

УДК 621.924.093

С.О. Абрамов*Національна металургійна академія України***ОБҐРУНТУВАННЯ АБРАЗИВНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ АКТИВАЦІЇ ПОВЕРХНІ МІДНОЇ ЛАМЕЛИ СТРУМЕННОВО-АБРАЗИВНИМ МЕТОДОМ**

Стаття присвячена актуальному питанню, а саме розширенню впровадження струменевої обробки з використанням ударних часток, що збільшить силу взаємодії контактних поверхонь в колекторному вузлі двигуна постійного струму (мідна ламель-пластина слюдопласту), та в свою чергу призведе до збільшення строку експлуатації двигунів. У статті представлені результати фракційного, морфологічного та металографічного аналізів, як абразивного матеріалу так і поверхні після обробки струменево-абразивним методом.

Ключові слова: мідна ламель, абразивний матеріал, фракція, морфологія, профілограма, струменево-абразивний метод.

С.А. Абрамов**ОБОСНОВАНИЕ АБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ АКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ МЕДНОЙ ЛАМЕЛИ СТРУЙНО-АБРАЗИВНЫМ МЕТОДОМ**

Статья посвящена актуальному вопросу, а именно расширению внедрения струйной обработки с использованием ударных частиц, что увеличит силу взаимодействия контактных поверхностей в коллекторном узле двигателя постоянного тока и в свою очередь приведет к увеличению срока эксплуатации двигателей. В статье представлены результаты фракционного, морфологического и металлографического анализов, в качестве абразивного материала так и поверхности ламели после обработки струйно-абразивным методом.

Ключевые слова: медная ламель, абразивный материал, фракция, морфология, профилограмма, струйно-абразивный метод.

S. Abramov**JUSTIFICATION OF ABRASIVE MATERIALS FOR THE ACTIVATION OF THE SURFACE OF COPPER LAMEL BY JET AND ABRASIVE METHOD**

The article is devoted to the topical issue, namely the expansion of the introduction of blasting using shock particles (black silicon carbide), which will increase the interaction force of the contact surfaces in the collector node of a DC motor (copper lamella-plate of mica layer), and in turn will lead to an increase in service life engines. The article discusses the possibilities of increasing the activation of the surface of the copper lamella, in particular, the theoretical and practical aspects of the formation of relief using the jet-abrasive method when using silicon carbide, cast-iron shot, and copolymer as an abrasive material. The article presents the results of fractional, morphological and metallographic analyzes, as an abrasive material and surface after processing by the jet-abrasive method, using modern research methods, may be of practical importance for increasing the service life of DC motors. As a result of the study, the choice of abrasive material for the activation of the surface of the copper lamella by the jet-abrasive method was substantiated and the prospects for further research were determined.

Keywords: copper lamella, abrasive material, fraction, morphology, profilogram, jet-abrasive method.

Постановка проблеми. Активізація розвитку наукоємної галузі машинобудування зумовлена необхідністю прискорення випуску такої продукції, яка характеризується більшою часткою доданої вартості, що сприяє загальному зростанню рівня доходів у країні.

Двигуни постійного струму (ДПС) малої потужності використовуються у деревообробній, гірничодобувній, металургійній промисловості, в енергетиці, на транспорті, у багатьох видах інструментів, в приводах верстатів та багатьох інших галузях.

Експлуатаційна надійність ДПС багато в чому залежить від колекторного вузла. Найбільш зношуваними деталями вузла є мідні профільні ламелі, які відчувають безліч різного роду навантажень, що виникають через вплив електричного струму, абразивного зносу поверхневих шарів, контактних напружень, що виникають в складно деформованому стані і т.п.

Одним з основних показників якості ДПС є їх надійність, яка значною мірою визначається експлуатаційними властивостями деталей і з'єднань: зносостійкістю, втомною міцністю, корозійною стійкістю, герметичністю з'єднань, міцністю посадок тощо. Всі ці експлуатаційні властивості залежать від матеріалу деталей, точності розмірів і якості їх робочих поверхонь. Як правило, всі руйнування деталей починаються з поверхні. Таким чином, технічне рішення проблеми підвищення ДПС в значній мірі обумовлено можливістю технологічного забезпечення якості поверхневого шару деталей, яке включає в себе як геометричні характеристики, так і фізико-хімічні властивості [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з перспективних методів обробки поверхні мідної ламелі є метод струменево-абразивної обробки, сутність якого полягає в використанні ефекту удару частинок абразивного матеріалу об оброблювану поверхню [2-6].

