджень дресування авто листа з першою групою обробки поверхні розроблено такі рекомендації щодо дотримання вимог екологічної експертизи:

- Відпрацювання раціональних режимів дробеметної обробки із використанням факела дробу підвищеної щільності слід провести на серії робочих валків із встановленням різних кутів нахилу, конструкції та матеріалу штор.

- Необхідно привести у відповідність швидкість обертання дробеметного колеса турбіни та прокатного валка, що насікається, факелом дробу підвищеної щільності з метою отримання регламентованого мікрорельєфу робочої поверхні валків.

- З метою зменшення спотворення профілю лопаток турбіни в процесі їх експлуатації, що призводить до збільшення хаотичного розсіювання дробу, слід застосовувати для виготовлення лопаток матеріали підвищеної зносостійкості, наприклад, чавун та наплавні матеріали.

- При насіканні робочих валків дресувального стану факелом дробу підвищеної щільності, рекомендована кількість обертів дробеметної турбіни - 500 ... 1600 об/хв.

- Число обертів двигуна для обертання валка в установці дробеметної обробки при насіканні факелом дробу підвищеної щільності рекомендується встановлювати рівною 1200 ... 1300 об/хв.

- Шліфування робочої поверхні валків дресувального стану виконувати з коригуванням кількості обертів шліфувального круга в залежності від його зносу за технологічними таблицями і графіками.

- Збільшити витрату мастильно-охолоджуючої рідини, що подається в зону контакту шліфувального круга з поверхнею, що шліфується, валка на 30%.

- Дресування авто листа з першою групою обробки поверхні виконувати валками, що мають шийки без огранювання. З цією метою шліфування шийок виконувати лише відбалансованими шліфувальними кругами.

- З метою підвищення щільності факела дробу у вузол турбіни дробеметної установки встановити металеві штори розміром 500x170x10 мм у площині, перпендикулярній площині обертання дробеметного колеса.

- Вальце-шліфувальні верстати моделі 3415К забезпечити балансувальними пристроями для зниження дефекту «ребристість» та «огранювання» на шийках валків.

- Запровадження запропонованих рекомендацій дозволило зменшити вплив на навколишнє середовище та при апробації підвищити щільність піків Rc на 20-22%, зменшити відхилення шорсткості Ra від середнього значення на 18-20%, збільшити стабільність шорсткості на робочій поверхні валка.

4.2 Охорона праці та безпека з надзвичайних ситуацій

Технології підготовки поверхні робочих валків холодної прокатки передбачає здійснення дробеструмину обробку. Тому розглянемо питання, що стосуються вимог охорони праці та безпеки під час проведення даної технологічної операції. Обробка дробом здійснюється потоком абразивних частинок- дробинок, які швидко летять, швидкість яких при атаці оброблюваної поверхні перевищує 80 м/с, а при рикошеті досягає 50м/с. Тому чистильники металу працюють в спеціальних захисних скафандрах, до яких подають свіже повітря для дихання [41].

Враховуючи несприятливі умови роботи, дробеструменеві сопла повинні бути оснащені пристроями дистанційного керування, що дозволяють операторові перервати потік дробу. Рукоятка управління потоком легко-абразивної суміші повинна бути розміщена поряд з дробеструменевим соплом і оператор повинен уміти нею користуватися. Експлуатація дробеструменевих апаратів без пристроїв дистанційного керування недопустима, тому що це може привести до серйозних травм оператора та інших робітників.

Крім безпеки, пристрої дистанційного керування забезпечують істотну економію стислого повітря і абразивних частинок. Якщо операторові доводиться чекати, поки хто-небудь не включить дробеструменевий апарат, стисле повітря і абразив витрачатимуться даремно. Також відмова від залучення додаткового

робочого дозволить заощадити на трудовитратах, оскільки одна людина може завантажувати абразив в декілька апаратів або виконувати іншу роботу між наповненням резервуарів.

Існує два принципи роботи пристроїв дистанційного керування. Популярна система скидання тиску дозволяє розгерметизувати дробеструменевий апарат всякий раз при відпуску рукоятки дистанційного керування. Система утримання тиску дозволяє відключити подачу повітря і абразиву в сопло без розгерметизації апарату. Кожна з них має свої переваги і недоліки для конкретних випадків застосування.

Прості системи скидання тиску стислого повітря широко використовуються в дробеструменевих апаратах, розрахованих на одне робоче місце. При натисненні на рукоятку дистанційного керування в дробеструменевому апараті піднімається тиск і можна починати роботу. При відпуску рукоятки подача стислого повітря в дробеструменевий апарат припиняється, що приводить його до розгерметизації. Абразивний матеріал при цьому з увігнутої верхньої частини апарату або з розташованого зверху бункера-накопичувача автоматично пересипається в порожнину апарату.

Системи утримання тиску підтримують тиск стислого повітря в корпусі апарату, навіть коли струменеві роботи зупиняються. Таким чином, дробеструменевий апарат, розрахований на декілька робочих місць, дозволяє одному операторові зупинити очищення поверхні і не впливати на роботу інших операторів. Наявність пристрою утримання тиску в двокамерному апараті забезпечує переміщення абразиву з верхньої камери в нижню без переривання процесу дробеструменевих очищення.

