

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

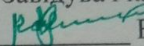
Хіміко-технологічний факультет
Кафедра хімічної технології композиційних матеріалів

«На правах рукопису»

УДК 621.921

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ХТКМ

 В.А. Свідерський

«16» 05 2018р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

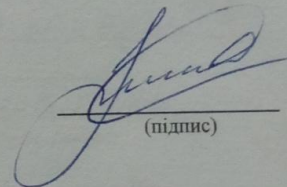
спеціальність 161-Хімічні технології та інженерія

на тему Гібридні полімерні зв'язки для композитів
абразивного призначення

Виконав (-ла) студент (-ка) VI курсу, групи XII - 61M

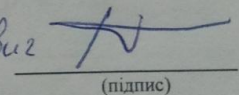
Скороход Сергій Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

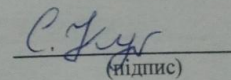
Науковий керівник проф. д.т.н. Пащенко Тетяна Олександрівна

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

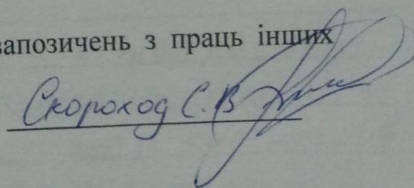

(підпис)

Рецензент с.н.с, к.т.н. Кухаренко С.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент Скороход С.В.


Київ - 2018 року

560 п.м

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

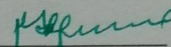
Хіміко-технологічний факультет
Кафедра хімічної технології композиційних матеріалів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо - науковою програмою

Спеціальність 161-Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ХТКМ

 В.А. Свідерський

“ 12 ” 04 2018 р

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Скороходу Сергію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації Гібридні полімерні з'єднки для композитів абразивного призначення
Науковий керівник дисертації Пащенко Євгеній Олександрович проф. д.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ ” 201 року №

2. Термін подання студентом дисертації

3. Об'єкт дослідження композити на основі каучуку СКН-40 модифіковані комплексною сполукою нікелю

4. Предмет дослідження експлуатаційні характеристики композитів

5. Перелік питань, які потрібно розробити описати полімерні композити з високим міцністю утримання гасишок абразиву; дослідити структуру та властивості композитів на основі описаних з'єднань; оцінити деформаційні властивості композитів; визначити експлуатаційні характеристики композиційних матеріалів.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Схема отримання комплексних сполук; схема взаємодії оксихіоліну нікелю зі зв'язкою та утворення координаційних і ковалентних зв'язків; різновид конструкцій стрілок типу АСЦА; Кінетика потермічної вулканізації сумішей; Залежність модуля Юнга від вмісту сірки в каучуковій зв'язці; залишкова напруга в сплаві ВК8.

7. Орієнтовний перелік публікацій Роль оксихіолінових комплексів металів в абразивних композиційних матеріалах; Аналіз впливу аніонної складової частини солей на формування кластерів і гострих в олигодисцелятах ванадію, нікелю, міді; Механізм формування нормалізованих фрагментів в олигодисцелятах алюмінію;

8. Дата видачі завдання 01.10.16

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Одержання завдання	31.09.2017	
	Розробка плану викон. дипл. роботи	10.10.2017	
	Аналіз сучасного стану питання	01.11.2017	
	Вибір об'єктів, методів дослідження	05.11.2017	
	Визначення вихідних комунікатів	10.11.2017	
	Отримання зразків шліфів	11.11.2017	
	Результати аналізу виконання при квал.	01.12.2017	
	Ізо термічна кінетика вулк. суміш	24.12.2017	
	Регістратор електр. спектрокопії	05.03.2018	
	Аналіз отрим. результатів	01.05.2018	
	Оформлення проект. до дипл. роботи	05.05.2018	
	Нормоконтроль	11.05.2018	

Студент

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Гібридні полімерні зв'язки для композитів абразивного призначення»: 72 с., 17 рис., 8 табл., 27 джерел, 1 додаток.

Мета даної роботи полягала у розробці композитів, інструментального призначення з високими експлуатаційними показниками оброблюваних поверхонь. Багаторічна практика підтвердила доцільність використання алмазовмісних абразивних композитів на каучукових зв'язках для шліфування матеріалів на основі нержавіючих сталей, твердих сплавів технічного складу. Проте виготовлення та використання інструментів з таких композитів стикається з певними обмеженнями, а саме: ті традиційні рецептури, які забезпечують достатній рівень фізико-механічних властивостей каучукової зв'язки, не забезпечують достатньо міцного втримання абразивних зерен, ті ж композити традиційних складів, які краще утримують абразивні зерна є занадто деформівними, а в багатьох випадках нестабільними при зберіганні. З метою подолання згаданих обмежень була запропонована ідея створення гібридних композитів на каучуковій зв'язці. Гібридний характер в даному випадку забезпечується поєднанням в їх структурі різних за фізико-хімічною природою ковалентних і координаційних зв'язків. Введення координаційних зв'язків більш гнучких та схильних до зворотного розриву-відновлення в структурі, також надає додаткових можливостей технологічного керування експлуатаційними характеристиками композиційних матеріалів. З цією метою використані добавки у вигляді оксихінолінових комплексів ряду металів міді, феруму, нікелю. Були виготовлені суміші на основі каучуку СКН-40, які володіють високими фізико-механічними характеристиками: зносостійкістю, теплостійкістю, міцністю на роздир.

Робота містить результати дослідження таких параметрів як: модуль Юнга, втомна витривалість, обертовий момент, відносна деформація, температура в зоні контакту, залишкова напруга, параметр шорсткості.

На основі отриманих результатів одержані композити на основі каучука СКН-40, що містять оксихіноліновий комплекс нікелю. Дані полімери використовувалися, як

зв'язуючі для виготовлення абразивних композитів наповнених синтетичним алмазом 50/40-160/125.

Результати даної роботи можуть бути використані в промисловості, в сфері шліфування надтвердих сплавів.

Отримані експериментальні дані можуть слугувати основою для подальших досліджень в цьому напрямі з метою покращення експлуатаційних властивостей в композитах абразивного призначення та оброблювальних поверхнях.

ABSTRACT

Master's dissertation on the topic: "Hybrid polymer binders for abrasive composites": 72 pages of printed text, 17 drawings, 8 tables, 27 sources.

The purpose of this work was to develop composites, instrumental with high performance indicators of treated surfaces. Many years of practice has confirmed the feasibility of using diamond-containing abrasive composites on rubber bands for grinding materials on the basis of stainless steels, solid alloys of technical composition. However, the manufacture and use of tools from such composites is subject to certain limitations, namely: those traditional composite that provide a sufficient level of physical and mechanical properties of the rubber bond, do not provide a sufficiently strong hold of abrasive grains, the same composites of traditional compositions that are better kept abrasive grains are too deformable, and in many cases unstable when stored. In order to overcome these restrictions, the idea of creating hybrid composites. The hybrid character in this case is ensured by a combination of covalent and coordination bonds in their structure different in physico-chemical nature.

The introduction of coordination bonds more flexible and prone to reverse crash-restoration in the structure also provides additional possibilities for technological control of the operational characteristics of composite materials.

To this end, additives were used in the form of oxyquinoline complexes of a number of copper, ferrum, and nickel metals. The work contains the results of research of parameters such as: Young's modulus, fatigue endurance, torque, relative deformation, temperature in the contact zone, residual pressure, roughness parameter.

Based on the results obtained, composites based rubber containing the oxyquinoline complex of nickel. These polymers were used as binders for the production of abrasive composites filled with synthetic diamond 50 / 40-160 / 125.

The results of this work can be used in the industry, in the field of grinding superhard alloys.

The experimental data obtained can serve as the basis for further research in this direction in order to improve the performance in abrasive and abrasive composites.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Гібридні полімерні зв'язки для композитів абразивного призначення»: 76 с., 17 рис., 8 табл., 27 джерел, додатки.

Мета даної роботи полягала у розробці композитів, інструментального призначення з високими експлуатаційними показниками оброблюваних поверхонь. Багаторічна практика підтвердила доцільність використання алмазовмісних абразивних композитів на каучукових зв'язках для шліфування матеріалів на основі нержавіючих сталей, твердих сплавів технічного складу. Проте виготовлення та використання інструментів з таких композитів стикається з певними обмеженнями, а саме: ті традиційні рецептури, які забезпечують достатній рівень фізико-механічних властивостей каучукової зв'язки, не забезпечують достатньо міцного втримання абразивних зерен, ті ж композити традиційних складів, які краще утримують абразивні зерна є занадто деформівними, а в багатьох випадках нестабільними при зберіганні. З метою подолання згаданих обмежень була запропонована ідея створення гібридних композитів на каучуковій зв'язці. Гібридний характер в даному випадку забезпечується поєднанням в їх структурі різних за фізико-хімічною природою ковалентних і координаційних зв'язків. Введення координаційних зв'язків більш гнучких та схильних до зворотного розриву-відновлення в структурі, також надає додаткових можливостей технологічного керування експлуатаційними характеристиками композиційних матеріалів. З цією метою використані добавки у вигляді оксихінолінових комплексів ряду металів міді, феруму, нікелю. Були виготовлені суміші на основі каучуку СКН-40, які володіють високими фізико-механічними характеристиками: зносостійкістю, теплостійкістю, міцністю на роздир.

Робота містить результати дослідження таких параметрів як: модуль Юнга, втомна витривалість, обертовий момент, відносна деформація, температура в зоні контакту, залишкова напруга, параметр шорсткості.

На основі отриманих результатів одержані композити на основі каучука СКН-40, що містять оксихіноліновий комплекс нікелю. Дані полімери використовувалися, як

зв'язуючі для виготовлення абразивних композитів наповнених синтетичним алмазом 50/40-160/125.

Результати даної роботи можуть бути використані в промисловості, в сфері шліфування надтвердих сплавів.

Отримані експериментальні дані можуть слугувати основою для подальших досліджень в цьому напрямі з метою покращення експлуатаційних властивостей в композитах абразивного призначення та оброблювальних поверхнях.

ABSTRACT

Master's dissertation on the topic: "Hybrid polymer binders for abrasive composites": 76 pages of printed text, 17 drawings, 8 tables, sources.

The purpose of this work was to develop composites, instrumental with high performance indicators of treated surfaces. Many years of practice has confirmed the feasibility of using diamond-containing abrasive composites on rubber bands for grinding materials on the basis of stainless steels, solid alloys of technical composition. However, the manufacture and use of tools from such composites is subject to certain limitations, namely: those traditional composite that provide a sufficient level of physical and mechanical properties of the rubber bond, do not provide a sufficiently strong hold of abrasive grains, the same composites of traditional compositions that are better kept abrasive grains are too deformable, and in many cases unstable when stored. In order to overcome these restrictions, the idea of creating hybrid composites. The hybrid character in this case is ensured by a combination of covalent and coordination bonds in their structure different in physico-chemical nature.

The introduction of coordination bonds more flexible and prone to reverse crash-restoration in the structure also provides additional possibilities for technological control of the operational characteristics of composite materials.

To this end, additives were used in the form of oxyquinoline complexes of a number of copper, ferrum, and nickel metals. The work contains the results of research of parameters such as: Young's modulus, fatigue endurance, torque, relative deformation, temperature in the contact zone, residual pressure, roughness parameter.

Based on the results obtained, composites based rubber containing the oxyquinoline complex of nickel. These polymers were used as binders for the production of abrasive composites filled with synthetic diamond 50 / 40-160 / 125.

The results of this work can be used in the industry, in the field of grinding superhard alloys.

The experimental data obtained can serve as the basis for further research in this direction in order to improve the performance in abrasive and abrasive composites.

ЗМІСТ

	ст
Вступ	10
1 СТАН ПИТАННЯ	12
1.1 Роль оксихінолінових комплексів металів в абразивних композиційних матеріалах	12
1.2 Розробка конструкції алмазних шліфувальних стрічок на каучукових зв'язках	14
1.3 Розширення діапазону зернистостей алмазних шліфувальних порошоків, застосовуваних для виготовлення переривчастих стрічок	20
1.4 Вибір оптимального дозування апрету-фенольного зв'язуючого СФ-012А для алмазних і абразивних шліфпорошків в залежності від величини їх питомої поверхні	21
1.5 Кінетика ізотермічної вулканізації сумішей	23
2 МЕТОДИ І ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	25
2.1 Матеріали для виконання наукової роботи	25
2.2 Методи дослідження	26
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ АЛМАЗОВТРИМАННЯ В КАУЧУКОВИХ ЗВ'ЯЗКАХ	27
4 ВПЛИВ НАПОВНЮВАЧІВ, ВВЕДЕНИХ В КАУЧУКОВІ ЗВ'ЯЗКИ, НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АЛМАЗНИХ ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК	31
5 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТЕАРАТУ КАЛЬЦІУ НА ЗМЕНШЕННЯ ЛИПКОСТІ АЛМАЗНИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК ДО СТАЛЕВИХ ВУЛКАНІЗАЦІЙНИХ ПРЕС-ФОРМ	35
6 РОЗРОБКА ОКРЕМИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ І ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ, ЩО ДОЗВОЛЯЮТЬ ОТРИМАТИ ВИСОКОЯКІСНІ ПЕРЕРИВЧАСТІ СТРІЧКИ	41
6.1 Формування (брикетування) сирого алмазовмісного шару	41

переривчастих стрічок	
6.2 Формування (брикетування) алмазних переривчастих стрічок	42
7 МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ (МОДУЛЬ ЮНГА) ВУЛКАНІЗАТІВ АЛМАЗОВМІСНИХ СУМІШЕЙ	43
8 КОНТАКТНІ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ШЛІФУВАННІ КРУГАМИ З АЛМАЗОВМІСНИМ ШАРОМ З ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК АСШЛ	46
9 ВПЛИВ ОБРОБКИ КРУГАМИ З АЛМАЗОВМІСНИМ ШАРОМ З ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК ТИПУ АСШЛЕ НА ВТОМНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ ТВЕРДОГО СПЛАВУ	54
10 ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ ВИСТУПУ ЗЕРЕН НАД ЗВ'ЯЗКОЮ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ	62
11 СИЛИ І ТЕМПЕРАТУРИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ОБРОБЦІ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ КРУГИМИ З АЛМАЗОВМІСНИМ ШАРОМ, З ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК НА КАУЧУКОВІЙ ЗВ'ЯЗЦІ	65
ВИСНОВОК	69
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	70
ДОДАТКИ	73

ВСТУП

Широко впроваджуються в даний час в промисловість проекти по підвищенню довговічності машин і механізмів, щодо економного витрачання матеріалів за рахунок нанесення на нові і відновлювані деталі високозносоустійких покриттів (плазмових, детонаційних), а також вимоги щодо створення конкурентоспроможних алюмінієвих деталей зовнішнього вигляду радіоелектронної апаратури з максимальним виявленням декоративних властивостей алюмінієвого сплаву привели до необхідності створення спеціального алмазного шліфувального інструменту для обробки зазначених покриттів і матеріалів.

Відомо [1], що 80% виходу з ладу машин і механізмів при експлуатації пов'язано з їх зносом в сполучених вузлах тертя. Підвищити зносоустійкість і працездатність цих вузлів можна шляхом нанесення зносоустійких покриттів [2]. З окису алюмінію, твердого сплаву, карбідів вольфраму, хрому, титану та ін, а також покриттів, в яких легіруючими елементами є кобальт, нікель, хром, молібден. Високі експлуатаційні властивості цих покриттів дозволяють радикально, в 3-5 разів, а в деяких випадках в 20-30 разів підвищити ресурс, зносоустійкість і корозійну стійкість вузлів і деталей машин. Необхідність їх застосування в промисловості доведена як в країнах СНД, так і за кордоном. Ці покриття, можуть застосовуватися насамперед у гідрозподільних пристроях, вузлах тертя, запірної арматури, вимірювальному інструменті, деталях верстатів, механізмів і т.д [3].

Зносоустійкі покриття мають високу твердість і тому можуть оброблятися тільки алмазним інструментом [4].

Однак відсутність до теперішнього часу якісного алмазного шліфувального інструменту стримувало впровадження в промисловість їх високоякісна обробка. Зазвичай інструмент швидко засолюється, вимагав частих поправок, давав припали.

Тому метою цієї роботи було створення спеціального алмазного інструменту, що не засолюється і не дає припалів при шліфуванні зносоустійких покриттів, що забезпечує низьку шорсткість обробленої поверхні, а також придатного для

високоякісного шліфування з одночасною декоративною обробкою високов'язких матеріалів, наприклад, алюмінієвого сплаву.

Передбачалося, що паралельно з розробкою нового алмазного інструменту і технології його виготовлення повинен створюватися і високоефективний технологічний процес обробки зазначених матеріалів цим інструментом.

Крім якісної обробки до нового шліфувального інструменту додається ще цілий ряд істотних вимог: швидке виготовлення за нескладною технологією шліфувальних кругів прямого профілю будь-яких діаметрів, в тому числі 1-м і більше при мінімальній витраті металу на виготовлення корпусів; висота алмазного шару, розробка конструкції алмазовмісного шару інструменту, що забезпечує зниження теплої напруженості процесу обробки, що позитивно відбивається на якості оброблюваного матеріалу та інструменту; поєднання в інструменті досить великої жорсткості і високих ріжучих властивостей із загальною гнучкістю і еластичністю.

Подібна різноманітність властивостей притаманна алмазному інструменту на каучукових зв'язках.