Фізична картина процесу аналогічна зношування матеріалів, що знаходяться під дією потоку частинок. Крім знімання металу з поверхні, спостерігається її зміцнення і зміна мікрогеометрії, а в тонких поверхневих шарах виникають залишкові напружки стиснення.

Основними технологічними факторами, що впливають на результати обробки, є: тиск стисненого повітря, кут атаки струменя, довжина струменя, час обробки та вид абразивного матеріалу і його зернистість, концентрація.

Абразивні матеріали - це переважно матеріали високої твердості, природні та штучні, що застосовуються для обробки менш твердих матеріалів. Використовуються у вигляді зерна або порошків у вільному вигляді або у вигляді виготовлених з них інструментів. Існують штучні і природні абразивні матеріали. Штучні абразивні матеріали відрізняються більшою стабільністю фізико-механічних властивостей в порівнянні з природними. До природних абразивних матеріалів, які мають промислове значення, відносяться алмаз, гранат, корунд, кремій.

В даний час штучні абразивні матеріали практично повністю витіснили в промисловості природні. До штучним абразивних матеріалів відносяться алмаз синтетичний, карбід бору, технічне скло, ельбор (борозон), електрокорунд, карбід кремнію, сталевий дріб та сополімери та ін.

Пропоновані на ринку абразиви, наприклад, гарнет, мають гарні експлуатаційні властивості та характеризуються досить великою стійкістю (5-6 кратне використання) при невеликому пиловиділенні, однак ціна їх досить висока, що в кінцевому результаті призводить до високої питомої вартості формування поверхні. Тому не слід орієнтуватися на широке застосування цього імпортного абразиву.

Завдяки проведеному аналізу літературних джерел визначено, що вибір абразивного матеріалу для підготовки поверхні мідної ламелі колекторного вузла струменево-абразивним методом є процесом складним та актуальним.

Постановка завдань. Метою роботи є отримання активної поверхні мідних ламелей, що підготовляються для колекторних вузлів ДПС струменевим методом впливу для придання особливої шорсткості. Це забезпечить розширення впровадження струменевої обробки з використанням ударних часток (чорного карбіду кремнію), що збільшить силу взаємодії контактних поверхонь в колекторному вузлі ДПС (мідна ламель-пластина слюдопласта) та в свою чергу призведе до збільшення строку експлуатації двигунів.

Викладення основного матеріалу. В процесі дослідження для ефективного вибору абразивного матеріалу використовували наступні види абразивного матеріалу:

- за формою: сферична та осколкова;
- за матеріалом: карбід кремнію, чавун та сополімер;
- за розміром: 500 та 1600 мкм;

Чорний карбід кремнію (ККЧ) також називають чорним карборундом. Цей матеріал отриманий із синтезу високочистого кварцового піску та нафтового коксу в якості основної сировини при високій температурі в печі електричного опору. У порівнянні з зеленим карбідом кремнію, чистота, твердість і крихкість чорного SiC нижче. Він містить 85-98% SiC та домішок Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO, SiO₂, MnO₂. Він характеризується великою твердістю (9,2 в шкалі Мооса) і мікротвердістю (близько 2940-3320кг/мм²). Крім того, це хороша теплопровідність, низьке теплове розширення (зменшення при рості температури) та висока міцність, що забезпечує чорношкірий широко використовується. Це твердість і чіткість робить його дуже агресивним матеріалом для застосування, в якому вимагається висока чистота. SiC широко застосовується в шліфувальних кругах, матеріалах для обтирання та вогнетривкій сировині. Результати хімічного аналізу карбід кремнію (чорний) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Результати хімічного аналізу карбід кремнію (чорний)

Теоретичний, % ГОСТ 1415			Фактичний, %		
SiC	Fe ₂ O ₃	інше	SiC	Fe ₂ O ₃	інше
98,0	0,6	1,4	99,0	0,63	0,37

За результатами порівняльного хімічного аналізу теоретичний та фактичний хімічний склад карбід кремнію (чорний) майже не відрізняється.

Зелений кремнієвий карбід (SiC - ККЗ) - це штучний корунд, виготовлений з процесів синтезу кварцового піску (основний вміст кремнію SiO₂), нафтового коксу та NaCl під печей електричного опору. Серед абразивного зерна твердість карбиду кремнію вище, ніж корунд і займає місце під алмазом, кубічний нітрид бору та карбід бору. Густина, яка зазвичай розглядається, становить 3,20-3,25 г / см³, об'ємна щільність 1,2-1,6 г / см³. Він напівпрозорий у зеленому кольорі з кристалічною структурою, високою твердістю, різкістю, сильною ріжучою здатністю, стабільними хімічними характеристиками, гарною теплопровідністю. Це твердість і чіткість робить його дуже агресивним матеріалом для застосування, в якому вимагається висока чистота. SiC широко застосовується в шліфувальних кругах, матеріалах для обтирання та вогнетривкій сировині. Зелений абразивний графіт із карбиду кремнію (зелений абразив SiC) виробляється відповідно до стандарту FEPA / JIS / ANSI. Результати хімічного аналізу кремній карбід (зелений) наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Результати хімічного аналізу карбід кремнію (зелений)					
Теоретичний, % ГОСТ 1415			Фактичний, %		
SiC	Fe ₂ O ₃	інше	SiC	Fe ₂ O ₃	інше
98,0	0,1	1,0	99,0	0,4	0,6

