

Висновки

1. В результаті експериментальних досліджень за допомогою спеціалізованого приладу ІПП2М визначена теплопровідність залізофосфатних холоднотвердіючих сумішей. Зі збільшенням кількості металевої складової пов'язника теплопровідність суміші збільшується. Найбільшим показником теплопровідності серед досліджуваних складів сумішей характеризується залізо фосфатна суміш з вмістом металевої складової пов'язника на рівні 6%.

2. Проведене комп'ютерне моделювання процесу затвердіння металу показало, що при використанні залізофосфатних формувальних сумішей затвердіння сталевого виливка відбувається порівняно швидко та рівномірно відносно інших видів формувальних сумішей, що дозволить використовувати їх, зокрема, в комбінованих формах для забезпечення контролю швидкості охолодження масивних частин виливка.

Література

1. Анисович Г.А., Жмакин Н.П. Охлаждение отливки в комбинированной форме. М.: Машиностроение, 1969. - 136 с.
2. Теплофизические свойства промышленных материалов: Справочник/ К.Д.Ильченко, В.А.Чеченев, В.П.Иващенко и др. - Днепропетровск: Січ, 1999. – 152 с.
3. Голод В.М. Численный анализ литейной технологии: вчера, сегодня и завтра. //Сб. Литейное производство сегодня и завтра. СПб.: ЛенАЛ,2000, с. 68-72.
4. Тихомиров М.Д. Основы моделирования литейных процессов: тепловая задача. //Литейное производство, 1998, № 4, с. 30-34.
5. Щетинин А.А. и др. Использование систем компьютерного моделирования для выбора условий затвердевания отливки в песчано-глинистой форме. //Труды VII съезда литейщиков России. Т. II. Новосибирск: РАЛ, 2005, с. 222-226.
6. Селіворстов В.Ю., Лоевська О.О. Особливості впливу ступеня дисперсності прокатної окалини на міцнісні властивості залізофосфатної суміші/ Вестник национального технического университета «ХПИ», №44'2010 г. – С.58-65.

Удосконалено класифікацію наноматеріалів, які використовують у напрямі інженерії поверхні деталей машин, шляхом систематизації розробок і деталізації основних класифікаційних ознак наноматеріалів

Ключові слова: інженерія поверхні, наноматеріали, ознаки, класифікація

Усовершенствована классификация наноматериалов, используемых в направлении инженерии поверхности деталей машин, путем систематизации разработок и детализации основных классификационных признаков наноматериалов

Ключевые слова: инженерия поверхности, наноматериалы, признаки, классификация

The classification of nanomaterials is improved, that are used in the area of machinery parts engineering, by systematizing of development and detailization of main classification signs of nanomaterials

Keywords: surface engineering, nanomaterials, signs, classification

УДК [539.2 + 544.7]: 621.8.045

КЛАСИФІКАЦІЯ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

П.М. Фастовець

Кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

вул. Вокзальна, 11, смт. Глеваха, Васильківський р-н, Київська обл., 08631

Контактний тел.: 066-592-61-37

E-mail remdetal_fp@ukr.net

1. Вступ

Один із сучасних напрямів матеріального виробництва пов'язаний із розвитком нанотехнологій. За даними Оніщенко Г.Г. [1] у 2010 р. у світі займались

нанотехнологіями 2145 компаній і лідером були США – 1138 компаній, а кількість зареєстрованих наноматеріалів зростає: якщо у 2008 р. нараховувалось 1180 наноматеріалів, то у 2010 р. їх уже було 2610 найменувань.

Прогнозувався переважаючий ріст нанотехнологій у медицині.

У багатьох країнах, у т. ч. в Україні, прийнято цільові науково-технічні програми із створення наноіндустрії, створено технічні комітети із стандартизації у галузі нанотехнологій, зокрема міжнародний технічний комітет ISO TC229, відкрито клас нанотехнологій B82 у міжнародній патентній класифікації. Завдяки цьому відбувається, як відмічено Удовицьким В.Г. [2], швидке зростання публікацій і патентів у світі у галузі наноіндустрії.