Створенню і дослідженню властивостей зносостійких алмазно-каучукових композицій з підвищеною ріжучою здатністю для виготовлення алмазного інструменту, розробці оптимальної конструкції інструменту, створення промислового технологічного процесу його виготовлення присвячена дана наукова робота.

1 СТАН ПИТАННЯ

1.1 Роль оксихінолінових комплексів металів в абразивних композиційних матеріалах

Важливою проблемою при виготовленні та зберіганні абразивних композиційних матеріалів на гумових зв'язках на основі каучука СКН-40 є поступова деградація їх властивостей під впливом кисню, який дифундує в матеріал, що містить велику кількість таких каналів міграцій, як міжфазні границі «гумова зв'язка – абразив». Одним з виявів окислювального старіння абразивовмісних композитів на гумових зв'язках є зменшення адгезії між зв'язкою та абразивними зернами.

Стандартний стабілізатор діафен погіршує адгезію зв'язки до алмазу, тому з метою запобігання старіння полімеру під дією кисню, використовували оксихінолінові комплекси Cu, Fe, Ni, Cr рис. 1.1. Найкращі результати показав комплекс нікелю (Ni^{2+}), отже всі наступні результати отримані з використанням оптимального вмісту оксихінолінового комплексу нікелю в концентрації 5 % по масі. Загальна схема одержання комплексних сполук була наступною:

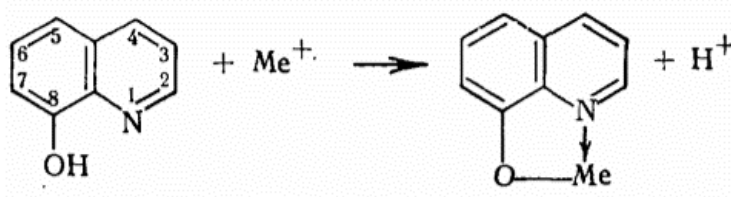


Рисунок 1.1 — Схема отримання комплексних сполук

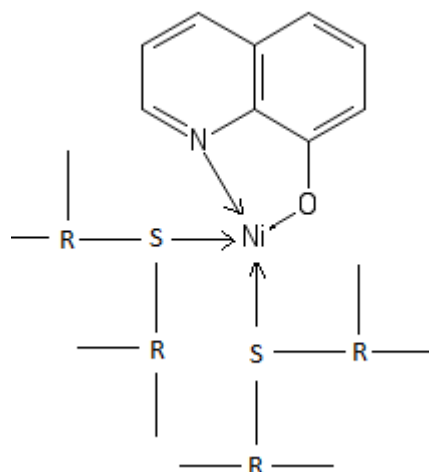


Рисунок 1.2 — Схема взаємодії оксихіноліну нікелю зі зв'язкою та утворення координаційних і ковалентних зв'язків

Реакції відбувались в кислому середовищі з подальшим виділенням комплексних сполук з розчину у вигляді порошків, які в подальшому вводили в каучукові композиції.

Згідно отриманих експериментальних даних, введення до абразивовмісної композиції з каучука СКН-40 5 % по масі оксихінолінового комплексу нікелю значно зменшує поглинання кисню композиціями, що містять 10-25 об'ємних відсотків порошків алмазу АС4 125/100 рис. 1.1.3.

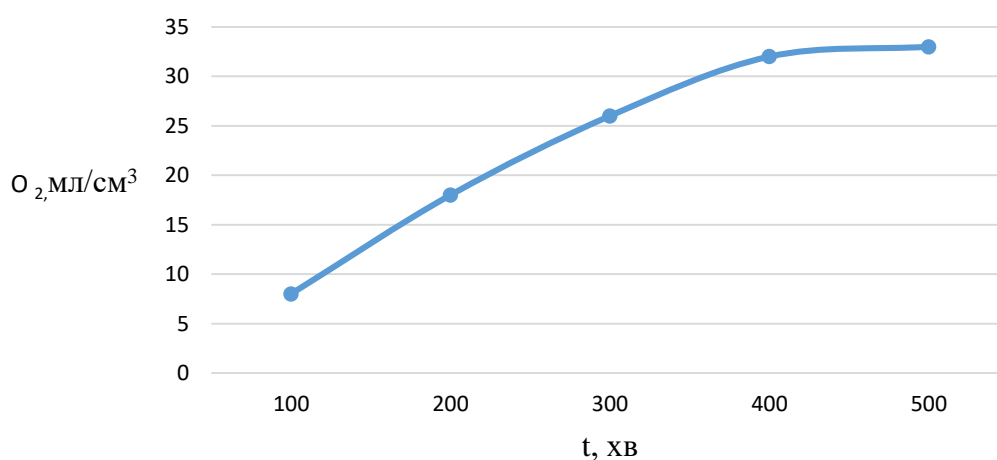


Рисунок 1.3 — Поглинання кисню при 423 К без комплексу нікелю

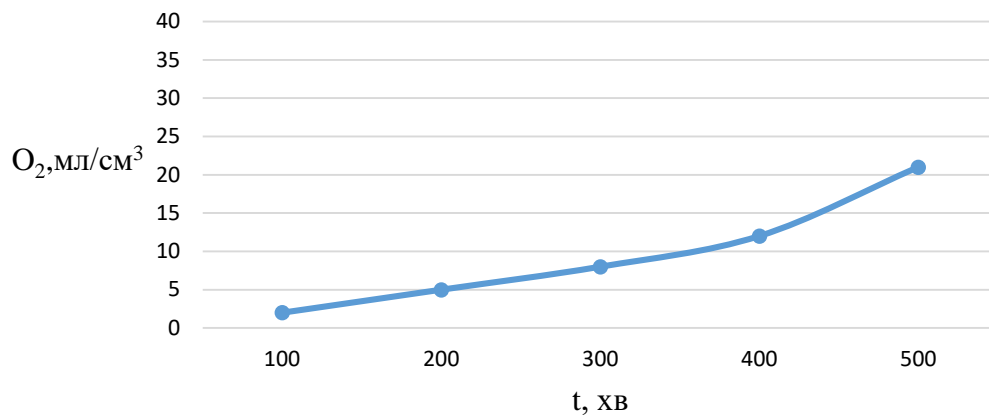


Рисунок 1.1.4 – Поглинання кисню при 423 К з комплексом нікелю

Суттєве зменшення поглинання кисню композиціями рис.1.3, рис.1.4, модифікованими комплексною сполукою металу добре корелює з підвищенням стійкості композитів, зумовленим вищим рівнем адгезії зв'язки до частинок алмазу та карбиду кремнію. Зокрема, при шліфуванні виробів з твердих сплавів стійкість інструменту, що містить металокомплексний стабілізатор, підвищується в 1,3 – 1,5 рази. Відповідно, механізм цього явища полягає в підвищенні надійності утримання абразивного зерна в зв'язці.

Наявність в полімерній зв'язці координаційних зв'язків поряд з ковалентними зумовлює гібридний характер композитів внаслідок неадитивного поєднання властивостей відповідних фрагментів структури матеріалу.

1.2 Розробка конструкції алмазних шліфувальних стрічок на каучукових зв'язках

До теперішнього часу алмазний інструмент на каучукових зв'язках застосовувався на фінішних операціях (полірування, остаточне хонінгування та ін.), де відсутні великі подачі і швидкості різання, тому температура в зоні різання була невеликою і при рясному охолодженні мастильно-охолоджувальної рідиною (МОР) труднощів в процесі обробки деталей не виникало.

У зв'язку з появою необхідністю якісного шліфування нових зносостійких плазмових покриттів і високов'язких матеріалів було поставлено питання про використання інструменту на каучукових зв'язках не тільки для полірування, але і для

шліфування, оскільки цей інструмент не засолюється, забезпечує необхідне знімання і інтенсивне зниження шорсткості обробленої поверхні матеріалу, може бути виготовлений різного ступеня еластичності.

Однак поряд з перевагами інструменту на каучукових зв'язках його недоліком є термопластичність алмазовмісного шару, обумовлена присутністю в зв'язці полівінілхлориду. Тому при різкому підвищенні температури в зоні різання, що відбувається в процесі шліфування, незважаючи на застосування МОР, зв'язки розм'якшуються і інструмент втрачає свої ріжучі властивості. Тим не менш, виключити полівінілхлорид зі складу каучукових зв'язок не представляється можливим, тому що він помітно підвищує їх зносостійкість. Тому для використання інструменту на каучукових зв'язках в режимі шліфування необхідно вирішити питання про інтенсивність охолодження інструменту за допомогою МОР. Також для різних цілей було розроблено різну будову стрічки див. рис. 1.5, 1.6.

Висока температура при шліфуванні негативно впливає не тільки на інструмент на каучукових зв'язках, а й на стан поверхневого шару оброблюваних деталей. Це особливо відчутно при шліфуванні матеріалів, що важко піддаються обробці і характеризуються низькою теплопровідністю, наприклад, оксидів металів, що застосовуються при плазмових покриттях, кераміки, сплавів титану, спечених твердих сплавів, а також матеріалів, чутливих до перегріву (інструментальні, цементовані і поліпшені сталі). У поверхневому шарі деталей з цих матеріалів можуть виникати різні дефекти - прижоги, мікротріщини, структурні зміни, а також високі внутрішні напруги. При цьому для підвищення якості шліфованих деталей велике значення має зведення до мінімуму впливу теплових навантажень.

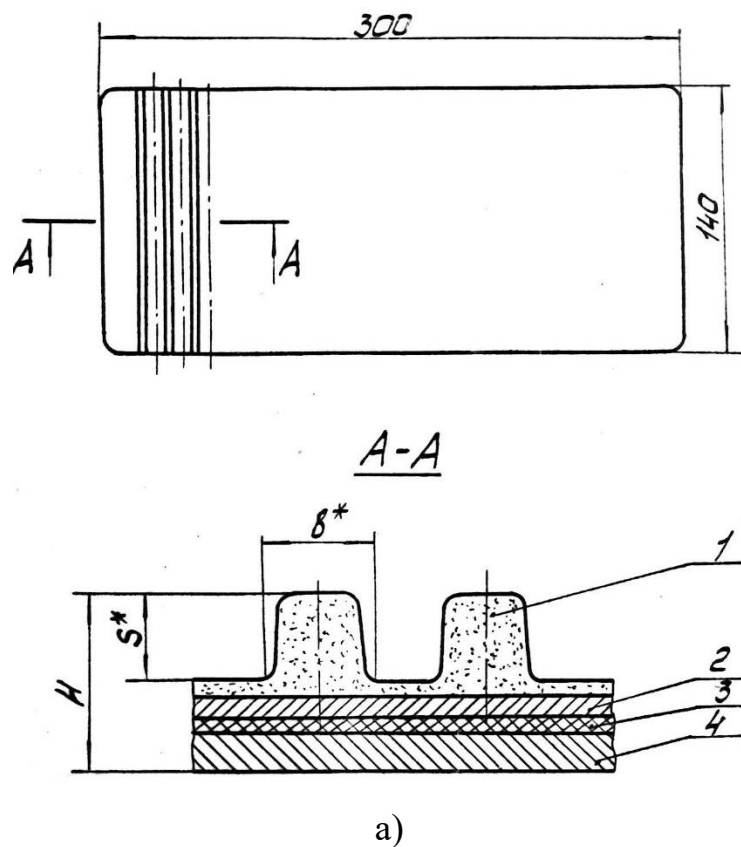
Тому для кращого підведення МОР з метою більш інтенсивного охолодження алмазовмісного шару інструменту та оброблюваних деталей було запропоновано алмазовмісний шар виготовляти переривчастим, що складається з окремих алмазовмісних елементів у вигляді усічених конусів або усічених призм.

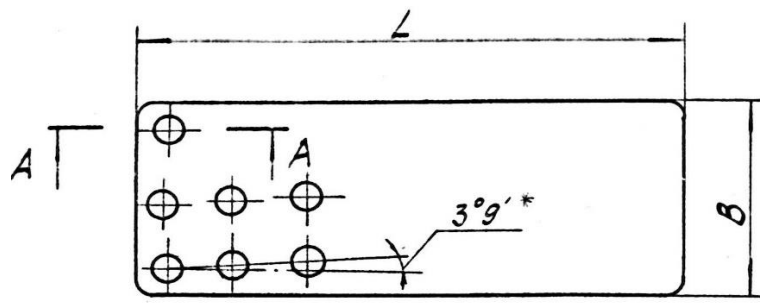
Випробування зазначених переривчастих стрічок показали, що всі запропоновані конструкції алмазовмісного шару забезпечують хороше підведення МОР, розм'якшення каучукової зв'язки не спостерігалось.

Алмазовмісний шар переривчастих стрічок (1) зазвичай виготовляється на напівтвердих і твердих каучукових зв'язках (P23, P29), що мають низьку текучість, яка після наповнення зв'язки алмазами ще більше зменшується.

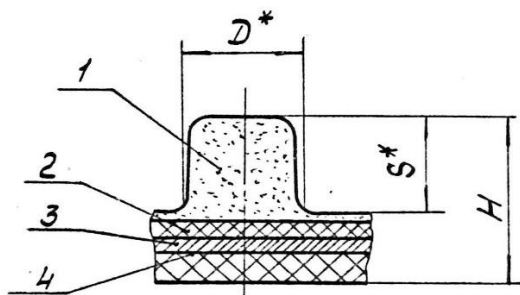
Для того, щоб шліфувальні переривчасті стрічки забезпечували не тільки необхідне зняття оброблюваного матеріалу, а й низьку шорсткість обробленої поверхні, а також мали необхідну гнучкість при наклеюванні на корпус круги, нижній шар стрічок (4) виготовляється високоеластичним з вмістом сірки 1,5 мас. ч. на 100 мас.ч. каучуку.

Як показали проведені раніше авторами дослідження [5] для міцного з'єднання напівтвердих і твердих каучукових зв'язок з еластичними, необхідно помістити між ними проміжний еластичний прошарок (3), що містить 3 мас.ч. сірки на 100 мас.ч. каучуку (зв'язка P22). В цьому випадку мігруюча з жорстких шарів інструменту сірка, додаючи до наявної в шарі (3), вміст сірки в зв'язці, при якому адгезія шарів один до одного мінімальна.

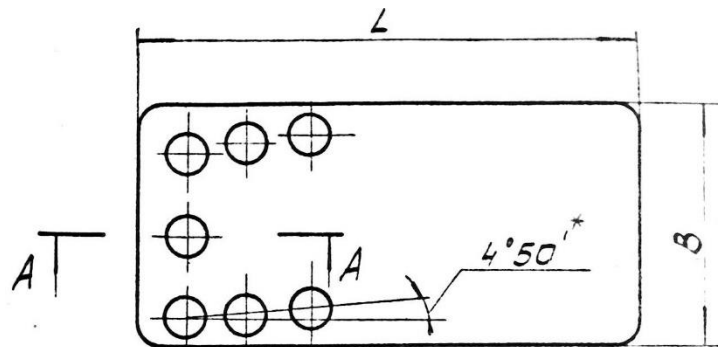




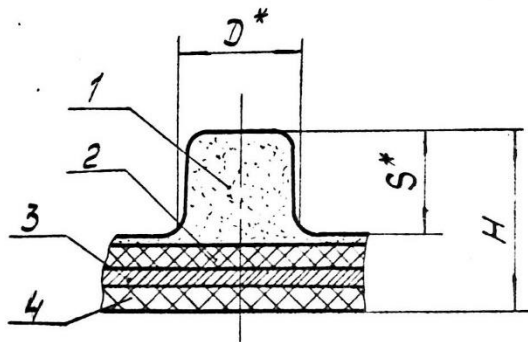
A-A



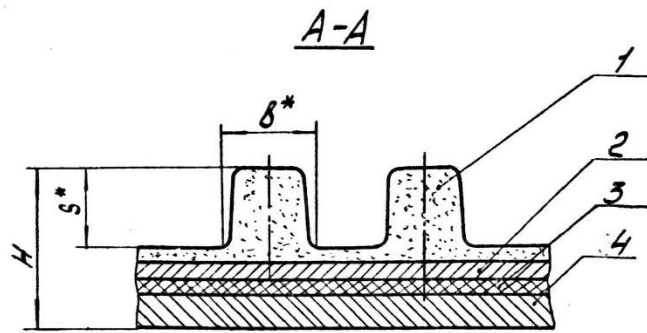
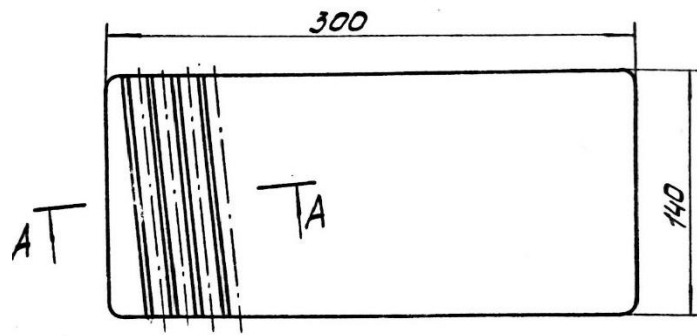
б)



A-A



В)



г)

Рисунок 1.5 — Різновид конструкцій стрічок типу АСШЛ



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.6 — Стрічка типу АСШЛ на різних етапах виготовлення кінцевого продукту

Оскільки текучість жорсткого і напівтвердого алмазовмісного шару стрічок низька, в процесі формування і вулканізації, коли алмазовмісна суміш заповнювала порожнини матриці прес-форми для формування алмазовмісних елементів, спостерігалось витіснення алмазовмісного шару високотекучими безалмазними шарами. Тому під алмазовмісним шаром стрічок поміщають безалмазний шар, виготовлений на зв'язці алмазовмісного шару, який є бар'єром, що запобігає витіснення алмазовмісного шару з порожнин прес-форми, крім того до нього міцніше вулканізуються окремі алмазовмісні елементи, оскільки вони виготовлені на цій же зв'язці [6].