За результатами порівняльного хімічного аналізу теоретичний та фактичний хімічний склад карбід кремнію (зелений) майже не відрізняється. Збільшення долі Fe₂O₃ призводить до збільшення модуля пружності, що збільшує жорсткість абразивних частин.

Чавунна дріб (ДЧЛ) призначена для очищення виливків, прокату, деталей після термічної обробки, підготовки поверхонь до фарбування і нанесення гальванічних покриттів, а також для дробильно-струменевого зміцнення металевих виробів. Дріб чавунна лита має високу твердість, дробинки мають сферичну форму. Поверхня, оброблена дробом ДЧЛ, набуває профіль у вигляді напівсферичних западин.

Відповідно до Держстандарту 11964-81 дріб ДЧЛ рекомендується застосовувати для наступних технологічних завдань: очищення середнього машинобудівного лиття, очищення деталей машинобудування після термічної обробки перед фарбуванням і гальванічним покриттям, насосного і компресорного лиття, вагонного і дизельного лиття, лиття середніх розмірів для верстатів всіх типів, молотів і пресів, електродвигунів, середнього і дрібного сталевого і великого кольорового лиття, листового прокату середньої та великої товщини.

Чавунна лита поліпшена дріб виготовляється з дробу чавунної литої з наступним відпуском, що призводить до поліпшення її експлуатаційних характеристик в порівнянні з дробом чавунним литим. Сталева дріб має високу абразивну здатність та твердість 38 -50 HRC. Щільність 7,3г/см³. Можливість повторного використання до 100 разів.

Перевагами застосування дробів є безпека, екологічність, технологічність і висока продуктивність операцій. При роботі в дрібоструменевої камері можливо багаторазове використання металевих гранул. Витрата дробу при струменевої обробці поверхонь для досягнення однаковою мірою очищення набагато нижче, ніж витрата інших популярних піскоструминних абразивів, що нівелює собою здаються відносно високими вартість і ціну технічних металевих дробів. Теоретичний хімічний склад ДЧЛП, згідно Держстандарту 11964-81 визначає виробник де вміст вуглецю (С) коливається від 0,5% до 2,9%, а кремній від 1,0% до 20%, інші елементи майже не змінюються. Результати фактичного хімічного складу чавунної дробу наведені в таблиці 3.

Таблиця 3.

**Результати фактичного хімічного складу чавунної дробу поліпшеної (ДЧЛП)
Держстандарт 11964-81**

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
3,0	8,3	0,5	0,2	0,2	0,12	0,2

Згідно проведеного аналізу хімічного складу ДЧЛП це марка чавуну ЧС5 - чавун кременистий низьколегований жаростійкий.

Полімерні матеріали використовуються в промисловості, в основному, для виробництва різних виробів хімічної промисловості. Відомо, що при переробці та експлуатація виробів з полімерних матеріалів величезне значення приділяється усуненню електростатичних зарядів, які є причиною браку продукції, різкого зниження швидкості роботи машин і апаратів. Крім того,

іскрові розряди статичної електрики можуть викликати вибухи і займання горючих рідин, вогнебезпечних газових сумішей, пилу. Електризація полімерних матеріалів призводить до сильного забруднення їх поверхні і може також збільшувати швидкість деструкції полімерів, що супроводжується виділенням токсичних речовин. Тому застосування полімерних матеріалів в якості наповнювачів струменя при струменевій обробці обмежена, а там де все ж застосовують обробку в такому вигляді, обов'язково використовують пристрої для зняття статичного заряду. Електростатичні заряди виникають в полімерах при їх терті або розриві контакту як з провідними матеріалами, так і з діелектриками.