Використання спеціальних наноматеріалів для інженерії поверхні є ефективним способом підвищення довговічності вузлів і агрегатів машин за рахунок утворення на поверхнях деталей із сталі, чавуну, кольорових металів і їх сплавів плівок й покриттів з кращими антикорозійними, гідрофобними, зносостійкими та антифрикційними властивостями. Крім ще існуючих технічних задач ефективного використання наноматеріалів для інженерії поверхні можна виділити дві основні проблеми з організаційними складовими: термінологічна (класифікаційна) та небезпека наноматеріалів для здоров'я людини і для навколишнього світу [1].

У цій статті наведено результати аналітичних досліджень, які стосуються першої проблеми. Суть цієї проблеми, як відмітили Алфімов М.В., Гохберг Л.М. і Фурсов К.С. [3], полягає у тому, що формування термінів, визначень і класифікацій відстає від динаміки самих процесів.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Перші класифікації наноструктурованих матеріалів для інженерії поверхні були вузьконаправлені і не враховували характерних ознак нанорозмірних елементів. Наприклад, Федоренко В.Ф. [4] класифікував наноматеріали для технічного сервісу машин тільки за технологічною ознакою і хімічним складом нанопорошку (мідь, металокераміка, алмаз), Четет В.А. [5] запропонував класифікацію відновлюючих антифрикційних препаратів (ВАФП) за призначенням і результатом їх дії, Оніщенко Г.Г. [1] класифікував наноматеріали за походженням, хімічним складом і ступенем впливу на здоров'я людини.

У подальших класифікаціях уже враховувалось більше ознак нанорозмірних елементів, так і об'ємних наноструктурованих матеріалів. Зокрема було запропоновано [3] розділяти об'ємні наноматеріали за розміром, будовою і взаємним розміщенням нанорозмірних структур, типом, складом, загальнофункціональною ознакою і за науково-технологічними напрямками та процесами (безпеки життєдіяльності, електромеханіки, металургії, машинобудування та ін.). Але деталізація цих ознак у даній публікації не наведена.

Детальну класифікацію нанокластерних матеріалів, придатних для використання у технологіях вакуумного нанесення, розробили Фреїк Д.М. і Яцишин Б.П. [6]. Вони врахували такі класифікаційні ознаки як технологічні особливості отримання цих матеріалів та їх вид, розміри і форму, а також деталізували ці ознаки.

Класифікація як спеціальний метод науки у свою чергу реалізовується за допомогою окремих методів.

Багато загальноживаних класифікацій (УДК, МПК, УКНД) створено із використанням методу послідовного кодування де кожний вид має свій буквено-цифровий або цифровий код. Цим методом виконано класифікацію напрямів нанотехнологій [3]. Методом "дерева" побудовано класифікацію наноматеріалів [7], яка охоплює майже всі галузі матеріального виробництва сьогодення і на найближчу перспективу, але детальна класифікація наноматеріалів для інженерії поверхні деталей машин тут відсутня.

Мета

Удосконалення класифікації наноматеріалів, які використовують у напрямі інженерії поверхні деталей машин, шляхом систематизації розробок і деталізації основних класифікаційних ознак цих наноматеріалів.

3. Результати

Наведена нижче класифікація наноматеріалів для інженерії поверхні деталей машин побудована на основі методу "дерева" та із врахуванням найбільш близьких до інженерії поверхні основних напрямів нанотехнологій [3]. Також враховано класифікацію Міщенко С.В. і Ткачова А.Г. [8] за розмірністю наноструктурних елементів та класифікацію Оніщенко Г.Г. [1] за походженням і ступенем впливу наночастинок на здоров'я людини. На підставі цього в основу запропонованої класифікації наноматеріалів покладено 7 груп ознак (рис. 1).