Таким чином, алмазні переривчасті стрічки складаються з 4-х шарів різного ступеня еластичності, кожен з яких має своє функціональне призначення, а в сумі вони забезпечують високі технологічні та експлуатаційні властивості стрічок.

Тривалі лабораторні випробування алмазних шліфувальних переривчастих стрічок показали, що з усіх розроблених конструкцій стрічок найбільш прийнятними виявилися стрічки типу АСШЛ-3 і АСШЛ-4.

Стрічки типу АСШЛ-1,2 не забезпечували необхідне знімання оброблюваного матеріалу, так як їх алмазовмісні елементи були дуже рухливими і частково вдавлювалися в еластичний шар.

Стрічки типу АСШЛ-3 не забезпечували необхідного щільного прилягання при їх приклеюванні до корпусу круга.

1.3 Розширення діапазону зернистостей алмазних шліфувальних порошоків, застосовуваних для виготовлення переривчастих стрічок

До теперішнього часу алмазний інструмент на каучукових зв'язках застосовувався в основному на фінішних операціях. При цьому витрата алмазів на обробку деталей була невеликою, і тому товщина алмазовмісного шару інструменту перебувала в межах 0,66-1,20 мм, в окремих випадках вона сягала 3 мм. При виготовленні на вальцях алмазовмісного шару такої товщини спостерігалось дроблення між валками алмазних шліфпорошків марки АС-2 зернистістю більше

80/63 і марок АС-4, АС-6 зернистістю більше 100/80 [7]. Тому застосування діапазонів зернистостей алмазних шліфпорошків був вузьким, так для проведення фінішних операцій і не були потрібні більші алмазні шліфпорошки.

Однак для шліфувального інструменту характерна значно більша витрата алмазів, ніж для полірувального, тому з метою збільшення терміну служби алмазних шліфувальних переривчастих стрічок було припущено виготовляти алмазовмісний шар стрічок товщиною 3-10 мм, при цьому дроблення на вальцях більших алмазних шліфпорошків було практично невідчутним. Це дозволило розширити діапазон зернистостей алмазних шліфпорошків в бік збільшення до зернистості 200/160 включно.

Застосування більших алмазних порошоків виявилось недоцільним, так як вони завдають великі ушкодження на поверхню валків вальців в процесі виготовлення алмазовмісних сумішей і швидко виводять валки з ладу.

1.4 Вибір оптимального дозування апрету-фенольного зв'язуючого СФ-012А для алмазних і абразивних шліфпорошків в залежності від величини їх питомої поверхні

Частинки алмазних і абразивних шліфпорошків набагато перевищують розміри інгредієнтів, що застосовуються для виготовлення каучукових зв'язок, не створюють однорідну композицію, а є в каучуковій суміші «сторонніми включеннями», що не мають адгезії до каучукової зв'язці. Тому в процесі експлуатації інструменті на каучукових зв'язках з неапретованими алмазами і абразивами спостерігається їх велика відносна витрата табл. 1.1.

Для підвищення алмазовтримання було запропоновано [7] обробляти (апретувати) алмазні шліфпорошки 20 %-им (за масою) розчином в етиловому спирті фенольного зв'язуючого СФ-012А, що володіє хорошими клейовими властивостями. Низька в'язкість розчину забезпечує його гарне проникнення в усі нерівності і тріщини на поверхні алмазних шліфпорошків, сприяючи підвищенню алмазовтримання. Одночасно для підвищення адгезії апретованих алмазів і каучукової зв'язки в неї вводять також зв'язуючий СФ-012А. При цьому адгезія, наприклад,

каучукової зв'язки Р1 до плівки-апрету з зв'язуючого СФ-012А зростає більш ніж в 2 рази - з 9,4 до 20,6 кН / м.

Про підвищення алмазовтримання в каучукової зв'язці за рахунок апретування алмазів зв'язуючим СФА-012А побічно свідчать порівняльні дані про питому витрату алмазів і абразивів при шліфуванні деталей з алюмінієвого сплаву АК-6 кругами 1А1 250х25х5х32-АС4 160/125 з робочим шаром еластичних переривчастих стрічок АСШЛ-Н з апретованими і неапретованими алмазами табл.1.4.1. Деталі шліфували на плоскошліфувальному верстаті за наступним режимом: швидкість круги 25 м/с, поздовжня подача - 20 м/хв, поперечна подача – 0,3 м/хв, глибина різання – 0,02 мм.

Таблиця 1.1 — Вплив апретування алмазних шліфпорошків на працездатність кругів на каучукових зв'язках

Зв'язка	Сумарний питома витрата алмазів і абразивів, мг/см ³	
	неапретованих	апретованих
Р30	107,76	49,25
Р74	120,28	63,23
Р102	84,48	54,4
Р29	99,41	76,82

З табл. 1.1 видно, що застосування апретованих алмазів і абразивних шліфпорошків в 1,3-2,2 рази знижує питому витрату алмазів і абразивів в інструменті.

Створення алмазних шліфувальних переривчастих стрічок з великою товщиною алмазовмісного шару і знайдені нові сфери їх застосування викликали необхідність використовувати більш грубозернисті алмазні порошки і розширити коло застосовуваних марок алмазів.

Було відмічено, що при апретуванні алмазних шліфпорошків розміром більше 80 мкм за раніше прийнятому дозуванні апрету над змоченим порошком залишалося кілька незадіяного алмазами 20 %-ого спиртового розчину фенольного зв'язуючого СФ-012А. Таке явище можна пояснити зменшенням величини питомої поверхні алмазних порошків, пов'язаної зі збільшенням розміру їх зерен, а також зі зміною

рельєфу поверхні цих зерен в залежності від марки. Питома поверхня алмазних шліфпорошків відома [8]. На 1000 каратів алмазів АС2 80/63 вона дорівнює 22 м². Необхідна кількість апрету, як експериментально було визначено раніше, для обробки 1000 каратів алмазів АС2 80/63 складає 11 г. Це означає, що кількість апрету-фенольного зв'язуючого СФ-012А (в г на 1000 каратів алмазних порошків) рівно вдвічі менше значення питомої поверхні цих порошків (в м²). На підставі наведених даних за величиною питомої поверхні можна розрахувати необхідну кількість зв'язуючого СФ-012А для апретування алмазних шліфпорошків різних марок і зернистостей. Правильність розрахунку перевіряли експериментально двома шляхами.

На електронному мікроскопі-мікроаналізаторах «Кемскан-4ДV» досліджували алмази АС6 125/100 неапретованих, апретованих по раніше прийнятому збільшенню дозування зв'язуючого СФ-012А і за розрахунковою дозуванні. Порівняння рисунків показало, що розрахункова доза апрету дійсно достатня для повного покриття алмазів плівкою з фенольного зв'язуючого СФ-012А.

Потім були виготовлені круги 1А1 250х25х5х32 з алмазовмісним шаром із зазначених стрічок. Зразки з алюмінієвого сплаву АК-6 обробляли по режиму, наведеному вище. На підставі результатів випробувань було встановлено, що розрахункова доза апрету, що враховує величину питомої поверхні алмазних порошків, забезпечує більш економічну роботу інструменту на каучукових зв'язках, оскільки питома витрата алмазів знижується приблизно на 20-50 % [9].

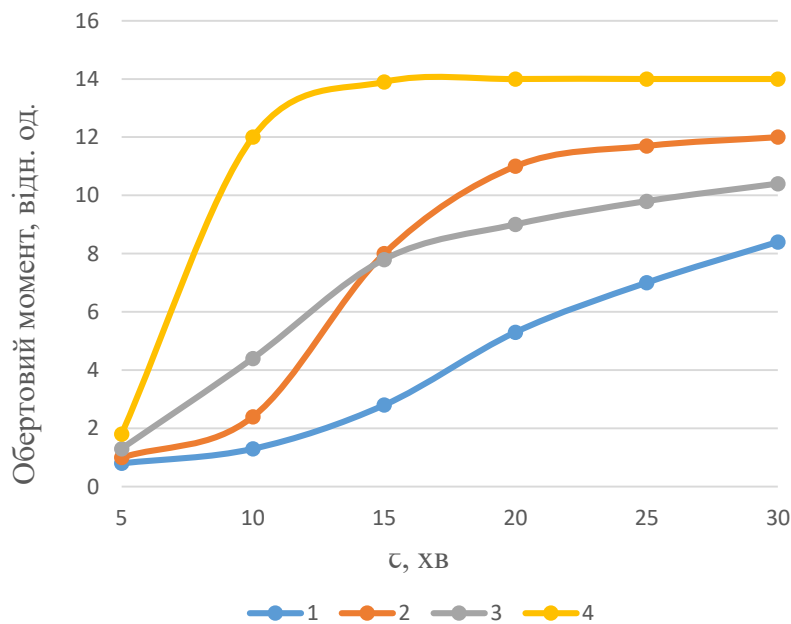
Оскільки для кожної марки і зернистості алмазів застосовувати своє розрахункове дозування апрету технологічно важко, алмази з найбільш близькою величиною питомої поверхні були об'єднані в загальні групи.

1.5 Кінетика ізотермічної вулканізації сумішей

Кінетика ізотермічної вулканізації сумішей з використанням зсувного вібраційного реометра. Було обрано різний склад сумішей, а саме:

- СКН-40 – 100 %, стеарат кальцію – 4,5 %, оксихіноліновий комплекс нікелю – 2 %, сірка – 20 %, технічний вуглець ДГ-100 – 40 %;

- СКН-40 – 100 %, стеарат кальцію – 4,5 %, оксихіноліновий комплекс нікелю – 8 %, сірка – 20 %, технічний вуглець ДГ-100 – 40 %;
- СКН-40 – 100 %, стеарат кальцію – 4,5 %, оксихіноліновий комплекс нікелю – 5 %, сірка – 20 %, технічний вуглець ДГ-100 – 40 %;
- СКН-40 – 100 %, стеарат кальцію – 4,5 %, оксихіноліновий комплекс нікелю – 0 %, сірка – 20 %, технічний вуглець ДГ-100 – 40 %;



- 1- СКН-40 – 100 %, стеарат кальцію – 4,5 %, оксихіноліновий комплекс нікелю – 2 %, сірка – 20 %, технічний вуглець ДГ-100 – 40 %; 2- СКН-40 – 100 %, стеарат кальцію – 4,5 %, оксихіноліновий комплекс нікелю – 0 %, сірка – 20 %, технічний вуглець ДГ-100 – 40 %; 3- СКН-40 – 100 %, стеарат кальцію – 4,5 %, оксихіноліновий комплекс нікелю – 5 %, сірка – 20 %, технічний вуглець ДГ-100 – 40 %; 4- СКН-40 – 100 %, стеарат кальцію – 4,5 %, оксихіноліновий комплекс нікелю – 8 %, сірка – 20 %, технічний вуглець ДГ-100 – 40 %;

Рисунок 1.7 — Кінетика ізотермічної вулканізації сумішей

2 МЕТОДИ І ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали для виконання наукової роботи

Бутадієн-нітрильних каучук - синтетичний полімер, продукт радикальної кополімеризації бутадієну з акрилонітрилом в водної емульсії при 30 °С (високотемпературні) і при 5 °С (низькотемпературні).

Низькотемпературні СКН мають кращі технологічні властивості, ніж високотемпературні, а їх вулканізат володіє хорошими фізико-механічними властивостями.

Залежно від умов регулювання процесу полімеризації випускають з різними властивостями:

- дуже жорсткі (тверді) - з жорсткість по Дефо 21,5 -27,5 Н або в'язкістю по Муні вище 120 ум. од.;
- жорсткі - з жорсткістю по Дефо 17,5-21,5 Н або в'язкістю по Муні 90-120 ум. од.;
- м'які - з жорсткістю по Дефо 7,5-11,5 Н або в'язкістю по Муні 50-70 ум. од.

Відповідно до цього до позначення каучуку додають букву Т - для дуже жорстких каучуків або М - для м'яких. Для каучуків одержуваних в присутності алкілсульфонатів як емульгаторів, до позначення каучуку додається буква С.

Переробка каучука ускладнена через високу жорсткість, обумовлена великою міжмолекулярною взаємодією. Оброблюваність каучуків різних марок залежить від їх вихідної в'язкості, а також від змісту нітрильних груп. Для всіх каучуків жорстких типів необхідна попередня пластикація, причому найбільш ефективна механічна пластикація на вальцях при температурі 30-40 °С.

2.2 Методи дослідження

Зносостійкість зразків визначали шляхом вимірювання втрати маси при стиранні. Вимірювання проводились на верстаті SL-1 фірми EFCO (Німеччина).

Окремі конкретні деталі використання названих методів, істотні з точки зору теоретичного аналізу природи досліджених явищ, містяться в тексті в ході викладу.

Математична обробка експериментальних даних проводилася відомими методами математичної статистики.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ АЛМАЗОВТРИМАННЯ В КАУЧУКОВИХ ЗВ'ЯЗКАХ

Міцне закріплення алмазних шліфувальних порошоків в каучукових зв'язках один з основних факторів, що гарантують високу працездатність інструменту.

Для з'ясування фактичного контакту алмазних зерен (АС6 125/100) з каучукової зв'язкою типу ебоніту (Р29) були виготовлені зразки вулканізованих алмазовмісних сумішей з апретованими і неапретованими алмазами. Зразки заморозили в рідкому азоті, після чого їх поламали і утворився злам, розглядали на скануючому електронному мікроскопі-мікроаналізаторах «Кемскан-4DV» (Великобританія). Паралельно досліджували алмазовмісний шар інструменту, який перебував в експлуатації. Встановлено, що на поверхні останнього знаходиться велика кількість кратерів, з яких випали алмазні зерна, що не взаємодіяли, а решта зерна не примикала міцно до каучукової зв'язці. Між зернами і зв'язкою залишалися «мікрощілини», тобто розмір порожнини, в якій знаходилися алмази, були більше розміру алмазів на виготовлених зразках.

Необхідно було з'ясувати причину появи описаних «мікрощілин» і знайти шляхи запобігання їх утворення, що підвищило б алмазовтримання в зв'язці, а отже, і працездатність інструменту.

Було висловлено припущення, що поява спостережуваних на «Кемскане» мікрощілин можна пояснити тим, що в процесі гарячої вулканізації інструменту в каучуковій зв'язці інтенсивно протікають реакції вулканізації, ебонітоутворення, поліконденсації і деструкції полімерів, що супроводжуються виділенням газоподібних продуктів реакції: SO_2 , H_2S , HCl , H_2O , NH_3 , які при знятті зовнішнього тиску і розвантаженні інструменту з гарячої прес-форми різко розширюються і відтісняють гарячу розм'якшену зв'язку від алмазів, оскільки адгезія між ними відсутня. В результаті навколо алмазів утворюються порожнини, заповнені газом, що різко знижує алмазовтримання в зв'язці.

Апретування алмазів фенольним зв'язуючим СФ-012А зменшує ці порожнини, підвищуючи адгезію алмазів до зв'язки, причому важливо, щоб шар нанесеного апрету був мінімально необхідним, так як, чим менше розмір апретованих зерен, тим менше утворюється порожнина, в якій знаходяться алмазні зерна, і тим краще алмазовтримання. Це підтверджується випробуваннями інструменту, виготовленого з алмазних порошоків однієї марки і зернистості і апретованих різною кількістю апрету. При меншому дозуванні апретами відносна витрата алмазів знижується.

Все ж застосування апрету-фенольного зв'язуючого СФ-012А навіть в оптимальному дозуванні не усуває повністю наявність «мікрощілин» навколо алмазів.

Очевидно для усунення утворення «мікрощілин» необхідно запобігти дії газів на гарячу гумову зв'язку, що володіє, як відомо, термопластичними властивостями і тому легко деформується і відокремлюється при цьому від алмазів.

Правильність висловленого припущення перевіряли, охолоджуючи в прес-формі зразки алмазовмісних сумішей під тиском до кімнатної температури відразу після вулканізації, ще не вивантажуючи з преса. Гази, що виділилися перебуваючи під зовнішнім тиском, не могли деформувати гарячу зв'язку, і, зменшившись в обсязі в результаті охолодження, взагалі на неї не впливали. «Мікрощілини» навколо алмазів майже зникли.

Одночасно з'ясовували, чи підвищиться при такому способі охолодження стрічок їх працездатність. З цією метою були проведені порівняльні випробування кругів форми 1А1 з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок на зв'язці Р29-АС4 125/100-100, вивантажених з гарячого вулканізаційного преса, і стрічок, охолоджених під тиском до кімнатної температури в тому ж пресі, де вони вулканізовані.

Круги з алмазовмісним шаром зі стрічок, вивантажених з гарячого вулканізаційного преса, дають більшу питому витрату алмазів, тобто забезпечують найгірше алмазовтримання, ніж круги з алмазовмісним шаром зі стрічок, охолоджених під тиском в тому ж пресі, де вони вулканізовані.