Пристрої утримання тиску можна встановлювати і на дробеструменеві апарати з одним соплом, якщо є великі втрати часу на герметизацію або розгерметизацію зважаючи на часте включення апарату.

Системи утримання тиску в корпусі дробеструменевих апаратів в базовій комплектації не забезпечують автоматичного поповнення абразивним матеріалом. Для цього дробеструменевий апарат необхідно вручну розгерметизувати. Проте існує приладдя, яке дозволяє автоматизувати процес поповнення. Це можуть бути прості ручні перемикачі або електричні таймери і

показчики рівня.

4.4 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Для розрахунку приймаємо робочий валок середніх розмірів, який серійно виготовляються машинобудівними заводами [43].

Загальний річний економічний ефект визначається за формулою:

$$\mathcal{E} = B[C_1(T_2/T_1) - C_2], \quad (4.1)$$

де B – річна потреба переробних підприємств в робочому валку, $B=110$ шт;

C_1 – фактична собівартість робочого валку з шліфованими шийками валів, $C_1=2011$ грн;

C_2 – фактична собівартість робочого валку з шліфованими шийками валів, $C_2=2151$ грн;

T_1 – термін служби опор ковзання для апаратів, на яких встановлені робочого валку з нешліфованими шийками валів, $T_1=950$ годин;

T_2 – термін служби опор ковзання для апаратів, на яких встановлені робочого валку з шліфованими шийками валів, $T_2=1200$ годин.

Після підстановки числових значень отримуємо слідує:

$$\dot{Y} = 109[2010(1200/900) - 2150] = 57770 \text{ грн.}$$

Умовно - річна економія складатиме

$$\dot{Y}_{\bar{a}} = \dot{Y} - A_i \hat{e}, \quad (4.2)$$

де E_H – нормативний коефіцієнт капітальних витрат, $E_H=0,33$;

k – капітальні витрати машинобудівного заводу на розробку, виготовлення і монтаж токарно-гвинторізного верстата для механічної обробки шийок валів робочого валку $k=82000$ грн.

Тоді

$$\dot{Y}_{\bar{a}} = 57770 - 0,33 \cdot 82000 = 30710 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних витрат

$$\dot{O}_{ie} = \frac{\hat{e}}{\dot{Y}_{\bar{a}}} = \frac{82000}{30710} = 2,7 \text{ року.} \quad (4.3)$$

Розрахунок не враховує економію від випуску робочих валків продуктів,

що переробляються, за рахунок зменшення часу простоїв.

Висновки до розділу

У ході проведеної роботи отримано технічні рішення щодо пристроїв лопатки ротора дробеметного колеса та конструкції дробеметної установки.

На основі проведених досліджень внесені зміни в конструкцію турбіни установки для дробеметної обробки Вілібратор в ПрАТ «АВТОКРАЗ», що полягає в тому, що у вузлі турбіни встановлені металеві штори розміром 500x170x10 мм перпендикулярно твірній циліндричної поверхні прокатного валка. В результаті обробки валків за режимами обробки дробом, що застосовуються на заводі, виходить ущільнений і рівномірний дробоструминний факел, що підтверджено плямою контакту на металевому листі після обробки. Цю пляму контакту порівнювали із звичайною плямою, отриманою при обробці без встановлення металевих штор.

Внесення змін до конструкції дробеметної установки дозволило збільшити щільність і рівномірність факела дробу (замість трьох зон отримали дві зони плями контакту факела з оброблюваною поверхнею). Встановлено, що на основну зону з найбільш щільною насічкою припадає 90,5% усієї площі плями контакту, і на допоміжну зону з менш щільною насічкою - 9,5%, порівняно з 8% і 92%, одержуваних за технологією насічки, що застосовується в даний час.

Проведені експериментальні дослідження показали, що формування факела дробу з розробленими рекомендаціями дозволило збільшити щільність піків на 20-22% порівняно з існуючою технологією, що застосовується на виробництві заводу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень отримано комплекс технічних рішень, що забезпечують формування регламентованої мікрогеометрії прокатних валків дресирувального стану для отримання автомобільного листа.

Виявлено, що найбільший вплив на висотні крокові параметри шорсткості при дробеметній обробці мають фракція та швидкість дробу. Більш рівномірна шорсткість забезпечується при використанні дробу фракції 1,00-1,4 мм при вихідній шорсткості валка рівної $Ra=2-3$ мкм; $Pc=3 - 50$ піків на 1 см довжини.

З метою отримання регламентованої шорсткості холоднокатаного листа на основі теоретичних та практичних досліджень кінематики взаємодії дробу з оброблюваною поверхнею валка отримано оригінальне технічне рішення, що спрямоване на модернізацію існуючого обладнання дробеметної установки, які дозволили зменшити розкид шорсткості Ra на 18-20% та збільшити щільність поверхні мікропрокатного валка на 20-22%.

Розроблено математичну модель перенесення мікрогеометрії поверхні валка на деформовану смугу в процесі дресування, що дозволяє враховувати швидкість прокатки, натяг, розміри полоси, що дресується, відносну кількість металу валка і смуги в шорсткому шарі, і прогнозувати репродукцію мікрогеометрії валка на полосі, що деформується.

Запропоновано технічні та технологічні рішення, що дозволили збільшити частку виходу холоднокатаного листа 1-ої групи обробки поверхні за рахунок скорочення низькорентабельної продукції 2-ої групи обробки.