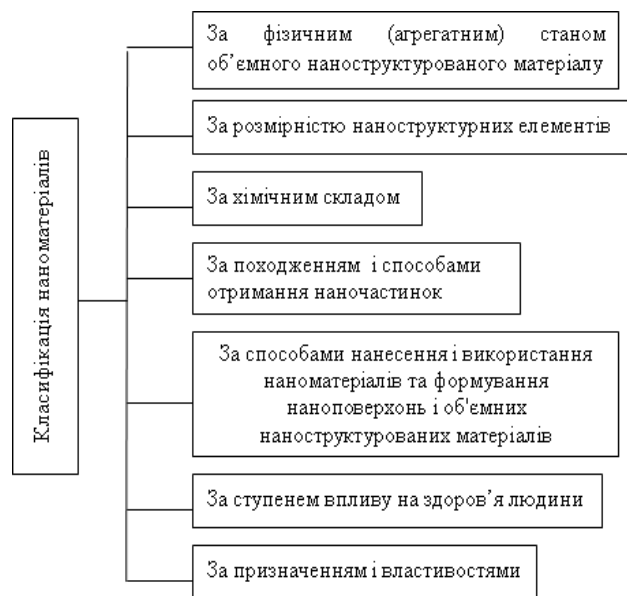


Рис. 1. Класифікації наноматеріалів за основними ознаками

Класифікація наноматеріалів за фізичним (агрегатним) станом об'ємного наноструктурованого матеріалу наведена на рис. 2.

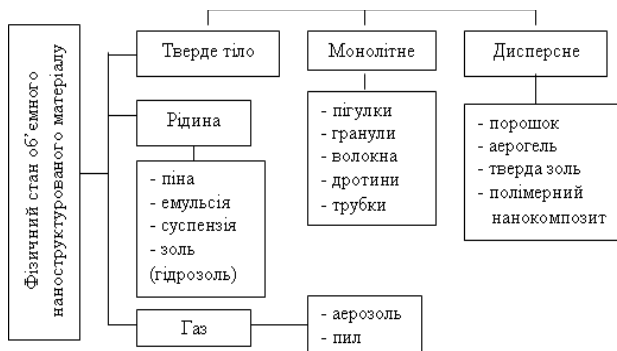


Рис. 2. Класифікація наноматеріалів за фізичним (агрегатним) станом об'ємного наноструктурованого матеріалу

Пігулки і гранули розміром від 1 мм і більше частіше отримують спіканням металевих нанорозмірних порошоків під тиском. Прикладом порошкового об'ємного наноструктурованого матеріалу є багатофункціональний вуглецевий наноматеріал «Тауніт». До суспензій можна віднести цілу низку відновлюючихантйфрикційнихпрепаратіві композицій («Нанопротек», «Мегафорс» і т. і.), деякі препарати для створення захисних і самоочисних покриттів («Pika gain» і «WunderGlass»), а також електроліти-суспензії для утворення дисперсних покриттів. із дисперсною фазою з нанопорошків. У полімерних наноккомпозитах дисперсною фазою можуть бути нанопорошки або нановолокна.

Класифікація наноматеріалів за розмірністю наноструктурних елементів наведена на рис.3.



Рис. 3. Класифікація наноматеріалів за розмірністю наноструктурних елементів

До матеріалів з нульмірними наноструктурними елементами відносяться також дисперсні матеріали, у яких нанокластери або наночастинки дисперсної фази ізольовані один від одного [9]. Фулерени входять до складу композиції «Мегафорс». Нанокластери можуть бути утворені із речовин, яким властивий шаруватий тип структури (графіт, сульфід молибдену, кремнезем та ін.). Широке застосування у напрямі інженерії поверхні знайшли матеріали із вуглецевими нанотрубками (одностінними і багатостінними) і нановолокнами. Наприклад, введення у мінеральну оливу 0,5 % присадки на основі ВНМ «Тауніт» зменшує коефіцієнт тертя у 1,4 – 1,8 рази. До двомірних відносяться

графеноподібні наночастинки дисульфиду молибдену (2H-MoS2), які додають до мастильних матеріалів. У трьохмірних наноструктурних елементах нульмірні, одновірні та двовірні наночастинки щільно прилягають одна до одної так, що вільна поверхня цих наночастинок практично відсутня, але сам наноструктурний елемент ще зберігає нанорозміри. Нанопорошки пластичних металів є основною діючою речовиною реметалізантив «РиМЕТ», «Lubrifiilm», «TRIBOL-D» та ін., а нанопорошки мінералів – ревіталізантив «ХАДО», «Нанопротек», «Мегафорс» та ін.