Таблиця 3.1 — Вплив способу охолодження вулканізованих алмазних шліфувальних переривчастих стрічок P29-AC4 125/100-150 на працездатність виготовлених з них кругів 1A1 при обробці алюмінієвого сплаву АК-6

Найменування показника	Спосіб охолодження прес-форми з стрічкою після вулканізації		
	Без охолодження вивантаження з гарячої прес-форми	Охолодження під тиском в тому ж пресі, де проводилася вулканізація	Охолодження під тиском в холодному пресі до кімнатної температури після вивантаження з гарячого вулканізаційного преса
Питома витрата алмазів, мг/см ³	42,34	26,14	40,02

Однак охолодження стрічки в вулканізаційному пресі знижує його продуктивність, оскільки прес потрібно періодично нагрівати і охолоджувати. Тому перевірялася можливість охолоджувати прес-форму з вулканізованої стрічкою після вивантаження з гарячого преса в іншому, холодному пресі під тиском. Але в цьому випадку виникало побоювання появи «мікрощілин» при перевантаженні прес-форми з стрічкою з гарячого преса в холодний, оскільки в момент зняття тиску при вивантаженні верхній пуансон прес-форми під впливом розширюються і виділяються з зв'язки газів піднімається, отже, гази деформують зв'язку .

Як видно з табл. 3.1, досліджуваний варіант охолодження переривчастих стрічок не має переваг перед вивантаженням стрічки прямо з гарячої вулканізаційної прес-форс, оскільки круги з алмазовмісним шаром з тих і інших стрічок забезпечують практично однакову питому витрату алмазів.

Таким чином, основною причиною появи «мікрощілин» навколо алмазів, що знаходяться в каучукової зв'язці, є гази, що утворюються при вулканізації інструменту і виділяються під час його розвантаження з горючих вулканізаційних прес-форм. Для усунення освіти «мікрощілин» інструмент потрібно охолоджувати під тиском відразу після вулканізації, що не вивантажуючи прес-форму з преса.

Незважаючи на успішне з'ясування причин появи «мікротріщин» між алмазами і каучукової зв'язкою в алмазних стрічках і знаходження одного з шляхів запобігання їх утворення, доцільно продовжити дослідження щодо усунення появи «мікротріщин» між зв'язкою і алмазами в напрямку запровадження в каучукові зв'язки компонентів, що поглинають виділені гази з тим, щоб передбачити варіант вивантаження вулканізованого інструменту безпосередньо з гарячих пресів, що підвищить їх продуктивність.

4 ВПЛИВ НАПОВНЮВАЧІВ, ВВЕДЕНИХ В КАУЧУКОВІ ЗВ'ЯЗКИ, НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АЛМАЗНИХ ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК

Стійкість алмазних переривчастих стрічок багато в чому залежить від стійкості каучукових зв'язок.

Оскільки переривчасті стрічки призначені для шліфування, необхідно, було створити тверді каучукові зв'язки типу ебоніту і напівебоніту, які забезпечили б підвищене стирання оброблюваного матеріалу і одночасно мали б високу зносостійкість. Як високомолекулярну основу зв'язок типу ебоніту і напівебоніту застосовували полярний бутадієн-нітрильний каучук марки СКН-40 з вмістом до 40 % нітрилу акрилової кислоти. Цей каучук утворює ебоніт і напівебоніт, володіє комплексом властивостей, що дозволяє створити на його основі зв'язки, котрі відповідають вимогам до зв'язок алмазного інструменту по тепло-, зносо-, водо-, масло-, бензостійкості і здатності поєднуватися з іншими полярними полімерами.

Оскільки бутадієн-нітрильний каучук не кристалізується, його фізико-механічні властивості, в тому числі опір стирання, значно підвищуються, при введенні активних наповнювачів-підсилювачів, особливо технічного вуглецю.

Подібні дослідження широко відомі при розробці складу еластичних гум. Зазвичай в них вводиться 45-100 мас.ч. технічного вуглецю на 100 мас.ч. каучуку.

Однак літературні дані про посилення і підвищення зносостійкості твердих гум типу напівебоніту і ебоніту шляхом введення в них технічного вуглецю відсутня.

Це можна пояснити тим, що ебоніт застосовують в основному, як електроізолятори, і введення в них технічного вуглецю в великих кількостях призводить погіршення діелектричних властивостей.

Відомо тільки, що іноді технічний вуглець вводиться в ебоніт в кількості 3-5 % як барвник для отримання глибокого чорного кольору, але таке незначне дозування не впливає на підвищення зносостійкості ебоніту.

Оскільки зниження діелектричних властивостей ебоніту, призначених для виготовлення зв'язок алмазних шліфувальних переривчастих стрічок, не відбивається

на їх працездатності, представляло інтерес вивчити вплив технічного вуглецю на зміну зносостійкості твердих каучукових зв'язок типу напівебоніту і ебоніту.

З цією метою в зв'язці типу ебоніту (P74) і полуебоніта (P58), що містять відповідно 40 і 30 мас.ч сірки на 100 мас.ч. каучуку, вводили технічний вуглець марки ДГ-100 в кількості 5,10,15,20,25,30,35,40 мас.ч. на 100 мас.ч каучуку.

Оскільки ці зв'язки вже були наповнені полівінілхлоридом, фенольним зв'язуючим СФ-012А, оксидами цинку і магнію, вводити в них на вальцях навіть 35 мас.ч. технічного вуглецю було технологічно важко, а сирі суміші після змішування з алмазами і абразивами виходили дуже жорсткими, погано формувалися.

Про підвищення зносостійкості зв'язок з технічним вуглецем побічно спостерігали по зносостійкості виготовленого на їх основі інструменту - кругом 1А1 250x25x5x32 з ріжучим шаром з переривчастих стрічок, АСШЛ-П 300x140x10x5-АС4 160/125-12,5; 64С20Н (К320) -137,5.

Було встановлено табл. 4.1, що технічний вуглець в дозуваннях 15-30 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку помітно знижує відносну сумарну витрату алмазів і абразивів. Тому в каучукові зв'язки Р29, Р31, що йдуть на виготовлення алмазних еластичних переривчастих стрічок, введений технічний вуглець.

Паралельно з технічним вуглецем для порівняння перевіряли дію на каучукові зв'язки типу ебоніту інших наповнювачів. Для цього в зв'язку вводили наповнювачі: технічний вуглець ДГ-100 + 2,5,8 по масі оксихінолінового комплексу нікелю, карбід кремнію зелений КЗМ 7/0, технічний вуглець ДГ-100, без наповнювача. На цих зв'язках були виготовлені переривчасті стрічки і круги, аналогічні попереднім. Шліфували алюмінієвий сплав АК-6.

Результати випробувань наведені в табл. 4.2. Отримані дані порівнювали з зносостійкості кругів з алмазовмісним шаром на каучуковій зв'язці, що містить технічний вуглець, і зі зв'язкою, яка не містить наповнювачів.

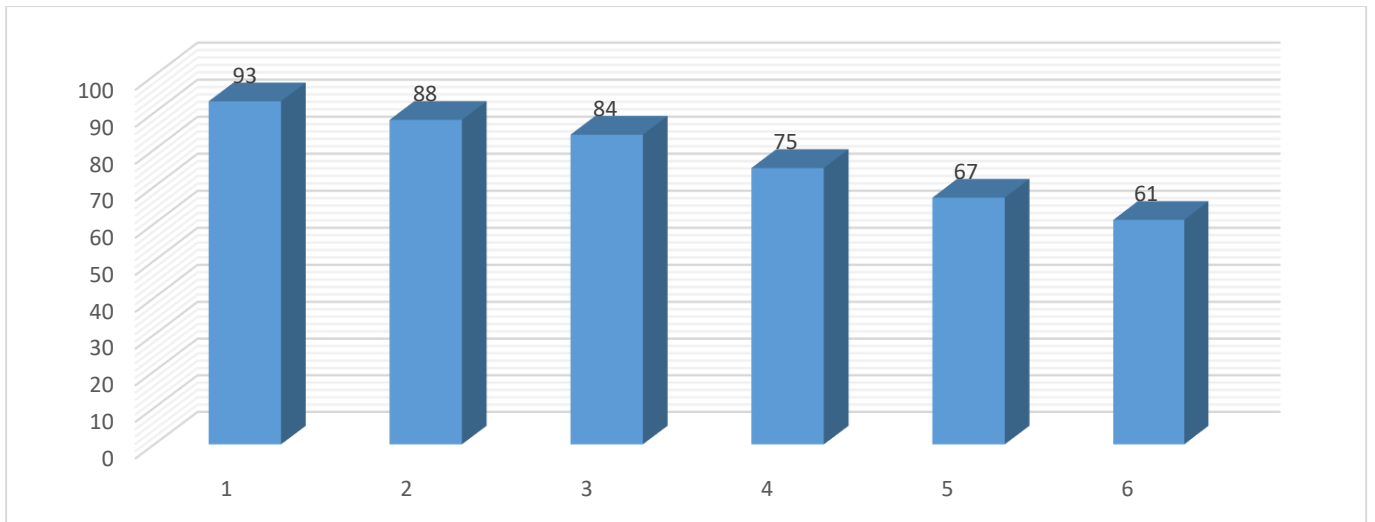
Таблиця 4.1 — Залежність сумарної питомої витрати алмазів і абразивів від вмісту в каучукової зв'язці технічного вуглецю марки ДГ-100

Вміст сірки в мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку	Вміст технічного вуглецю марки ДГ-100 в каучукових зв'язках. У мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку							
	--	5	10	15	20	25	30	35
	Сумарна питома витрата алмазів і абразивів в мг / см ³ алюмінієвого сплаву АК-6							
30	214,65	213,30	205,74	196,29	187,11	176,58	150,66	211,95
40	71,82	71,01	64,80	64,26	49,68	42,93	66,69	72,63

Таблиця 4.2 — Залежність сумарної відносної витрати алмазів і абразивів від виду наповнювача, що міститься в каучукової зв'язці алмазовмісного шару кругів

Зв'язка	Вміст в зв'язці в мас.ч. на мас.ч. каучуку					Сумарна питома витрата алмазів і абразивів, мг / см ³ алюмінієвого сплаву АК-3
	Піро-генний кремнезем	Нітрид кремн.	Карбід кремн. зелений КЗМ 7/0	Техн. вуглець ДГ-100	Аеросил А-175	
P74	--	--	--	--	--	85,08
P137	38	--	--	--	--	92,21
P135	--	55	--	--	--	88,24
P134	--	--	55	--	--	75,30
P29	--	--	--	30	--	67,50
P133	--	--	--	--	35	62,13

Як видно з табл. 4.2 і рис. 4.1 нітрид кремнію не знижує сумарну питому витрату алмазів і абразивів.



Види наповнювачів: 1 – технічний вуглець ДГ-100 + 8 % по масі оксихінолінового комплексу нікелю; 2 – технічний вуглець ДГ-100 + 3 % по масі оксихінолінового комплексу нікелю; 3 – без наповнювача; 4 – карбід кремнію зелений 7/0; 5 – технічний вуглець ДГ-100; 6 – технічний вуглець ДГ-100 + 5 % по масі оксихінолінового комплексу нікелю.

Рисунок 4.1 – Залежність сумарної відносної витрати алмазів і абразивів від виду наповнювача, що знаходиться в каучуковій зв'язці алмазовмісного шару кругів

Цей показник найбільш помітно знижується при введенні в зв'язку технічного вуглецю ДГ-100 і оксихінолінового комплексу нікелю. Нами було віддано перевагу технічного вуглецю, оскільки цей матеріал характеризується більш стабільними властивостями.

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТЕАРАТУ КАЛЬЦІЮ НА ЗМЕНШЕННЯ ЛІПКОСТІ АЛМАЗНИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК ДО СТАЛЕВИХ ВУЛКАНІЗАЦІЙНИХ ПРЕС-ФОРМ

Для створення високотехнологічного процесу вулканізації алмазного інструменту на каучукових зв'язках необхідно забезпечувати повну відсутність липкості алмазовмісного шару інструменту до сталевих вулканізаційних прес-форм.

Чим складніше конфігурація інструменту, чим більш розвинута його поверхня, тим більше площа його контакту з прес-формою, як наприклад, у алмазних шліфувальних переривчастих стрічок і тим сильніше прилипає інструмент до прес-форми, що ускладнює його вивантаження після вулканізації.

Тому велика увага приділяється знаходженню способів запобігання липкості інструменту до прес-формам.

При виготовленні алмазно-абразивного полірувального інструменту на каучукових зв'язках прес-форми покривають антиадгезійною плівкою з кремнійорганічною гідрофобізуючою рідиною, яку отверджують безпосередньо на прес-формі шляхом нагрівання при температурі 180-190 °С протягом 8 год.

Однак при переході від виготовлення алмазного полірувального інструменту до шліфувального потрібні були алмази більшої зернистості (більш 100/80), які, як виявилось, в процесі формування інструменту в прес-формі прорізають антиадгезійну захисну плівку, при цьому липкість до прес-формам інструменту, особливо важкопрофільних, як наприклад, переривчастих стрічок, різко зростає. Тому необхідно було ввести в гумову зв'язку алмазовмісного шару антиадгезійну добавку, різко знижує липкість зв'язки до вулканізаційних прес-формам при одночасному збереженні її високої адгезії до покритим (апретовані) фенольним зв'язуючим СФ-012А алмазним і абразивним шліфпорошком. Апретування алмазів використовують для підвищення їх втримання в зв'язці.

Зазвичай застосовуються в якості антиадгезійних добавок до каучукових зв'язок стеаринова кислота і рідше стеарат цинку знижують липкість каучукових зв'язок до

сталевих вулканізаційних прес-форм, однак, як показали наші дослідження, результати яких наведені в табл.5.1. Ці добавки одночасно зменшують і адгезію каучукових зв'язок до діамантових і абразивних шліфпорошків покритим тонкою плівкою фенольного зв'язуючого СФ-012А (фенолформальдегідної смоли з отверджувачем гексаметилентетраміном (ГМТА). В результаті цього різко падає втримання алмазів і абразивів в зв'язці, знижується стійкість і працездатність інструменту. Тому застосовувати зазначені добавки недоцільно.

Таблиця 5.1 — Вплив деяких антиадгезійних матеріалів на адгезію каучукових зв'язок до плівки з фенольного зв'язуючого СФ-012А

Найменування	Вміст компонентів в мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку					
	Номера зразків зв'язок					
	1	2	3	4	5	6
Зв'язка з фенольним зв'язуючим СФ-012А	175,5	175,5	175,5	175,5	--	--
Зв'язка без фенольного зв'язуючого СФ-012А	--	--	--	--	160,5	160,5
Стеарат цинка	--	5	--	--	--	--
Стеарат кальція	--	--	5	--	--	--
Стеаринова кислота	--	--	--	1,5	--	--
Адгезія зв'язки до плівки з фенольного зв'язуючого СФ-012А до Н / м	20,6	Немає адгезії	25,4	8,6	8,5	9,4

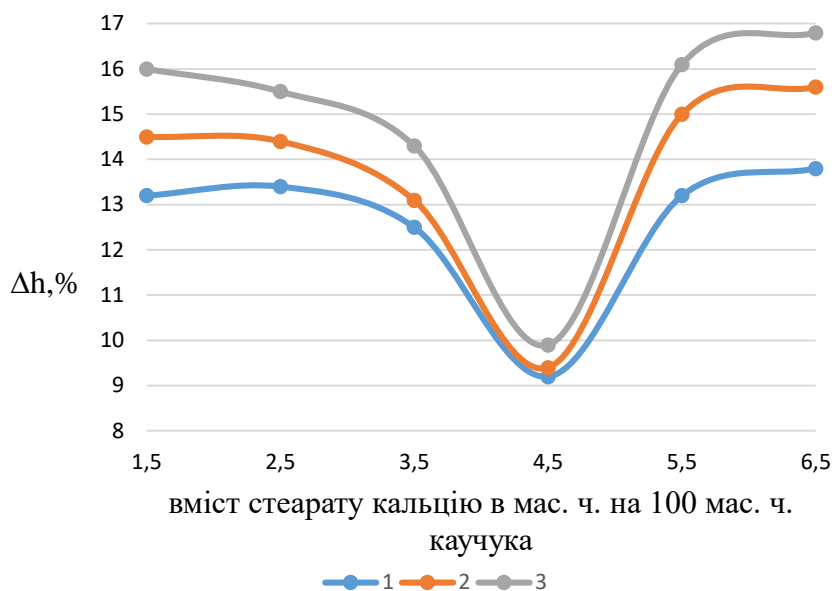
Нами було запропоновано використовувати в якості антиадгезійної добавки до зв'язки стеарат кальцію, зазвичай застосовувався в каучукових зв'язках як стабілізатор полівінілхлориду (ПХВ) в дозуванні 0,5-1,0 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку. З метою вибору оптимального дозування стеарата кальцію в еластичну напівжорстку і жорстку каучукові зв'язки вводили стеарат кальцію в кількості: 0,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5; 9,5; 11,5, мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку. Далі на зазначених зв'язках виготовляли

переривчасті стрічки і визначали наявність липкості при вивантаженні їх з вулканізаційних прес-форм. Було встановлено, що при дозуваннях 1,5-3,5 мас.ч. стеарата кальцію на 100 мас.ч. каучуку спостерігається сильна липкість зв'язок до прес-форм; при дозуванні 4,5 мас.ч. стеарата кальцію липкість зменшується, але не зникає повністю, при дозуванні стеарата кальцію 5,5 мас.ч. і вище липкість зв'язок до прес-форм не спостерігається.