Проводилися дослідження можливостей застосування сополімерів стиролу, що характеризуються в порівнянні з полістиролом кращими механічними і діелектричними властивостями. Причина збільшення ударної міцності сополімерів полягає у введенні агента, що зшиває, яким в даному випадку є девинілбензол. За однією з існуючих гіпотез, частки мікрогелю здатні знижувати концентрацію напружень, що виникають на кінці тріщини, що росте під дією ударного навантаження. порівнюючи, ударостійкий полістирол з вибраними сополімерами стиролу виявляємо, що останні мають ударну міцність більшу в середньому на 65% і менше відносно подовження в середньому на 25% [7].

Стійкість сополімерів до руйнування значно вище, ніж у полістиролу, що дозволяє використовувати їх багаторазово, тим самим знижуючи витрати, пов'язаних із закупівлею матеріалу для обробки. Діелектричні властивості сополімерів стиролу значно краще, ніж у полістиролу. Питомий об'ємний електроопір становить 1016 проти 1014 Ом·см у полістиролу, а тангенс кута діелектричних втрат при частоті 1МГц - 0,0004 проти 0,0007, що дозволяє стверджувати про більшу електризації сополімерів стиролу. Таким чином, в подальших дослідженнях в якості наповнювача струменя використовувалися сополімери стиролу, у яких хороші механічні властивості поєднуються краще, з усіх полімерів діелектричними властивостями.

Сополімер - різновид полімерів, ланцюжки молекул яких (макромолекули) складаються з двох або більше різних структурних ланок. Розрізняють регулярні і нерегулярні сополімери (яких більшість). Різні структурні ланки нерегулярних сополімерів безладно розташовані уздовж ланцюжка. У регулярних же сополімерах різні структурні ланки розташовані впорядковано і, отже, регулярні сополімери можуть бути представлені як звичайні полімери з великими структурними ланками.

Сополімер стирол КУ-2-8 це сильнокислотна іонообмінна смола з гелевою структурою. Випускається у формі дрібних гранул сферичної форми від світло-жовтого до темно-коричневого кольору. Формула: сополімер стиролу і девинілбензол. Технічні характеристики сополімер стирол КУ-2-8 наведені в таблиці 4.

Таблиця 4.

Технічні характеристики сополімер стирол КУ-2-8 Держстандарт 12271-76

№	Найменування показника	Параметри
1	Зовнішній вигляд	Сфери світло-жовтого кольору
2	Гранулометричний склад: а) розмір зерен, мм б) утримання робочої фракції,%, не менше в) ефективний розмір зерен, мм, не більше г) коефіцієнт однорідності, не більше	0,315 - 1,6 96 0,4 - 0,55 1,7
3	Питома об'єм, см/г ³ , не більше	2,8
4	Повна статична обмінна ємність, ммоль /см ³	1,8
5	Ударна в'язкість, Дж / м2 (кгс·см/см ²), не менше	2,45·10 ⁴
6	Питомий об'ємний електричний опір, Ом·см,	10 ¹⁶
7	Тангенс кута діелектричних втрат при частоті 1МГц	4·10 ⁻⁴
8	Електрична міцність, кВ /мм, не менше	20

Використання кульок сополімеру стиролу діаметром 0,25-0,5мм дозволяє збільшити продуктивність, тому що сумарне накопичення зарядів в цих кульках більше ніж в кульках діаметром 1,5мм. А так як при менших розмірах на одиниці площі може поміститися більше кульок, ніж при великих розмірах, то зростає і кількість розрядів на одиницю площі. Сумарний

електричний заряд потоку кульок меншого діаметру більше [8]. Відповідно на одній і тій же площі обробки застосування кульок меншого діаметра в порівнянні з великими кульками викликає більш інтенсивне надавання жорсткості поверхні основного металу.

В роботі проведено порівняльного фракційного аналіз абразивного матеріалу для активації поверхні мідних ламелей методом струменевої обробки. Результати аналізу наведені в таблиці 5

Таблиця 5.

Результати порівняльного фракційного аналіз абразивного матеріалу

№	Абразивний матеріал	D, мкм	Відсоток, %	Відносне відхилення від D_{cp} , %	Разнофракційність, %	D_{cp} , мкм
1	Карбід кремнію (чорний) (ККЧ)	870	16,38	42,0	35,0	1500
2		1300	39,42	6,0		
3		1600	29,20	13,0		
4		2700	15,00	80,0		
1	Карбід кремнію (зелений) (ККЗ)	290	18,38	42,0	40,9	500
2		325	37,42	35,0		
3		533	28,20	6,60		
4		900	16,00	80,0		
1	Чавунна дріб ДЧЛП (ЧС5)	800	9,00	50,0	25,0	1600
2		1200	31,14	25,0		
3		1600	35,36	0		
4		2000	20,00	25,0		
5		2400	4,50	50,0		
1	Сополімер КУ-2-8 (фракція 1,5 мм)	900	8,50	43,75	26,3	1600
2		1100	32,14	31,25		
3		1500	34,36	6,25		
4		2000	20,50	25,0		
5		2400	4,50	50,0		
1	Сополімер КУ-2-8 (фракція 0,5 мм)	250	20,5	50,0	87,5	500
2		500	32,14	0		
3		1000	34,36	100,0		
4		1500	13,0	200,0		

Найбільша різнофракційність спостерігається в абразивному матеріалі сополімер КУ-2-8 (фракція 0,5 мм) та складає 87, 5%, найменша - чавунна дріб ДЧЛП (ЧС5), складає – 25%.