Класифікація наноматеріалів за хімічним складом наведена на рис.4.



Рис. 4. Класифікація наноматеріалів за хімічним складом

Близько 75 відсотків усіх зареєстрованих у світі наноматеріалів це наночастинки подвійних з'єднань (оксиди, карбіди, сульфідиди, нітриди, хлориди і т.п.), вуглецеві нанотрубки, наночастинки елементів і фулерени. Мідь, олово, цинк, залізо, алюміній, свинець, срібло, хром, нікель і молибден використовуються у металоплакуючих наноматеріалах (реметалізантах). Вуглець може входити до складу наноматеріалів у вигляді всіх модифікацій (графіт, алмаз, фулерен). Сульфідиди молибдену є основою шаруватих модифікаторів, які сприяють зменшенню коефіцієнту тертя і зносу оброблених поверхонь.

Органічні сполуки також досить широко використовують для інженерії поверхні. Хлоровані парафіни і фторовані поліефіри є основними складовими кондиціонерів металів «ER», «Micro-X2», «Fenom metal Conditioner», а у якості очищувачів у ці препарати додають спирти і ефіри. Органічну присадку до оливи гліцерат міді $Cu_3(C_3H_5O_3)_2$ використовують у електротрибохімічному способі відновлення поверхонь тертя. Поверхнево-активні сполуки із вмістом фтору застосовують у епіламних антифрикційних препаратах. Політетрафторетилен є основою багатьох полімервмісних наноматеріалів: «NanoJell-C», «DIX-600», «Slik-50» та ін. Для зміцнення полімерних покриттів до основи додають алмазні та керамічні (оксиди цирконію, хрому, алюмінію) наночастинки, вуглецеві нанотрубки і нановолокна. Нанорозмірні природні мінерали і їх суміші із наночастинками графіту, алмазу, шунгіту використовують у складі ревіталізантив РВС, «Мегафорс» і т. п.

Класифікація наноматеріалів за походженням і способами отримання наночастинок наведена на рис.5.