Однак оскільки стеарат кальцію має в деякій мірі властивостями пом'якшувача, що могло б підвищити деформованість вулканізованих каучукових зв'язок, особливо при підвищеній температури, зменшити їх міцність при розтягуванні, а також вплинути на адгезію каучукової зв'язки до плівки з фенольного зв'язуючого СФ-012А, апретуючі алмази і абразиви, необхідно було визначити ці показники і встановити максимально допустиму дозу стеарату кальцію в зв'язці.

Одночасно визначали вплив різних доз стеарата кальцію на міцність при розтягуванні σ еластичних зв'язок. Як видно з рис. 5.2, зі збільшенням вмісту в зв'язці стеарата кальцію до 1,5-2,5 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку спостерігається деяка тенденція до збільшення міцності зв'язки, проте вона зменшується і зовсім зникає з подальшим підвищенням вмісту стеарата кальцію в зв'язці. Оскільки у всіх розглянутих випадках зміни міцності зв'язки незначні, абсолютно ясно, що стеарат кальцію в дозуванні 1,5-5,5 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку практично не знижує міцність зв'язки і цей показник не може бути вирішальним у виборі оптимальної дозуванні стеарата кальцію.

Досліджували вплив дозування стеарата кальцію у зв'язці типу Р31 на її адгезію до плівки з зв'язуючого СФ-012А, що є апретом для алмазів і абразивів. У табл.5.1 наведені результати цих досліджень. Паралельно для порівняння досліджували зв'язки, що містять в якості антиадгезійних добавок стеаринову кислоту і стеарат цинку.



1- при 90 C°; 2- при 110 C°; 3- при 130 C°

Рисунок 5.1 — Залежність відносної деформації при різних температурах зв'язки типу P31 від вмісту в ній стеарату кальцію

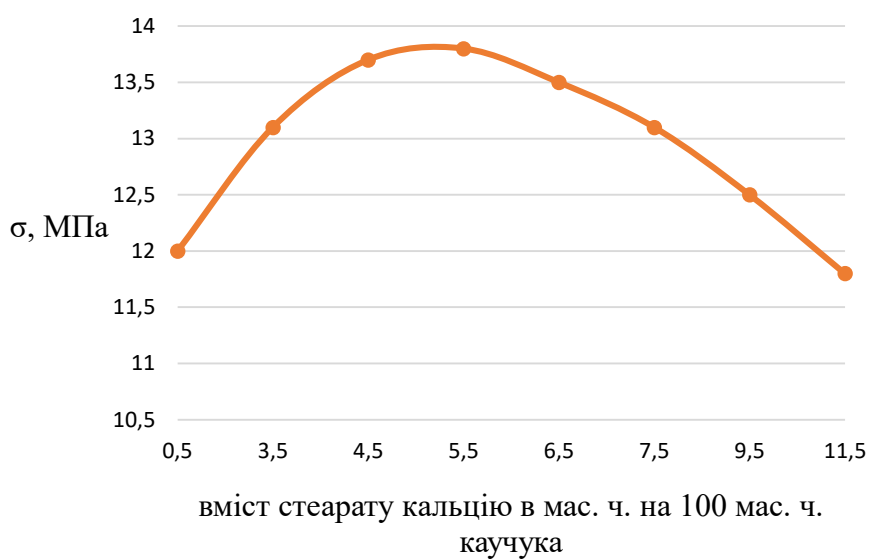


Рисунок 5.2 — Залежність міцності зв'язки типу P31 від вмісту в ній стеарату кальцію

Введення в зв'язку стеарата цинку повністю усуває адгезію зв'язки до плівки з фенольного зв'язуючого СФ-012А, введення стеаринової кислоти різко знижує адгезію зв'язки до плівки: порівняти 8,6 кН / м проти 20,6 кН / м.

Введення стеарата кальцію не тільки не знижує адгезію зв'язки до плівки, а навіть підвищує її (25,4 кН/м проти 20,6 кН/м), що пояснюється дією стеарата кальцію по відношенню до фенольного зв'язуючого, що знаходиться в зв'язці і в плівці - апретами.

Таким чином, стеарат кальцію, введений в гумову зв'язку в дозуванні не менше 5,5 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку, надає зв'язці виборчі антиадгезійних властивостей: усуває рідину зв'язки в вулканізаційних прес-формах і одночасно зберігає і навіть підвищує адгезію її до плівки з фенольного зв'язуючого СФ-012А, що застосовується в якості аперету для алмазних і абразивних шліфпорошків.

Адгезійні властивості стеарата кальцію в каучукових зв'язках пояснюється тим, що характеризуються слабокислотними властивостями водень гідроксильних груп фенольних фенолформальдегідної смоли, що входить в гумову зв'язку і аперетом, що покриває алмази і абразиви, взаємодіють з іонами кальцію з стеарата кальцію, утворюючи феноляти кальцію, пов'язані з поліконденсованою фенолформальдегідною смолою. Таким образом, стеарат кальцію є «зшиваючим» агентом, що забезпечує високу адгезію (міцність зв'язки) між фенолформальдегідною смолою з каучукової зв'язки і з аперету, що покриває алмазні та абразивні шліфпорошки, в результаті чого досягається висока адгезія алмазів і абразивів до каучукової зв'язці.

При цьому радикал стеарата, що входить до складу стеарата кальцію утворює з воднем гідроксилу фенолу з фенолформальдегідної смоли стеаринову кислоту, яка надає зв'язці антиадгезійних властивостей по відношенню до сталевих вулканізаційних прес-форм.

Відсутність адгезії каучукової зв'язки, що містить стеарат цинку, до діамантових шліфпорошків, покритою плівкою з фенолформальдегідної смоли з затверджувачем гексаметилентетраміном (фенольний зв'язуючий СФ-012А) можна пояснити тим, що ГМТА при температурі вулканізації зв'язки частково розкладається, виділяючи аміак, що створює лужне середовище. Тим часом цинк з стеарата цинку, будучи амфотерним елементом, в лужному середовищі не взаємодіє зі слабкислотним водневим іоном гідроксилу фенольного кільця фенолформальдегідної смоли. Таким чином не

створюється зв'язок між стеаратом цинку з каучукової зв'язки і плівкою апрету, що покриває алмази і абразиви, і тому адгезія між ними відсутня.

Взаємодія ж між стеаринової кислотою і слабокислотними водневими іонами гідроксилу фенольного кільця неможлива, так як кислоти між собою не реагують.

Тому в розглянутих алмазно-абразивних каучукових композиціях тільки стеарат кальцію має вибрані антиадгезійні властивості по відношенню до зв'язки, апретами і сталевим прес-формам.

Це було враховано в технологічному процесі виготовлення алмазних шліфувальних переривчастих стрічок: при розробці нових каучукових зв'язок для алмазовмісного шару в них був введений стеарат кальцію в оптимальній кількості.

Проведене дослідження виходить за рамки цієї роботи. Воно дозволило вирішити питання про запобігання липкості до сталевих вулканізаційних прес-форм не тільки алмазних шліфувальних переривчастих стрічок, але і всього алмазного інструменту на каучукових зв'язках.

6 РОЗРОБКА ОКРЕМИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ І ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ, ЩО ДОЗВОЛЯЮТЬ ОТРИМАТИ ВИСОКОЯКІСНІ ПЕРЕРИВЧАСТІ СТРІЧКИ

Першою і обов'язковою умовою отримання високоякісного інструменту безумовно є відповідність застосовуваної вихідної сировини і матеріалів вимогам стандартів.

Досвід виготовлення інструменту на каучукових зв'язках показав, що відхилення вихідних матеріалів від вимог стандартів найчастіше пов'язані з поганими умовами зберігання матеріалів, що призводить до збільшення їх вологості вище передбаченої нормативно-технічною документацією.

В результаті цього після вулканізації інструменту при вивантаженні його з прес-форми на поверхні алмазовмісного і безалмазного шарів з'являються бульбашки. Обов'язковий аналіз матеріалів перед запуском у виробництві і, в разі необхідності, додаткова сушка матеріалів в термостаті або сушильній шафі повністю усувають цей дефект.

6.1 Формування (брикетування) сирого алмазовмісного шару переривчастих стрічок

Алмазні переривчасті стрічки представляють собою 4-х шаровий інструмент, окремі шари якого в сирому вигляді мають різну текучість при підвищеній температурі. У процесі пресування інструменту високотекучі безалмазні суміші, витісняючи малотекучу алмазомісну суміш, заповнюють порожнини матриці прес-форми, призначені для формування окремих алмазовмісних елементів. Для запобігання цьому явищу під алмазовмісним шаром поміщають в якості бар'єру малотекучий шар, виготовлений на зв'язці алмазовмісного шару. Це запобігає проникненню в матрицю еластичних зв'язок, але все ж повністю не захищає. Тому було запропоновано попередньо брикетувати в прес-формі тільки алмазовмісний шар, використовуючи спеціальний пуансон, що враховує товщину безалмазних шарів.

Якщо при цьому сирій алмазовмісний шар розподіляється нерівномірно, що не виключено, випресування з порожнин матриці надлишків алмазовмісної суміші можна помістити на недопресування ділянки алмазовмісного шару, забезпечуючи цим повне заповнення порожнин матриці.

6.2 Формування (брикетування) алмазних переривчастих стрічок

На першому етапі розробки технологічного процесу формування та вулканізації алмазних переривчастих стрічок на брикетований алмазовмісний шар накладали 3 безалмазних шари відповідно до конструкції стрічок і під тиском вулканізовану стрічку. Однак з'ясувалося, що по периметру стрічок на бічних сторонах з'являлися окремі неглибокі щілини між шаром на зв'язці алмазовмісного шару і еластичними шарами, що пояснюється різницею в їх текучості при підвищеній температурі. Тому було запропоновано перед вулканізацією проводити брикетування безалмазних шарів з попередньо брикетуванням алмазовмісного шару, а потім, не розкриваючи прес-форми, направляти її на вулканізацію.

Необхідно було тільки встановити оптимальну температуру брикетування алмазовмісного шару і безалмазних шарів, щоб не допустити їх передчасної вулканізації. В іншому випадку в процесі вулканізації шари не будуть зливатися між собою, і готова стрічка не буде розшаровуватися.

З метою вибору температури брикетування сирі зразки, виготовлені з усіх чотирьох шарів стрічки, прогрівали при температурі 40, 50, 60, 70, 80 °С протягом 5 хв, імітуючи умови брикетування в пресі, далі зразки охолоджували до кімнатної температури, після чого визначали їх текучість. Еластичний шар на зв'язці P22, попередньо прогрітий при температурі понад 50 °С, помітно знизив свою текучість, тобто підвулканізований. Тому рекомендована температура брикетування сирих шарів алмазних переривчастих стрічок повинна бути не вище 50 °С. Брикетування шарів стрічок по запропонованому варіанту і встановленим температурному режиму повністю ліквідувало дефект «щілини» на бічній поверхні стрічок і було введено в технологічний процес їх виготовлення.

7 МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ (МОДУЛЬ ЮНГА) ВУЛКАНІЗАТИВ АЛМАЗОВМІСНИХ СУМІШЕЙ

Об'єктивна оцінка в абсолютних величинах фізичних властивостей каучукових зв'язок і алмазовмісних сумішей дозволить чітко характеризувати їх властивості та конкретно формулювати вимоги до зв'язок при створенні нових алмазних інструментів. Тому вивчення фізичних властивостей каучукових зв'язок представляє великий інтерес.

Для проведення низки досліджень і розрахунків, що характеризують поведінку алмазних зерен в каучукових зв'язках в процесі обробки деталей алмазним інструментом, надзвичайно важливою характеристикою алмазовмісного шару є модуль пружності (модуль Юнга).

Модуль пружності:

$$E = \frac{P}{\Delta l/l}, \quad (7.1)$$

де P – напруження деформованого тіла;

$\Delta l/l$ – відносне видовження тіла.

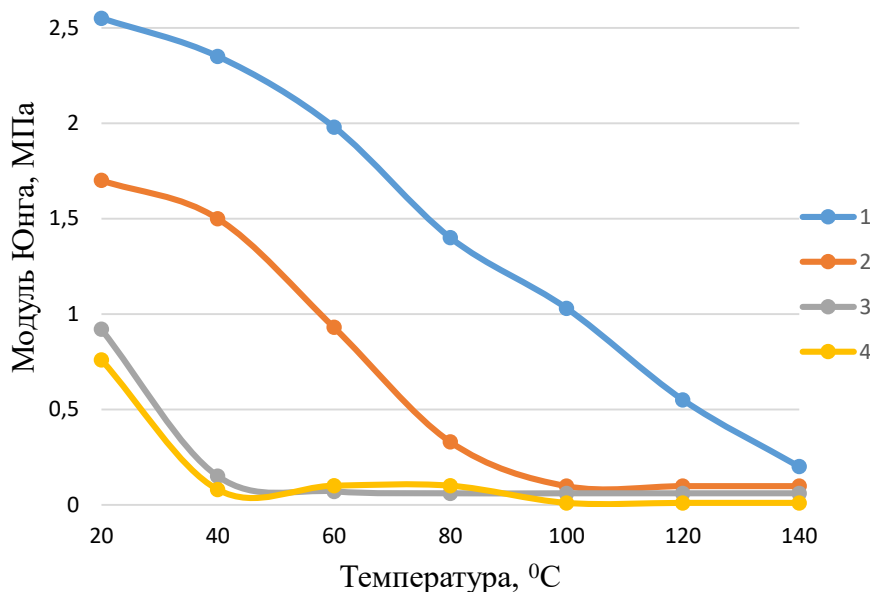
Оскільки каучукові зв'язки володіють деякою термопластичністю, з підвищенням температури відносне подовження каучукових зв'язок і алмазовмісних сумішей збільшується, а модуль пружності падає. Цю обставину необхідно враховувати, так як в процесі обробки температура інструменту і деталі підвищується.

Було встановлено, що величина модуля Юнга каучукових зв'язок залежить від ряду факторів, деякі з них описані нижче. Вулканізуючий агент - сірка. Чітко видно, що зі збільшенням її змісту модуль Юнга зростає. На рис. 7.1 наведена залежність модуля Юнга від вмісту в каучуковій зв'язці вулканізуючого агента – сірки.

Наповнення алюмінієвим порошком зв'язок, що містять 15 і 20 мас.ч. сірки на 100 мас.ч. каучуку, підвищує модуль Юнга при температурі відповідно 40 і 50 °С,

однак при подальшому підвищенні температури наповнення зв'язки алюмінієвим порошком практично не впливає на величину модуля Юнга.

Введення в зв'язку, що містить 40 мас.ч. сірки на 100 мас.ч. каучуку, суміш наповнювачів - нітриду кремнію і фталоціаніну міді (по 30 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку кожен) також не змінює істотно модуль Юнга, в той час як наповнення цієї ж зв'язки технічним вуглецем помітно підвищує цей показник.



Вміст сірки в каучуковій зв'язці в мас.ч. на 100 мас.ч. каучука:

1 – 40; 2 – 30; 3 – 20; 4 – 15.

Рисунок 7.1 — Залежність модуля Юнга від вмісту сірки в каучуковій зв'язці

З'ясувалося вплив ступеня наповнення каучукових зв'язок абразивними шліф- (К320) і мікропорошками (КЗМ 7/0) на величину модуля Юнга. Досліджували каучукові зв'язки, що містять 40 мас.ч. сірки на 100 мас.ч. каучуку. Зв'язки виготовляли без наповнювачів і з наповненням сумішшю нітриду кремнію і фталоціаніну міді по 30 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку.

Наповнення зв'язки абразивами підвищує модуль Юнга в діапазоні температур 40-75 °C. При 80 °C зв'язка настільки розм'якшується, що наповнення абразивом практично не впливає на величину модуля Юнга.

Звертає на себе увагу той факт, що при відносній концентрації абразиву - 100 модуль Юнга для вулканізованої абразивовмісної суміші більше, ніж при відносній концентрації – 150. Це важливо з тієї точки зору, що зі збільшенням модуля Юнга абразивовмісної суміші зростає її жорсткість і за рахунок цього можна досягти більшого знімання оброблюваного матеріалу. Отримані дані необхідно враховувати при виборі оптимальної концентрації абразиву.

У каучукової зв'язці, що містить наповнювачі, введення абразивних порошків помітніше підвищує величину модуля Юнга, причому це відчутно в широкому діапазоні температур і тому дозволяє очікувати підвищення ріжучих властивостей інструменту.

Слід зазначити, що і для наповненої зв'язки при відносній концентрації абразиву - 100 в діапазоні температур 20-100 °С величина модуля Юнга вище, ніж при відносній концентрації - 150.

Ця ж закономірність в діапазоні 50 - 110 °С спостерігається при визначенні модуля Юнга для каучукової зв'язки, що містить 15 мас.ч. сірки на 100 мас.ч. каучуку. Однак оскільки глибина вулканізації цієї зв'язки значно менше, ніж у вище досліджених зв'язок, то і абсолютне значення модуля Юнга нижче.

У всіх розглянутих випадках абразивні мікропорошки, введені в гумову зв'язку в такому ж обсязі, як і шліфпорошки, забезпечують менший модуль Юнга.