На рис. 1 наведено морфологічний аналіз абразивних матеріалів. Чавунна дріб та сополімери представлені сферичною формою в той же час карбід кремнію чорний та зелений осколкову.

На рис. 2 представлено розподіл абразивних матеріалів за фракціями.

Розмір гранул абразиву має величезний вплив на якість оброблюваної поверхні, оптимальний рельєф та необхідну текстуру. Здавалося б, чим більше абразив, тим краще він обробляє поверхню і приводить до підвищення шорсткості, але це не так. Великі абразивні частинки глибше врізаються в поверхню, через що на ній залишаються виїмки і високі піки, в той же час гранули меншого розміру можуть не надати поверхні необхідну шорсткість. Дослідження показали, що залежність шорсткості обробленої поверхні від розмірів абразивних частинок є лінійною.

Зі збільшенням зернистості абразивного матеріалу висота мікронерівностей різко зростає, так як збільшуються розміри лунок, що залишаються на оброблюваній поверхні ламелей абразивними частинками. Морфологічний скананаліз поверхні, обробленої різним абразивним матеріалом ККЧ, ККЗ, ДЧЛП (ЧС5), КУ-2-8 наведені на рис. 3.

Підтвердженням цьому служать профілограми поверхонь, оброблених абразивними матеріалами різної зернистості (рис. 4).

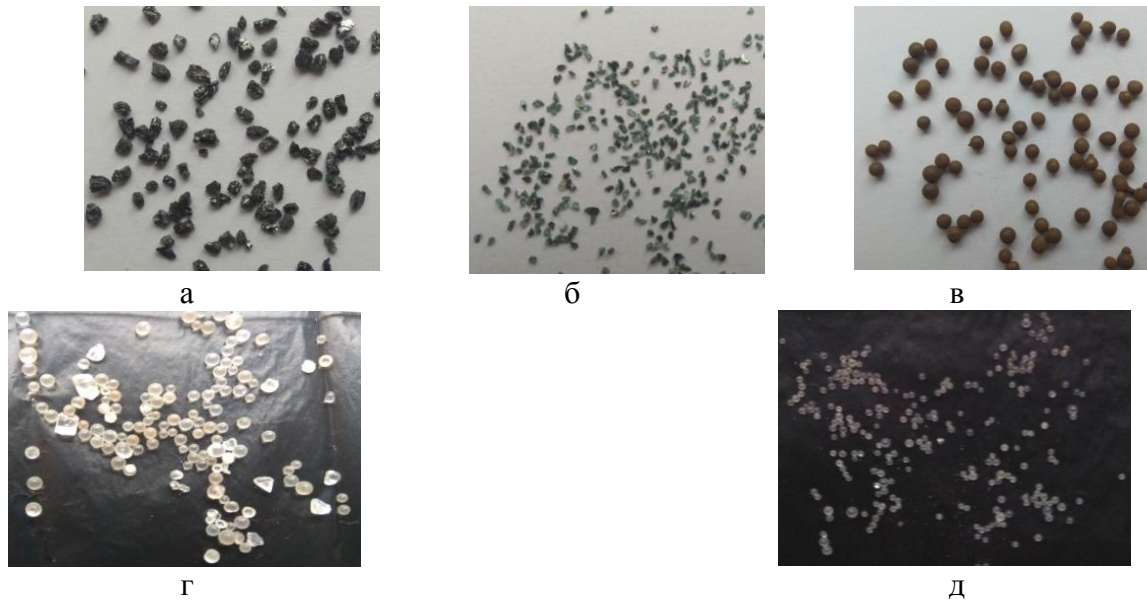


Рис. 1. Морфологічний аналіз абразивних матеріалів, що досліджувалися:
а – ККЧ, б – ККЗ, в – ДЧЛП (ЧС5), г – КУ-2-8 (фракція 1,5мм), д - г – КУ-2-8 (фракція 0,5мм)