Таким чином, проведене дослідження дозволило визначити нову для каучукових зв'язок і абразивовмісних сумішей об'єктивну характеристику їх фізичних властивостей - модуль Юнга і показало, що його величина залежить від ступеня вулканізації зв'язок, їх наповнення і виду застосовуваних наповнювачів. Особливу увагу слід звернути на вибір оптимальної концентрації абразиву. Отримані дані будуть враховуватися в дослідженнях по розробці нових інструментів на каучукових зв'язках.

8 КОНТАКТНІ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ШЛІФУВАННІ КРУГАМИ З АЛМАЗОВМІСНИМ ШАРОМ З ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК АСШЛ

Підвищення вимог, що пред'являються до продуктивності алмазної обробки і якості шліфованих поверхонь, викликає необхідність створення нових ефективних типів шліфувальних інструментів. Одним з таких інструментів є шліфувальний круг, який представляє собою металевий диск, на периферію якого наклеєна стрічка типу на еластичній основі [10]. На робочій поверхні стрічки в певному порядку розташовані ріжучі алмазовмісні елементи (стовпчики) на каучукових зв'язках.

Конструктивні особливості інструменту, еластична зв'язка і основа викликають необхідність визначення контактних (локальних) деформацій круги з алмазовмісним шаром зі стрічок типу АСШЛЕ. Пружні деформації круга і заготовки є важливими факторами, що впливають на процес шліфування і точність обробки. Як свідчать експериментальні дані [11,12,13], величина пружних контактних деформацій шліфувального круга і заготовки може бути значною в порівнянні з глибиною шліфування. При цьому довжина зони контакту шліфувального круга з виробом з урахуванням їх деформацій перевищує довжину контакту, обчисленню без урахування деформацій, приблизно на 15 ... 50 %. Це дає підставу припускати, що локальні контактні пружні деформації кругів з алмазовмісним шаром зі стрічок типу АСШЛ, що мають еластичний алмазовмісний шар і основу, будуть мати істотний вплив на параметри і показники процесу шліфування.

Пружну деформацію контакту круг-деталь будемо визначати, вважаючи зерна абсолютно жорсткими. Розрахунок величин пружних деформацій зерен, виконаний за виразами, наведені [12, 14] показав, що їх значення на кілька порядків менше деформації еластичного робочого шару круга з алмазовмісним шаром зі стрічок типу АСШЛЕ і, отже, їх можна не враховувати.

Принципова схема круги з алмазовмісним шаром зі стрічок типу АСШЛЕ. Кожен ріжучий стовпчик круги має гетерогенне середовище - алмазно-каучукова композиція. Відповідно до принципу еквівалентної гомогенності [15] є можливість

представити гетерогенне середовище як гомогенне, еквівалентний модуль пружності і коефіцієнту Пуассона якого визначаються:

$$E_k = \frac{9k_3\mu_3}{3k_3 + \mu_3} i \quad (8.1)$$

$$\nu_k = \frac{3k_3 - 2\mu_3}{2(3k_3 + \mu_3)} \quad (8.2)$$

де E_k , ν_k – еквівалентний модуль пружності, Па і коефіцієнт Пуассона ріжучої частини круга; k_3 – ефективний об'ємний модуль круга, Па; μ_3 – ефективний модуль зсуву, Па.

Для розрахунку k_3 і μ_3 зерна подаються у вигляді сфер, діаметр яких рівний діаметру зерна. Об'ємна частка включень надається довільною.

З урахуванням покладеного ефективний модуль зсуву μ_3 знаходиться з рівняння:

$$A \left[\frac{\mu_3}{E_{CB}[2(1+\nu_{CB})]^{-1}} \right]^2 + 2B \left[\frac{\mu_3}{E_{CB}[2(1+\nu_{CB})]^{-1}} \right] + C = 0 \quad (8.3)$$

де E_{CB} , ν_{CB} – модуль пружності, Па и коефіцієнт Пуассона еластичної зв'язки; А, В, С – коефіцієнти, які залежать від фізико-механічних властивостей еластичної зв'язки, алмазних зерен і концентрації останніх в алмазомісному стовпчику круги. У табл. 8.1 наведені значення коефіцієнтів А, В і С для різних еластичних зв'язок і концентрації.

Таблиця 8.1 — Коефіцієнти А, В и С для розрахунку ефективного модуля зсуву
це по формулі (8.3)

Відносна концентрація алмазів	Зв'язка	Коефіцієнти		
		А	В	С
50	P51	31922	-2417	-118638
	P48	127800	-9675	-474975
	P35	511380	-38754	-1900188
	P51	35625	-3544	-143888
100	P48	130500	-14175	-575550
	P35	522000	-56700	-2302200
	P51	33750	-5625	-176475
150	P48	13500	-22500	-705825
200	P35	540000	-90000	-2823300
	P51	34875	-7538	-216562
	P48	139500	-30825	-866250
	P35	558000	-123300	-3465000

Ефективний об'ємний модуль визначається за формулою:

$$k_{\text{э}} = \frac{E_{\text{CB}}}{3(1-2\nu_{\text{CB}})} \left[1 + \left\{ 1 + \frac{2(1-2\nu_{\text{CB}})}{1+\nu_{\text{CB}}} \right\} k' \right] \quad (8.4)$$

де k' - коефіцієнт, що залежить від концентрації алмазів в ріжучому стовпчику інструменту. Значення коефіцієнта k' при різних концентраціях.

Таблиця 8.2 — Коефіцієнт k' для розрахунку ефективного об'ємного модуля по формулі (8.4)

Відносна концентрація алмазів	50	100	150	200
Коефіцієнт k'	0,14	0,33	0,60	1,0

Підставивши (8.3) і (8.4) і (8.2) отримаємо пружні характеристики робочої частини круги з алмазовмісним шаром зі стрічки типу АСШЛ. Розрахунки показують, що, наприклад, при відносній концентрації алмазів 100 модуль пружності круги перевищує модуль пружності зв'язки $E_{св}$ в 1.4 ... 1.7 рази. Ці результати знаходять експериментальне підтвердження при статичному стисненні одиничного ріжучого стовпчика круги з алмазовмісним шаром зі стрічки АСШЛ.

Величину пружної деформації шліфувального круга будемо шукати в два етапи, розглядаючи окремо:

$$\alpha = \sqrt{\frac{k_1^*}{2k_2^*}} \quad (8.9)$$

де значення k_2^* :

$$k_2^* = \frac{E_0}{4(1+\nu_0)} \int_0^H \psi^2(z) dz \quad (8.10)$$

E_0 и ν_0 – пружні постійні еластичної підложки, $\psi(z)$ – функція поперечного розподілу переміщень. H – висота підложки, мм.

Згідно:

$$E_0 = \frac{E_n}{1-\nu_n^2}; \quad \nu_0 = \frac{\nu_n}{1-\nu_n}, \quad (8.11)$$

де E_n и ν_n – відповідно модуль пружності, ν_n і коефіцієнт Пуассона еластичної підкладки.

Розподіл переміщень по висоті H пружної основи підкладки визначаються функцією розподілу переміщень $\psi(z)$. Для достатнього тонкого шару, що знімається можна прийняти:

$$\psi(z) = \frac{H-z}{H} \quad (8.12)$$

Підставляючи (8.12) в (8.8) і (8.10) і проводячи необхідні перетворення, отримуємо:

$$k_1^* = \frac{E_0}{(1-\nu_0)^2 H}; \quad k_2^* = \frac{E_0 H}{12(1-\nu_0)} \quad (8.13)$$

Коефіцієнти k_1^* и k_2^* характеризують властивості основи (еластичної підложки), причому коефіцієнт k_1^* визначає його роботу на стиск, а коефіцієнт k_2^* - на зсув.

Використовуючи (8.13), знаходимо:

$$\alpha = \frac{2.45}{H\sqrt{1-\nu_0}} \quad (8.14)$$

Повертаючись до вираження (8.7), проводячи необхідні підстановки, після спрощення отримуємо:

$$\delta_2 = \frac{PH}{nFE^* \left[1 + 2 \frac{k_1(\beta)}{\beta k_0(\beta)} \right]} \quad (8.15)$$

де $E^* = \frac{E_0}{(1-\nu_0^2)}$ - пружна постійна матеріалу еластичною підкладки; F - площа робочої поверхні стовпчика; $\beta = \alpha r = 1,275 \cdot d(1-\nu_0)^{-0,5}/H$ - аргумент Беселевої функції.

Таким чином, вираз для повної статистичної деформації круга з алмазовмісним шаром зі стрічки типу АСШЛ набуває вигляду:

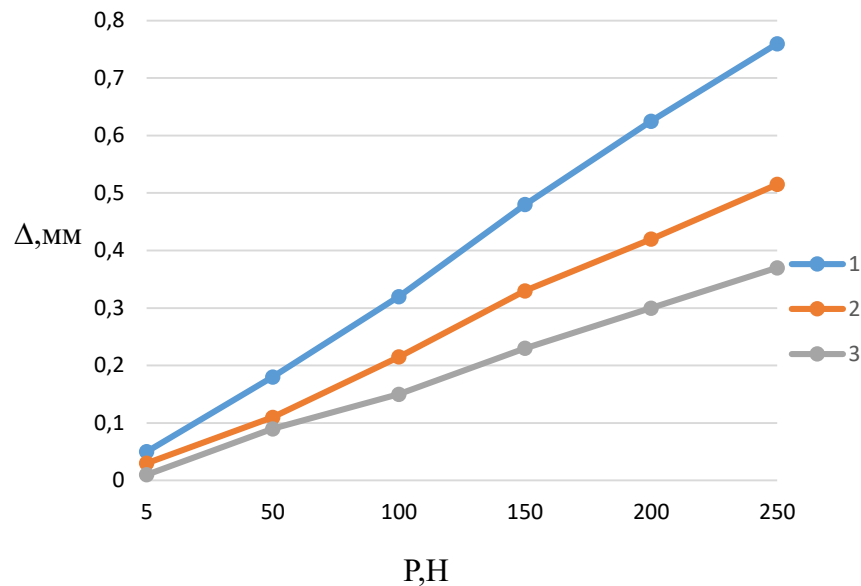
$$\Delta = \left\{ \frac{2}{\pi d n} \left[\frac{1 - \nu_k^2}{E_k} \ln \frac{D}{m} \right] + \frac{H}{n E^* F \left[1 + 2 \frac{k_1(\beta)}{\beta k_0(\beta)} \right]} \right\} P, \text{ мм} \quad (8.16)$$

Розрахунки і експерименти показали, що, хоча раціональні деформації стовпчиків і величини їх «втоптування» в еластичну підкладку співмірні, поворот стовпчика в підкладці, викликаний дією тангенціальних сил, практично не позначається на кінцевому значенні повної деформації. Крім того, вплив тангенціальною сили значно зменшується в міру зносу круги.

За допомогою формули визначалися деформації кругів типу АСШЛ різної зернистості, концентрації на каучукових зв'язках Р51, Р48 і Р35. Для експериментальної перевірки отриманих результатів було виготовлено спеціальне пристосування, за допомогою якого фіксувалася деформація робочої частини круги при заданому навантаженні. Виміри проводилися в точності до 1 мкм, кожен досвід повторювався не менше п'яти разів, після чого середнє значення деформації наносилось на графік. Представлені експериментальні та розраховані за формулою (8.16) залежно деформації круга з алмазовмісним шаром зі стрічки типу АСШЛ 1А1 250x25x3x8x76-АС2 80/63-Р35-100 від зусилля, що припадає на один стовпчик. Як бачимо, максимальна розбіжність результатів розрахунку і експерименту не перевищує 25%, що цілком допустимо. Аналогічні результати були отримані при випробуванні інших кругів з алмазовмісним шаром зі стрічок типу АСШЛ різних характеристик. Таким чином, можна зробити висновок, що вираз (8.16) цілком прийнятний для оцінки статистичної деформації кругів на каучукових зв'язках з переривчастим робочим шаром типу АСШЛ. У дещо зміненому вигляді цей вислів може бути використано для розрахунку деформацій інших типів кругів на еластичній зв'язці і основі.

На рис. 8.1 представлені залежності деформацій Δ кругів з алмазовмісним шаром типу АСШЛ на різних зв'язках від діючих радіальних зусиль P . Зернистість кругів - 100/80, відносна концентрація - 100. Як видно деформація круги на високо еластичною зв'язці Р35 перевищує деформація круги на більш жорсткою зв'язці Р51 приблизно в 2 рази. Крім того, з рис. 8.1 можна спостерігати, що величини деформації

кругів з алмазовмісним шаром зі стрічок типу АСШЛЕ навіть при малих силах досягають великих значень 0,1-0,3 мм, набагато перевищують застосовувані в практиці абразивні препарати глибини шліфування.



1 – АС 100/80-100-Р31; 2 – АС 100/80-100-Р35; 3 – АС 100/80-100-Р48.

Рисунок 8.1 – Залежність деформації круга з алмазовмісним шаром на стрічці типу АСШЛ на різних зв'язках радіальних зусиль

Залежності деформацій Δ круги від зусиль P при різній відносній концентрації алмазів в робочому шарі круга. Видно, що збільшення відносної концентрації не призводить до суттєвого зменшення деформацій кругів в порівнянні зі зміною типу зв'язки. Однак, навіть при порівняно невеликих радіальних зусиллях, різниця в величинах деформацій кругів з різною відотною концентрацією алмазів складає близько 0,05 мм, що, безсумнівно, повинно бути прийнято до уваги.

Таким чином, вдалося визначити залежність деформації круга з алмазовмісним шаром зі стрічки типу АСШЛ від його фізико-механічних властивостей, радіального зусилля шліфування, його розмірів і характеристики. Як впливає з викладеного, вплив зв'язки круги на його локальну деформацію найзначніше. Марка алмазу і

зернистість круга не впливає на його деформацію, тоді як відносна концентрація такий вплив надає.

Встановлена залежність пружних деформацій кругів з алмазовмісним шаром типу АСШЛ від його фізико-механічних характеристик дозволяє оцінити вплив контактних деформацій на якість шліфованих поверхонь, продуктивність процесу шліфування і вибір раціональної характеристики шліфувального круга.

9 ВПЛИВ ОБРОБКИ КРУГАМИ З АЛМАЗОВМІСНИМ ШАРОМ З ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК ТИПУ АСШЛЕ НА ВТОМНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ ТВЕРДОГО СПЛАВУ

Вплив якості поверхні твердого сплаву на його втомну довговічність докладно вивчено в ряді робіт, огляд яких наведений в публікації [16]. В даний час відомо, що різні види технологічної обробки твердого сплаву можуть як покращити, так і істотно погіршити фізико-механічні властивості поверхневого шару матеріалу. Крім того, характеристики опору втомного руйнування матеріалу є одними з найбільш чутливих механічних характеристик до зміни стану поверхні. Тому при визначенні перспектив використання нових видів обробки твердосплавних виробів, експлуатованих, в основному, в умовах дії повторно-змінних навантажень, необхідно оцінити вплив цих видів обробки на опір втомного руйнування матеріалу.

У даній роботі наведені результати досліджень впливу на втомну довговічність твердого сплаву обробки кругами з алмазовмісним шаром зі стрічок типу АСШЛ на каучуковій зв'язці. Зазначений інструмент отримав останнім часом широке застосування при декоративному шліфуванні передніх панелей магнітофонів з алюмінієвих сплавів, обробки газотермічних покриттів і тонкій обробці сталі [17-20]. Такі круги дозволяють обробляти практично будь-які матеріали, причому процес обробки відрізняється порівняно низькими температурами в зоні різання. До переваг цих кругів можна віднести ту обставину, що вони можуть бути виготовлені в умовах споживача в короткі терміни і різних габаритів.

У даній роботі розглядається можливість використання описаних кругів для шліфування твердосплавних виробів.

Дослідження проводили на прямокутних зразках розмірами 5x5x35 мм. Матеріал зразків - твердий сплав ВК8. Шліфування твердосплавних виробів здійснювали кругом прямого профілю діаметром 250 мм на пласко верстаті «Тотес». Партія ідентичних зразків після спікання була розділена на три групи, кожна з яких оброблялася за певним режиму: режим 1 - шліфування традиційними кругами з

алмазами АС4 100/80-100 на зв'язці; режим 2 - шліфування кругами з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ з алмазами АС4 100/80-100 на зв'язці Р48; режим 3 - обробка по режиму 2 з наступним доведенням кругими з алмазовмісним шаром зі стрічок АСШЛ з алмазами АСМ 20 / 14-50 на зв'язці Р31. Обробку вели на постійних режимах шліфування: швидкість круги $v = 25$ м/с; подачі $S_{пр} = 5$ м/хв, $S_{поп} = 3$ мм/дв.хід; глибини шліфування: груба обробка $t = 0,03-0,02$ мм, тонка - $t = 0,005-0,010$ мм на прохід. При шліфуванні використовувалося МОР – 0,5 %, водний содовий розчин.

Втомні випробування проводили на високочастотній установці на базі електродинамічного вібростенда ВЕДС-400 [20]. Зразки випробовували при частоті 400 Гц. При експериментах реалізовувалася схема трьохточкового вигину зразка.

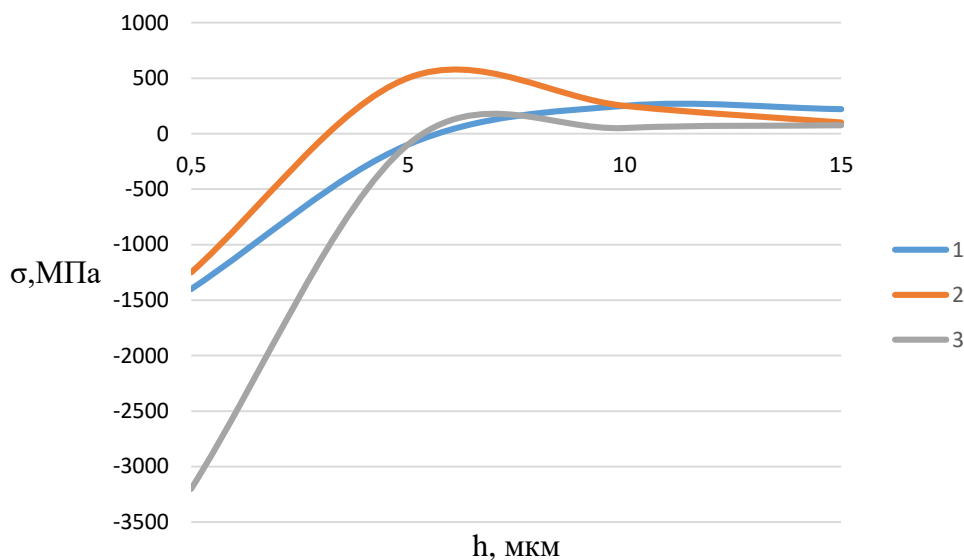
Максимальну напруга циклу було вибрано з умови $\sigma_{max} = 0,6 \cdot \sigma_{ізг}$, де $\sigma_{виг}$ - межа міцності матеріалу при вигині ($\sigma_{виг} = 1100$ МПа). Коефіцієнт асиметрії циклу навантаження $R = 0,5$. Результати випробувань представлені у вигляді діаграм розподілу довговічності зразків при фіксованому діапазоні зміни навантаження. Слід зазначити високу чутливість характеристик втоми твердого сплаву до структурної неоднорідності матеріалу до внутрішніх дефектів [16], що призводить до значної області результатів випробувань. Спроби застосування для опису експериментальних даних різних законів розподілу ймовірності втомного руйнування твердого сплаву показали, що найбільш прийнятним для нашого випадку є логарифмічний нормальний закон розподілу. Цей висновок добре узгоджується з результатами, представленими в роботі [16]. Аналіз отриманих даних показав, що вплив на втомну довговічність твердого сплаву механічної обробки по режиму 2 практично не відрізняється від впливу обробки по режиму 1. У той же час режим 3 дозволяє збільшити втомну довговічність твердого сплаву в 5-6 разів в порівнянні з режимами 1 і 2 (при 50 % ймовірності руйнування).

Отримані результати можна пояснити, розглянувши основні чинники, які характеризують стан поверхні після механічної обробки - шорсткість поверхні і залишкові напруги. Шорсткість поверхні R_a після алмазного шліфування по режиму 1,2 і 3 становить відповідно 0,19; 0,053; 0,014 мкм.

Отримана шорсткість поверхні відповідає вимогам щодо високих класів і тому не може мати істотного впливу на довговічність твердого сплаву як самостійний фактор [16]. Однак цей вплив буде мати місце в сукупності з дією залишкових напружень в поверхневому шарі. Останній фактор є визначальним при аналізі втомної довговічності твердого сплаву. Як відомо, після спікання в поверхневому шарі твердих сплавів мають місце залишкові напруги розтягнення порядку 500-1000 МПа [16]. Подальша абразивна обробка повністю знімає напружений шар і формує нове поле напружень. Для визначення залишкових напружень в матеріалі ВК8 після обробки кругами з алмазовмісним шаром зі стрічок типу АСШЛ використовувалася методика, описана в роботі [21]. Отримані результати представлені на рис. 9.1. Можна відзначити, що обробка твердого сплаву новими кругами по режиму 2 створює в області поверхні зразка напругу стиснення близько 1000 МПа. Однак на глибині 2 мкм ці залишкові напруги переходять в розтягнення і досягають максимуму (500Мпа) на глибині 5 мкм, що є порівняно високим рівнем напруги. Наявність напруг, що розтягують в поверхневому шарі твердого сплаву негативно позначається на довговічності матеріалу, так як в твердому сплаві є безліч різних дефектів типу мікротріщин і пор, які при додатку циклічного навантаження розвиваються і призводять до руйнування виробів. Відсутність напруг, що розтягують в при поверхневому шарі, а також високі значення напруг стиснення на поверхні, як це отримано при обробці по режиму 3, сприятливим чином позначається на підвищенні міцності і довговічності твердого сплаву. Незначна відмінність довговічності твердого сплаву, підданого обробці по режиму 1 і 2 можна пояснити тим, що, хоча напруження розтягу в при поверхневому шарі після обробки по режиму 1 менше (близько 250 МПа), проте вони поширюються на велику глибину (до 30 мкм), тоді як розтягуючі напруги після обробки по режиму 2 наближаються до нуля вже на глибині 15 мкм.

Наведена робота дозволяє зробити висновок, що круги з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ за своїм впливом на характеристики міцності твердого сплаву не відрізняються від впливу використовуваних в даний час в техпроцесах обробки алмазних інструментів. Тому для випадків, коли це доцільно,

можна рекомендувати ці круги для шліфування твердого сплаву. У той же час слід зазначити, що використання на тонких операціях шліфування кругів з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ з дрібнозернистими алмазами (3-й режим обробки) дозволяє істотно підвищити втомну довговічність матеріалу.



1, 2, 3 – обробка по режимам 1,2,3.

Рисунок 9.1 — Залишкова напруга в сплаві ВК8

Попередні виробничі випробування по обробці твердосплавних різців кругів з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ з алмазами АСМ 20/14-50 на зв'язці Р31 показали, що після обробки різців на окремих операціях різання відмічено підвищення стійкості заточеного інструменту в 1,5-2 рази. Внеском в позитивний ефект може також бути зменшення мікронерівностей на поверхні твердого сплаву, що призводить до зменшення температури при знятті стружки. Використання кругів з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ для обробки твердосплавних виробів, зокрема ріжучого інструменту, є перспективним і вимагає подальшого вивчення в плані вибору режимів шліфування для обробки конкретних виробів.

Визначити величину t - критерію з наступного співвідношення:

$$t_{\text{розр}} = \frac{x_B - \bar{x}_{\text{наст}}}{S}, \quad (9.1)$$

де x_B – «вискакуюче» значення;

$\bar{x}_{\text{наст}}$ – середнє значення наступних результатів вимірювань;

S – наближене значення середньої квадратичної помилки, обчисленої з урахуванням розглянутого «вискакуючого» і прийнятих результатів за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^u (x_i - \bar{x})^2}{u-1}} \quad (9.2)$$

де x_i – виміряні значення;

\bar{x} – середнє значення R_a , вираховане з врахуванням $x_{\text{наст}}$ и розглянутого x_B ;

u – кількість вимірювань, т.д. $u = u_{\text{наст}} + 1$

Для прийнятого значення ймовірності знайти табличне значення критерію Стьюдента (t - критерію) [22]. Якщо $t_{\text{розр}} > t_{\text{табл}}$, «вискакуюче» значення повинно бути виключено.

Знайти $S_{\text{наст}=1}$ для виявлених допустимими після перевірки результатів вимірів $R_a(u_{\text{наст}1})$.

Знайти значення t - критерію за виразом:

$$t_{\text{роз1}} = \sqrt{\frac{\Delta x u_{\text{наст1}}}{S_{\text{наст1}}}} \quad (9.3)$$

де Δx – довірчий інтервал, яким задаються.

Отримане в результаті обробки значення R_a (по приладу) є завищеними, так як загальний рівень результатів, визначених за приладом, вище реального значення R_a за вказаними раніше причин.

З метою отримання реального значення R_a нами записувалися профілограми обробленої поверхні покриття. Профілограми виявляють наявність пір на поверхні

деталі. Тому для отримання реального значення R_a необхідно виключити з профілограми западини, що представляють собою запис пустот (пор). Методика «відшукання» пустот і їх виключення аналогічна наведеної вище. Глибина западин на профілограмі базової довжини відраховується від лінії виступів.

Аналіз результатів показав, що шорсткість поверхні, отримана по приладу, може перевищувати дійсну на 1-2 класу шорсткості.

Тому спочатку для аналізу вибирається ділянку профілограми довжиною, рівній базової довжині класу шорсткості, одержаного за наслідками вимірювань на приладі і їх обробки.

У разі отримання після аналізу профілограми по вище наведеною методикою значення R_a , відповідного вищого класу шорсткості, слід скоротити довжину розглянутої ділянки профілограми до значення базової довжини нового класу, обробити знову отриману ділянку профілограми і отримати остаточне значення параметра R_a .

Для отримання значення R_a із заданою довірчою ймовірністю, рекомендується вибирати кількість оброблюваних ділянок профілограм, що дорівнює кількості, що залишилися значимими вимірами по приладу.

Для визначення істинної (R_a) поверхні необхідно обробити профілограми поверхні деталі.

Вибираємо 7 ділянок профілограм, відповідні базової довжині $L = 0,8$ мм.

Для виключення западин, що є порами, необхідно провести лінію вершин і від неї зробити відлік глибин всіх западин. Після обробки отриманого ряду за вищенаведеною методикою, западини виключаються з розгляду, і профілограма обробляється для отримання величини R_a .

Після обробки 7 профілограм було встановлено, що справжня величина параметра $R_a = 0,31$ мкм з допустимою ймовірністю $\alpha = 0,95$ для допустимого інтервалу $\Delta x = 0,05$ мкм.

Таким чином, з допустимою ймовірністю P .

$$P = P_1 \cdot P_2 = 0,97 \cdot 0,95 = 0,92 \quad (9.4)$$

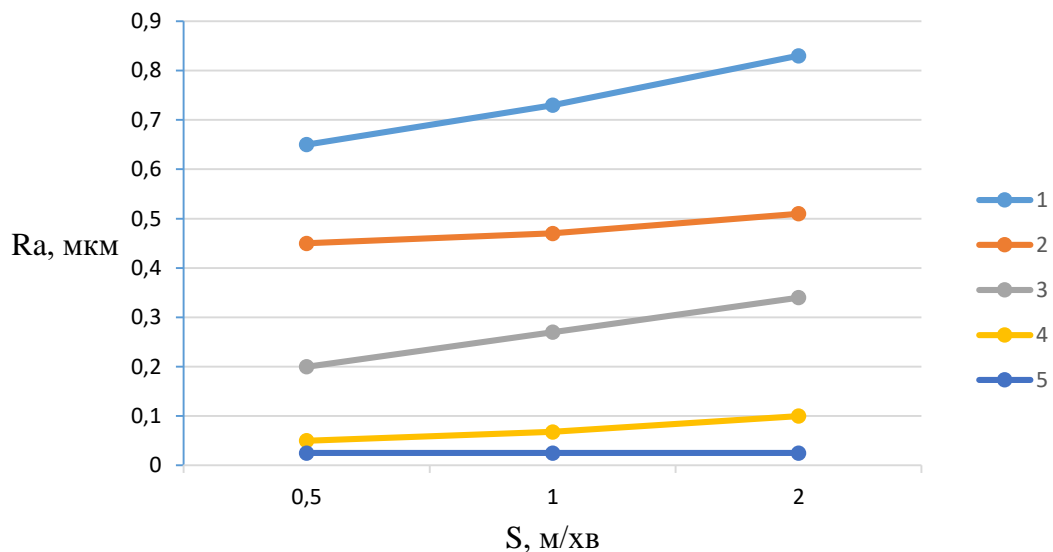
Встановлено, що для отримання дійсної величини параметра R_a при отриманому $R_{a1} = (0,49 \pm 0,05)$ мкм по приладу, необхідно зазначену величину помножити на коефіцієнт k .

$$k = \frac{R_{a1}}{R_a} = \frac{0,49}{0,31} = 1,58, \quad (9.5)$$

де $P1$ - ймовірність, з якою визначено R_{a1} по показуючому приладу;

$P2$ - ймовірність, з якою визначено R_a по профілограмі.

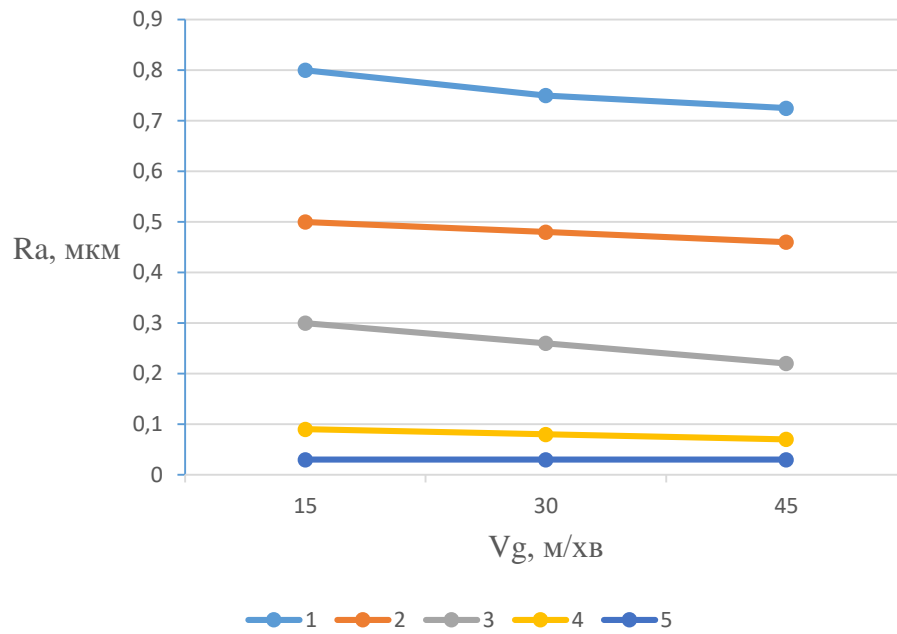
Потім зразки було оброблено до низької шорсткості кругом з алмазовмісним шаром з переривчастої стрічки АСШЛ 300x10x5-АСМ 20/14-50-Р21 і проведені аналогічні обчислення.



1- P31 AC4 160/125; 2- P31 AC4 100/80; 3- P31 AC4 50/40; 4- P21 AC4 50/40;

5- P21 АСм 28/20.

Рисунок 9.2 — Залежність параметру R_a шорсткості поверхні наплавки від поздовжньої подачі при обробці кругами з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ



1- P31 AC4 160/125; 2- P31 AC4 100/80; 3- P31 AC4 50/40; 4- P21 AC4 50/40;
5- P31 ACm 28/20.

Рисунок 9.3 — Залежність параметру R_a шорсткості поверхні наплавки від швидкості обертання при обробці кругами з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ

10 ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ ВИСТУПУ ЗЕРЕН НАД ЗВ'ЯЗКОЮ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

З метою аналізу ріжучого профілю інструменту на каучуковій зв'язці, розкриття закономірностей його формування в умовах експлуатації кругів з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ був запропонований спосіб визначення фактичної площі контакту (ФПК) алмазного інструменту і оброблюваної деталі [23].

Існуючі способи визначення ФПК [24] не дозволяють встановити цю величину на різних рівнях мікронерівностей, досліджуваних твердих тіл. Відомий спосіб визначення ФПК за допомогою однієї тонкої прозорої полімерної плівки, яку поміщають між контактуючими поверхнями, однак за цим способом можна визначити-висоту виступу зерен над рівнем зв'язки.

Запропонований новий спосіб дозволяє встановити цю величину наступним чином. На поверхню робочого ділянки шліфувального круга укладають пакет прозорих полімерних плівок. На плівки зверху поміщається металева пластина з пластичного матеріалу, наприклад, алюмінію, і до неї прикладається навантаження, відповідна силового впливу на абразивний круг в процесі шліфування. Зерна, розташовані на поверхні шліфувального круга, проколюють плівки або залишають на них чітко помітний відбиток, оскільки плівка, деформуючись в місцях контакту з зерном, втрачає свою світлову проникність. Вихідна товщина кожної прозорої плівки 0,02 мм. Попередньо було встановлено максимальна товщина деформованої плівки, при якій на ній залишається після зняття навантаження чітко помітний відбиток. Ця товщина плівки приймається рівною точності методу [25]. Для розглянутого експерименту вона дорівнювала 0,003 мм. За кількістю деформованих плівок, на яких ріжучий профіль круга залишає відбиток, визначалася висота виступу зерен над рівнем зв'язки.

Була визначена величина виступу алмазних зерен в кругах з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок АСШЛ 300x10x5-АС6-100-Р48.

Різниця між максимальними величинами виступу зерен, отриманими в результаті теоретичного аналізу та проведеного експерименту, невелика і складає 6-14 %.

Було проведено теоретичний аналіз напружено-деформованого стану контакту зерно-зв'язка [26]. Результати аналізу показали, що з достатньою для практики точністю можна вважати, що максимальна величина виступу зерна над рівнем каучукової зв'язки в кругах з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок АСШЛ обмежена $0,3 \cdot R_0$, де R_0 - еквівалентний радіус зерна.

$$R_0 = \frac{1}{2} \sqrt[3]{d_{max}^3 + d_{min}^3} \quad (10.1)$$

де d_{max} і d_{min} - відповідно максимальний і мінімальний розмір зерна даної зернистості.