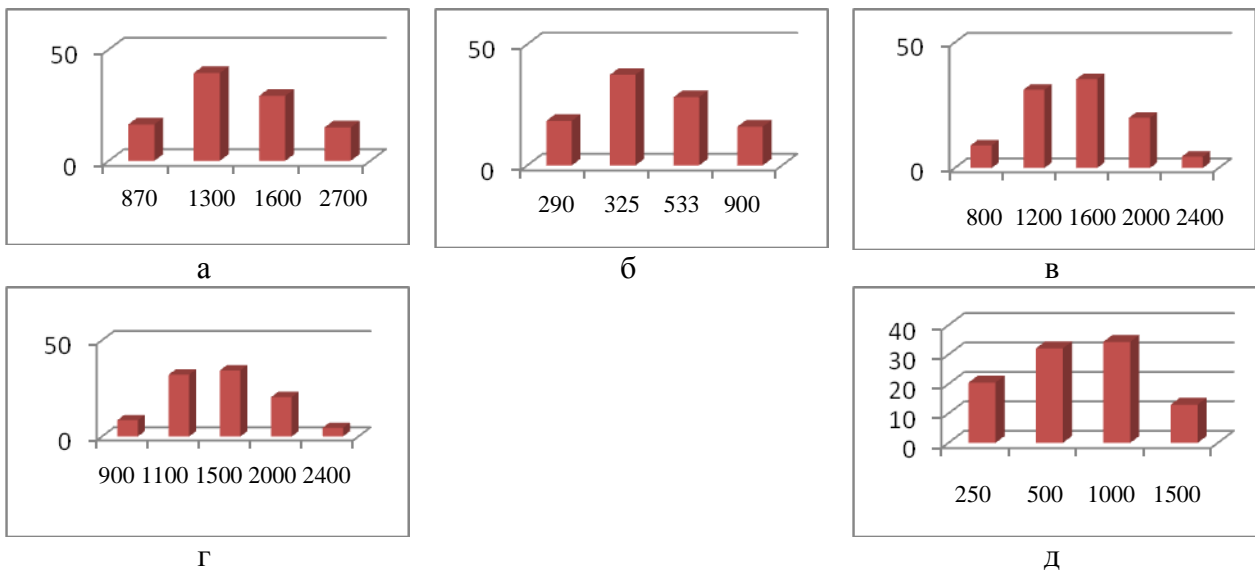


Рис. 2. Розподіл абразивних матеріалів за фракціями:
а – ККЧ, б – ККЗ, в – ДЧЛП (ЧС5), г – КУ-2-8 (фракція 1,5мм), д - КУ-2-8 (фракція 0,5мм)

Морфологічний скананаліз та побудова 3D-профілограми поверхні ламелі, що оброблена різним абразивним матеріалом досліджували за допомогою оптичного інтерференційного 3-D профілометра "Micron-alpha", який призначений для відновлення мікротопографії поверхонь методом обробки послідовності інтерференційних картин в білому світі, та дозволяє реєструвати топографію поверхні шляхом обробки послідовності інтерференційних даних (картин), що реєструються цифровою камерою при зміщенні опорного (еталонного) дзеркала.

Аналіз активності поверхні ламелі проводили за п'ятьма вертикалями, значення яких усереднювалося та визначалася шорсткість поверхні R_a автоматично з зображення профілю. За результатами аналізу шорсткості при обробці поверхні ламелі абразивними матеріалами визначено значення R_a відповідно: ККЧ - $R_a=13,0$, ККЗ - $R_a=5,7$, ДЧЛП - $R_a=1,3$, КУ-2-8 (фракція 1,5мм) - $R_a=0,57$, КУ-2-8 (фракція 0,5мм) - $R_a=0,66$. Зважаючи на основну мету дослідження, а саме підвищення активної поверхні мідних ламелей, що збільшить силу взаємодії контактних поверхонь в колекторному вузлі ДПС (мідна ламель-пластина слюдопласта) рекомендовано в якості абразивного матеріалу для струменевої обробки з використанням ударних часток - карбід кремнію чорний ($R_a=13,0$).

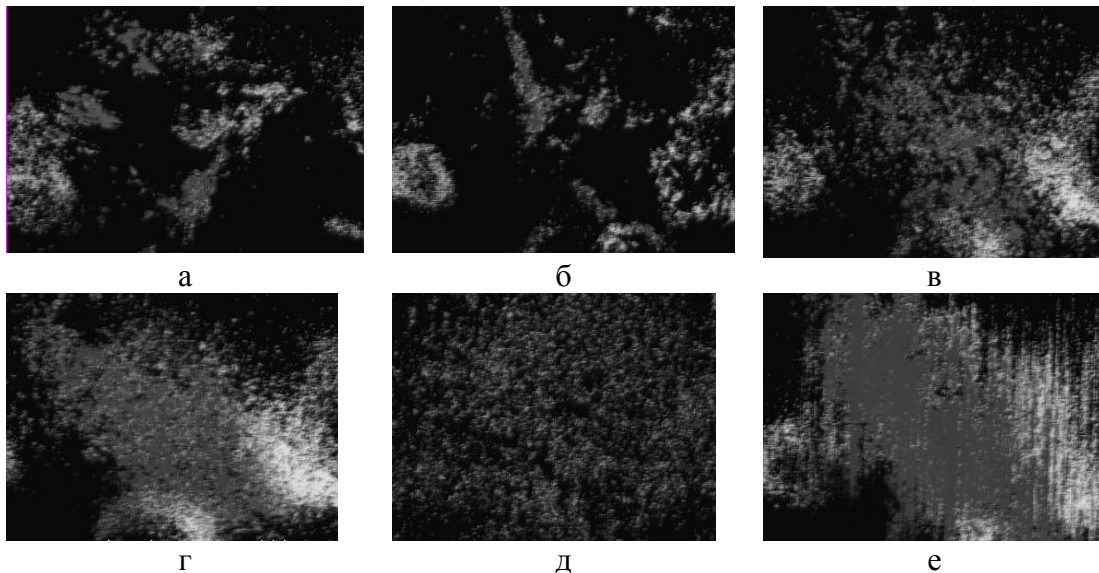


Рис. 3. Морфологічний скананаліз поверхні, що оброблена різним абразивним матеріалом: а – ККЧ, б – ККЗ, в – ДЧЛП (ЧС5), г – КУ-2-8 (фракція 1,5мм), д – КУ-2-8 (фракція 0,5мм); е – вихідна ламель

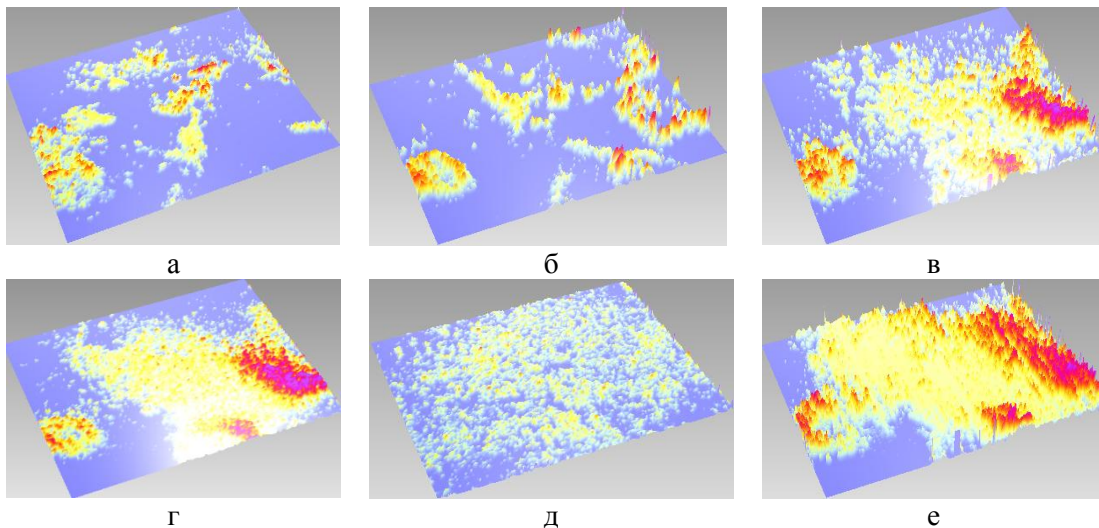


Рис. 4. 3D-профілограми поверхні, що оброблена різним абразивним матеріалом: а – ККЧ, б – ККЗ, в – ДЧЛП (ЧС5), г – КУ-2-8 (фракція 1,5мм), д – КУ-2-8 (фракція 0,5мм), е – вихідна ламель

Топографія вихідної ламелі мають тестуровані лінії після волочіння, що забезпечить нерівномірну силу взаємодії контактних поверхонь в колекторному вузлі ДПС (мідна ламель-пластина слюдопласта).

Згідно аналізу скану поверхні після обробки найбільш рівномірну топографію мають зразки ламелі, оброблені КУ-2-8 (фракція 0,5мм) (рис.3, д), але шорсткість зразка досить низька, що в свою чергу не забезпечить збільшення активної поверхні контакту.

Оптимальні параметри шорсткості поверхні мідної ламелі та рівномірності обробки забезпечує абразивний матеріал – ККЧ.