Таблиця 10.1 Максимальна величина виступу алмазних зерен над рівнем зв'язки в кругу з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок АСШЛ 300x10x5-АС6-100-Р48

Найменування показників	Зернистість алмазних шліфпорошків		
	160/125	125/100	100/80
Висота виступу алмазних зерен над зв'язкою, мкм	22	17	14
За теоретичного розрахунку експериментальні дані	24	18	12
Різниця між теоретичними і експериментальними даними	9	6	14

Запропонований спосіб визначення ФПК дозволяє досліджувати ріжучий профіль круги, що формується в процесі різання в зоні контакту шліфувальника круг-дриль. Для інструменту на каучуковій зв'язці цей відрізняється від ненагруженого профілю того ж інструменту, так як в процесі мікрорізання абразивні зерна можуть незалежно переміщатися одна відносно одної на значні величини. Придавлюючи пакет полімерних плівок, покладених на поверхню шліфувального круга, із зусиллям, відповідним навантаженні в зоні контакту коло-деталь, можна отримати відбиток на плівках, який несе інформацію про профілі круги, що складається в процесі шліфування.

Таким чином запропонований спосіб забезпечує в порівнянні з існуючими способами наступні переваги:

- можливість визначення фактичної площі контакту абразивний інструмент-деталь по висоті виступу зерен над зв'язкою;
- можливість дослідження закону розподілу абразивних зерен по висоті їх виступу над рівнем зв'язки;
- можливість визначення обсягу міжзерневого простору.

11 СИЛИ І ТЕМПЕРАТУРИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ОБРОБЦІ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ КРУГИМИ З АЛМАЗОВМІСНИМ ШАРОМ, З ПЕРЕРИВЧАСТИХ СТРІЧОК НА КАУЧУКОВІЙ ЗВ'ЯЗЦІ

З метою визначення умов обробки і характеристики інструменту на каучукових зв'язках, що забезпечують в зоні контакту коло-деталь низькі температури і зусилля шліфуванні плазмового покриття ПТ 12Н-01.

Для проведення досліджень були виготовлені зразки розмірами 40x30x30 мм зі сталі 45, на поверхню яких було завдано шар плазмового покриття ПТ 12Н-01 товщиною 1 мм. Зразки склалися з двох половин, які після притирання щільно з'єднували гвинтами.

Вимірювання температур, що виникають при шліфуванні, виробляли методом напівштучної термопари. Для цього ретельно ізольовану слюдою капелевий дріт товщиною 0,07 мм закладали між половинами зразка. Сигнали реєстрували електронним запам'ятовуючим осцилографом СІ-37.

Сили різання визначали на динамометрі УОМ - 100, пристосованому для роботи з охолодженням. Динамометр УОМ - 100, був підключений через тензостанцію ТА-5 до шлейфовому осцилографу Н-115. Тарування динамометра здійснювали статично навантаженням в напрямку дії сил P_z і P_y .

Досліди проводили на пласко верстаті Мод.3Г71 при наступних режимах шліфування:

- окружна швидкість круги - 28 м/с;
- поздовжня подача - 10 м/хв;
- поперечна подача - 5 мм/хід;
- глибина шліфування – 0,005-0,03 мм

Для охолодження застосовували МОР, що складається з 1,5 % технічного мила, 0,5 % соди, решта - вода. Витрата подавалася в зону шліфування МОР - 7-10 л/хв.

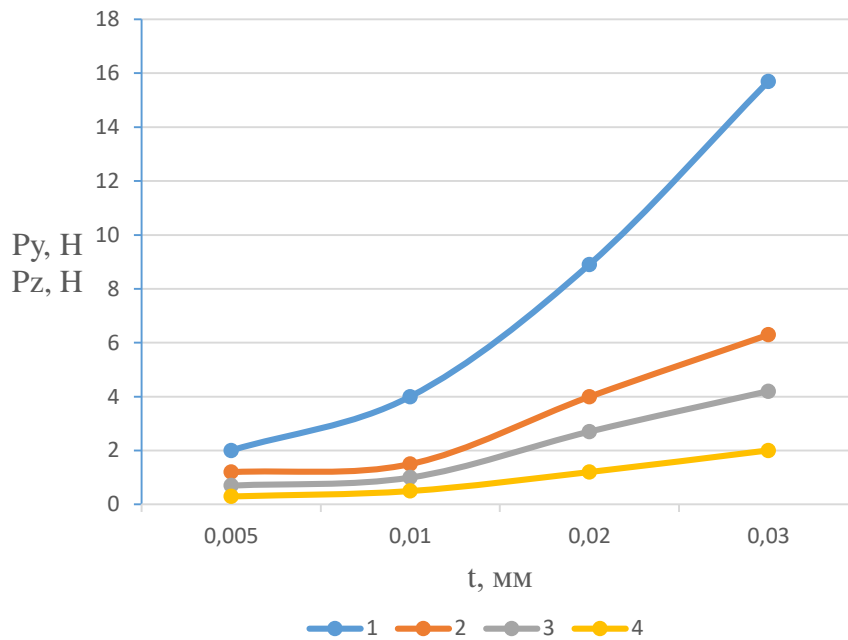
Для експериментів були обрані круги діаметром 250 мм з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок наступних характеристик:

АСШЛ 300x10x5 - АС6 160 / 125-75-Р48;

АСШЛ 300x10x5 - АС4 80 / 63-125-Р31;

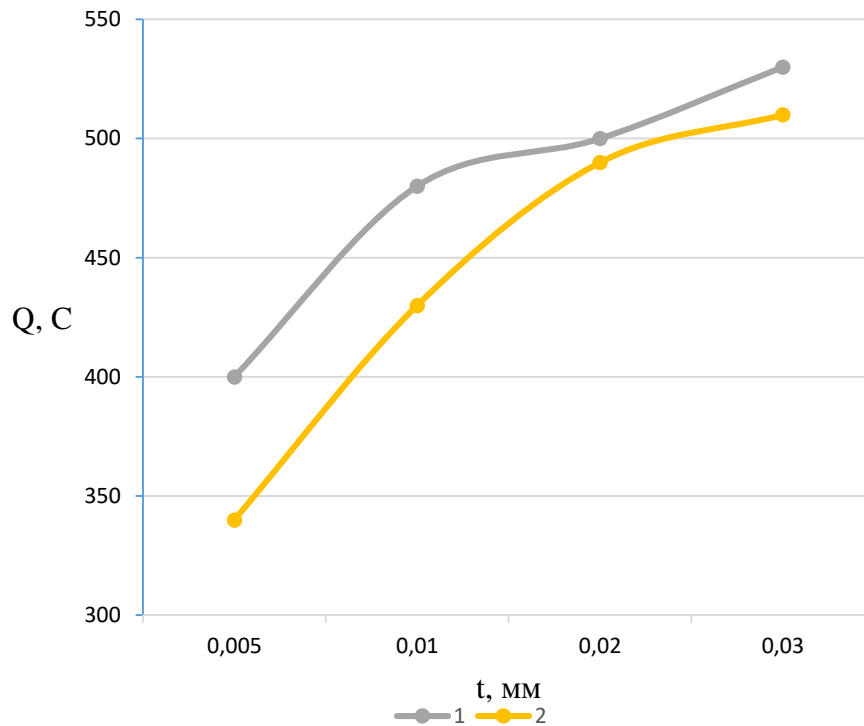
Опрацьований матеріал - плазмове покриття ПТ 12Н-01.

Результати вимірів сил і температур показані на рис 11.1 та 11.2 з яких видно, що зусилля P_z і P_y залежать значною мірою від характеристики інструменту.



1, 3 – АС4 80/63-125-Р48; 2, 4 – АС6 160/125-75-Р31

Рисунок 11.1 — Залежність зусиль шліфування від глибини при обробці кругами з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ



1 – АС4 80/63-125-Р31; 2 – АС6 160/125-75-Р48

Рисунок 11.2 – Залежність температури в зоні контакту від глибини при обробці кругами з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ 300x140x3

Ступінь жорсткості каучукових зв'язок і величина зернистості алмазного порошку впливають на утримання зерна в зв'язці і на його переміщення в алмазовмісному шарі інструменту під дією зусиль мікрорізання. Це визначає різну інтенсивність виносу стружки із зони різання в одиницю часу і, як наслідок, різний натяг в системі шліфувальний круг-деталь при фіксованих режимах обробки. Найбільшою мірою на інтенсивність нарощування зусиль в зоні обробки впливає глибина шліфування. Особливо помітно відмінність зусиль для кругів обраних характеристик при великих глибинах обробки $t = 0,03$ мм. Чим менше зерно і нижче модуль пружності зв'язки, тим вище зусилля.

Досліди показали значну силову напруженість процесу обробки покриттів з самофлюсуючих матеріалів на нікелевій основі. При шліфуванні покриття ПТ 12Н-01 співвідношення P_z / P_y набуває таких значень: для круги на зв'язці Р48 $P_z / P_y \approx 0,35$;

для круги на зв'язці P31 $P_z / P_y \approx 0,31$. Ці величини малі в порівнянні з звичайно виникають при шліфуванні абразивними кругами ($P_z / P_y \approx 0,5$), що говорить про значні непродуктивні енергетичні витрати, пов'язаних з високим тиском стрічки, що має еластичну підкладку, на деталь.

Аналіз даних по визначенню температур в зоні обробки показує, що величина робочого діапазону глибин шліфування $t = 0,01-0,03$ мм при використанні кругом з алмазовмісним шаром з переривчастих стрічок типу АСШЛ обмежується температурою горіння каучукових зв'язок (500 °С), яка була визначена Термогравіметричним методом.

Особливості обробки еластичним інструментом, що виражаються в збільшенні площі контакту коло-деталь в порівнянні з жорстким інструментом, в збільшенні зусиль шліфування, в зниженні зусилля на одиницю площі контакту, в активізації охолодження інструменту за допомогою МОР за рахунок уривчастості поверхні алмазовмісного шару круга, знижують температуру шліфування до $300-400$ °С.

Температури, що виникають при обробці кругами на більш жорсткої каучукової зв'язці P48, нижче ніж на еластичній зв'язці P31, що відповідає більш низьким зусиллям шліфування [27].

ВИСНОВОК

- 1- отримані композити на основі каучука СКН-40, що містить оксихіноліновий комплекс нікелю;
- 2- гібридний характер композитів, а саме участь зв'язків різної фізико-хімічної природи у формуванні їх будови і властивостей доведено методом рентгенофотоелектронної спектроскопії;
- 3- досліджена кінетика ізотермічної вулканізації сумішей з вмістом оксихінолінового комплексу нікелю та температурну залежність відносної деформації, модуль Юнга композиції;
- 4- визначені характеристики процесу абразивного різання розробленими композитами, а саме: складових сил різання, контактна температура та показана можливість регулювання цих параметрів вибором складу зв'язки і режиму різання;
- 5- визначені якісні показники оброблених виробів з твердого сплаву: залишкові напруги, параметри втомної витривалості, жорсткість оброблювальної поверхні;
- 6- доведено значне підвищення втомної витривалості зразків при застосуванні композитів оптимального складу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Рыжов, Э.В. Технологические методы повышения износостойкости машин [Текст] / Э.В. Рыжов – Киев: Наук. Думка, 1984. — 180 с.
2. Schwarz L. «Verschleißtestes Hartbeschichten durch Plasma – und Flammshockspritzen (De tonationsspritzen Werkstati und Beir)», 1977, №10.
3. Зверев, А. И. Детонационное нанесение покрытий [Текст]: учеб, пособие / А. И. Зверев, С.Ю. Шаривкер, Е.А. Астахов. – Ленинград: Судостроение, 1979 — 232 с.
4. Kaysez H. Diamantwerkzenqe inder Bearbeitung Von Werkstucken mit Hartbeschichten ind. «Diamant. Rdsch» 1975 №2. — 72-77 с.
5. Рабинович, Э.С. Исследование адгезийной прочности многослойных резин, применяемых для св'язок алмазного инструмента [Текст]: учеб. / Э.С. Рабинович, Л.Ф. Макарова. – Сверхтвердые материалы, 1981. — 38-39 с.
6. Рабинович, Э.С. Абразивный полированный инструмент [Текст]: / Э.С. Рабинович, Л.Ф. Макарова, Г.Г. Покладий. Сверхтвердые материалы, 1983.
7. Рабинович, Э.С. Абразивные композиты на органических св'язках [Текст]: учеб. / В. Т. Чалий, Э.С. Рабинович – Синтетическое сверхтвердые материалы, Киев: Наук. Думка, 1986. — 47-48 с.
8. Никитин, Ю.И. Технология изготовление и контроль качества алмазных порошков [Текст] / Ю.И. Никитин – Киев: Наук. думка, 1984. — 263 с.
9. Рабинович, Э.С. Выбор оптимальной дозировки аппарата – связующего СФП-012А в зависимости от удельной поверхности алмазных порошков[Текст]: пособие / Э.С. Рабинович, Л.Ф. Макарова, Г.Г. Покладий – М.: Депонировано ВИНТИ, 1967.
10. Рабинович, Э.С. Эффективность алмазного инструмента на каучуковых связках с прерывистым рабочим слоем [Текст] : учеб. / Э.С. Рабинович, Г.Г. Покладий – Сверхтвердые материалы, 1983. — 60-64 с.

11. Брэкер, И.Н. Деформация шлифовального круга [Текст]: учеб. / И.Н. Брэкер, М.С. Шоу; В кн. Конструирование и технология машиностроения: Тр. амер. общества инженеров-механиков, М.: Мир, 1972. — 241-146 с.
12. Браун, Р.Г. Локальные деформации при шлифовании [Текст]: учеб. / Р.Г. Браун, К. Санто, М.С. Шоу – Экспресс-информация. Сер. Режущий инструменты. М.: ВНИИТЭРМ, 1972. — 12-29 с.
13. Кумар, К.В. Влияние деформации круга и заготовки при шлифовании [Текст]: учеб. / К.В. Кумар, М.К. Шоу; В кн. Конструирование и технология машиностроения: Тр. амер. общества инженеров-механиков, М.: Мир, 1981. — 164-169 с.
14. Савченко Д.А. Теплостойкие покрытия на основе гибридных полимеров для порошков синтетических алмазов / Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения [Текст] - Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля, НАН Украины. 2012. – вып. 15. 411–417 с.
15. Берсукер, И.Б. Электронное строение и свойства координационных соединений [Текст]/ И.Б. Берсукер — Л.: Химия, 1986.
16. Минкин, В. И. Стереохимическая нежесткость тетраэдрических комплексов непереходных металлов [Текст]: учеб. / В. И Минкин, Л. Е. Ниворожкин Российский Химический Журнал. – 1996. – Том XL, № 4-5. – 12-19 с.
17. Кукушкин, Ю.Н. Термические превращения координационных соединений в твердой фазе [Текст]: учеб. / Ю.Н. Кукушкин, В.Ф Буданова, Г.Н. Седова. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1981. – 178 с.
18. Разумов, В. Ф. Особенности образования координационных полимерных структур растворах [Текст]: учеб. / В. Ф. Разумов, С. Б. Бричкин, О. М. Пилюгина, Т. П. Карпова и др. — Известия Академии наук. Серия Химическая. 2002. — 444–447 с.
19. Деструкция полимерных связующих в поле адсорбционного взаимодействия с поверхностью наполнителя / Пашенко Е. А., Лажевская О. В., Черненко А. Н., Савченко Д.А.// Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент

- техника и технология его изготовления и применения. - Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля, НАН Украины. 2013. – вып. 16. 544–547 с.
20. Пащенко, Е.А. Кинетика структурообразования в материалах на основе пирогенного кремнезема при гидротермальном твердении [Текст]: пособ. / Е.А. Пащенко — Химическая технология. - 1985. — 41-42 с.
21. Пащенко, А.А. Исследования в области гидрофобных кремнеорганических покрытий [Текст]: учеб. / А.А. Пащенко — Дис. д-ра техн. наук. - Киев, 1967. — 426 с.
22. Саркисян, В.А. Ориентация макромолекул на поверхности раздела полимеров с наполнителями [Текст]: учеб. / В.А. Саркисян, М.Г. Асратян, А.А. Мхитарян и др. Киев, 1985. — 1331-1335 с.
23. Липатова, Ю.С. Физикохимия многокомпонентных полимерных систем [Текст]: под ред. Ю.С. Липатова. - Киев : Наукова думка, 1986. — 380 с.
24. Липатов, Ю.С. Исследование плотности упаковки макромолекул в граничных слоях полимеров [Текст]: учеб. / Ю.С. Липатов, Е.Г. Мойся, Г.М. Семенович. — Высокомолекулярные соединения. - 1977. — 125-128 с.
25. Рудой, В.М. Некоторые методы исследования поверхностных слоев полимеров. Современные физические методы исследования полимеров [Текст] / В.М. Рудой, В.А. Огарев - М.: Химия, 1982. — 256 с.
26. Олейников, А.Б. Влияние напряженно-деформируемого состояния контакта зерно – каучуковая связка на работоспособность кругов с алмазоносным слоем АЛШЛ [Текст]: учеб. / А.Б. Олейников, И.К. Сенченков, И.Г. Рубцова. — Сверхтвердые материалы, 1981. — 50-66 с.
27. Заиков Г.Е. Кинетические аспекты деструкции и стабилизации полимеров [Текст]: Химия нашими глазами. / Г.Е. Заиков — М.: Наука, 1981, — 255-271 с.

ДОДАТКИ