До основних параметрів абразивного матеріалу для струменевого активування поверхні мідних ламелей колекторного вузла відноситься: твердість; абразивна здатність; крихкість; пилоутворення; можливість рекуперації циклів; середні витрати на 1м²; швидкість активації поверхні; ціна; собівартість активації поверхні.

Порівняльна характеристика досліджуваного абразивного матеріалу для струменевого активування поверхні мідних ламелей колекторного вузла за основними параметрами наведена в таблиці 6.

За результатами порівняльного аналізу визначено, що найбільш ефективним за технологічними та економічними параметрами підходить карбід кремнію чорний (розмір фракції 1500мкм).

Таблиця 6

Результати порівняльного аналізу абразивного матеріалу для струменевого активування поверхні мідних ламелей колекторного вузла

№	Основні параметри	Карбід кремнію	Чавунна дріб	Сополімер
1	Твердість	9-10 Moohs	38 -50 HRC	4 Moohs
2	Абразивна здатність	висока	висока	низька
3	Крихкість	середня	низька	низька
4	Пилоутворення	середнє	середнє	мінімальна
5	Можливість рекуперації циклів	5-7	8 - 10	8 - 12
6	Середні витрати на 1 м ²	3 - 10кг	5 -10кг	—*
7	Швидкість активації поверхні	дуже висока	висока	низька
8	Ціна	середня	низька	висока
9	Собівартість активації поверхні	середня	низька	висока

Висновки. За результатами проведених досліджень в якості абразивного матеріалу, що підвищить активування поверхні мідних ламелей, які підготовляються для колекторних вузлів ДПС струменевим методом впливу для придання особливої шорсткості, запропоновано карбід кремнію (чорний) (ККЧ), який має осколкову форму (класифікація за формою частки) та розміром 1500мкм. Різномасштабність карбід кремнію (чорний) (ККЧ) складає 35%. Для зменшення різномасштабності для збільшення відповідності рекомендовано узгоджувати ці питання з постачальником абразивного матеріалу.

За результатами порівняльного аналізу за основними параметрами абразивного матеріалу для струменевого активування поверхні мідних ламелей колекторного вузла (твердість; абразивна здатність; крихкість; пилоутворення; можливість рекуперації циклів; середні витрати на 1м²; швидкість активації поверхні; ціна; собівартість активації поверхні) найбільш відповідним визначено також карбід кремнію (чорний) (ККЧ).

Збільшення активності поверхні збільшить силу взаємодії контактних поверхонь в колекторному вузлі ДПС (мідна ламель-пластина шлюдопласта) та в свою чергу призведе до збільшення строку експлуатації двигунів.

Список використаних джерел:

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
2. Тамаркин, М.А. Повышение эффективности технологических процессов гидроабразивной обработки/ М.А. Тамаркин, Э.Э. Тищенко, А.А. Тихонов// Автоматизация и современные техно-логии. – 2013. – №4. – С. 35–43.
3. Тамаркин, М.А. Оптимизация технологических процессов вибрационной отделочно-упрочняющей обработки/ М.А. Тамаркин, М.В. Сухов, Э.Э. Тищенко// Автоматизация и современные технологии. – 2007. – №2. – С. 38–43.
4. Tamarkin, M.A. Metal removal in the abrasive machining of complex surfaces / M.A. Tamarkin, E.E. Tishchenko, O.A. Rozhnenko // Russian Engineering Research. – 2013. – Vol. 33, no. 5. – P. 302–305.
5. Tamarkin, M.A. Surface-layer quality in shot treatment / M.A. Tamarkin, E.E. Tishchenko, V.G. Lebedenko // Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 30, no. 2. – P. 144–148.
6. Бочкарев П.Ю., Захаров О.В., Скляр И.А. Абразивно-струйная обработка крупногабаритных заготовок Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry. 2015, vol. 15, no. 3, pp. 56–62
7. Проволоцкий А.Е. Шаровые полимеры в технологии струйной обработки / А.Е. Проволоцкий, П. С. Лапшин // Сучасні технології в машинобудуванні = Modern technologies in mechanical engineering : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2010. – Вип. 4. – С. 149-160.
8. Василенок Ю.И. Защита полимеров от статического электричества. Л. —ХимияІ, 1975.

Рецензенти:

Негруб Світлана Леонідівна, доцент кафедри технології машинобудування НМетАУ, к.т.н., доцент;

Ермократьєв Віктор Олексійович, директор ТОВ «НВО Укрмехремчермет», лауреат Державної премії України в галузі науки та техніки, к.т.н., доцент.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2019