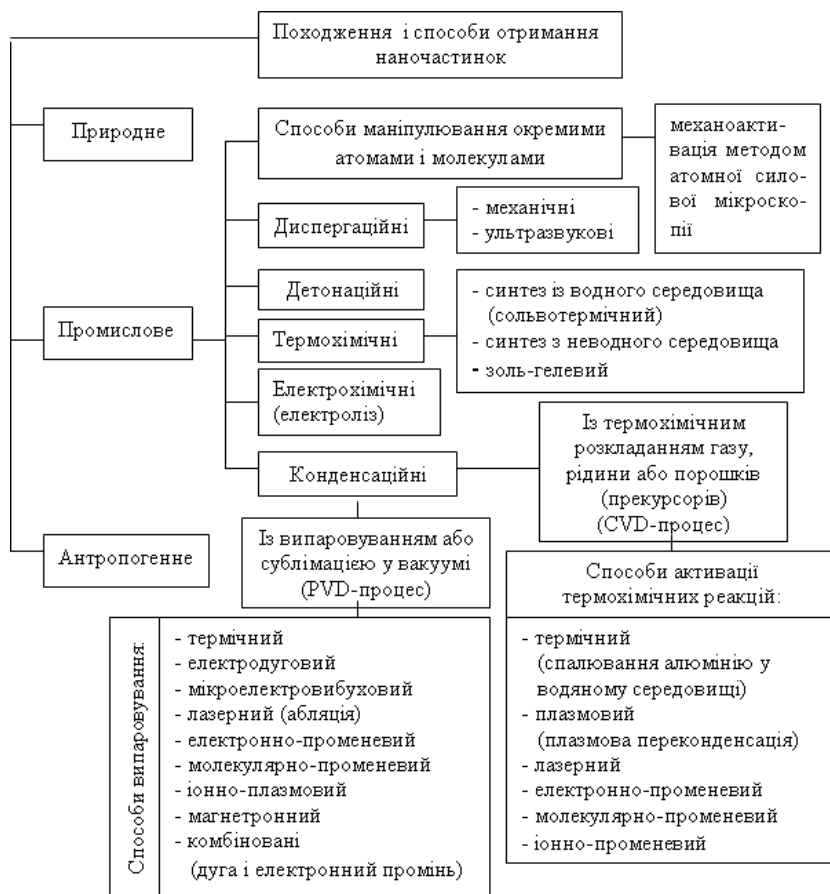


Рис. 5. Класифікація наноматеріалів за походженням і способами отримання

Промислове походження характерне більшості наноматеріалів для інженерії поверхні. Це добавки до мастильних матеріалів, фулерени, вуглецеві нанотрубки, барвники і пігменти, каталізатори. Механоактивація методом атомної силової мікроскопії відноситься до способів отримання “знизу-вверх”, у яких наноматеріали збирають із атомів і молекул. Цей спосіб досить складний, тривалий і дороговартісний. Механічне диспергування за допомогою кульових млинів застосовується рідко через велику енергоємність і необхідність створення умов для уникнення агрегування наночастинок. Більш ефективним є застосування роторних дезінтеграторів типу ДУ-16.

Детонаційним способом отримують наночастинок алмазу, а термохімічним - гідрозолі наночастинок міді. Часто застосовують золь-гелевий метод, зокрема, для отримання наночастинок оксидів і особливо нанокompatитів (титан діоксид/ферум, кремній оксид/олово). У цьому методі золі отримують диспергаційними і конденсаційними способами.

У CVD-процесі конденсація наночастинок відбувається здебільшого на підкладках, які, у більшості варіантів, вводять у активоване середовище. Цим способом синтезують, наприклад, вуглецеві нанотрубки і нановолокна із вуглецевовмістних газів, а також наночастинок карбонітриду бору. Найбільш розповсюдженим способом із групи CVD-процесів є плазмохімічний і його різновидність - плазмова пере конденсація. До термічного CVD-процесу

відноситься спосіб отримання нанопорошків оксидів і гідроксидів алюмінію шляхом спалювання алюмінію у водяному середовищі.

Конденсація наночастинок у PVD-процесі відбувається здебільшого у рідких середовищах, хоча може відбуватись на підкладках. Перед конденсацією має місце процес випаровування або сублімації частинок матеріалу із твердого електрода або мішені. Одним із видів електродугового PVD-процесу є електроерозійне диспергування. За допомогою лазерної абляції синтезують вуглецеві нанотрубки. Нанопорошки багатьох металів отримують мікровибухом металеві дрітчини під дією електричного струму.

Класифікація наноматеріалів за способами (методами) нанесення, формування і використання наведена на рис.6. Якщо у конденсаційних PVD - і CVD – процесах використовувати виріб як підкладку, то наночастинок можуть утворювати потрібне покриття безпосередньо на виробі. Іонне наплення (конденсація) у PVD-процесі відрізняється тим, що пари матеріалу, утворені після випаровування, іонізують, наприклад, високочастотним електричним полем

або генерують плазму за допомогою додаткової камери. Іонно-плазмовим напленням із ВЧ розрядом отримують на зразках із сталі марки Ст.3 тверді і надтверді нанокompatитні покриття на основі Ti-Al-N і Ti-Si-N.

Хімічним осадженням отримують, наприклад, захисні гідрофобні наплення, попередньо синтезувавши золь гідролізом кремнійорганічного з'єднання. Електролітичне осаджування застосовують, зокрема, для отримання зносостійкого композиційного гальванічного покриття (КГП) залізненням із використанням електроліту-суспензії із нанопорошком карбиду вольфраму.

Крім наплення і осадження наноматеріали (наночастинок пластичних металів, мінералів) наносять на поверхні деталей у складі палива (у спряженнях і вузлах паливної системи дизельних двигунів), ВАФП і АРВК до олів і мащення під час експлуатації машин. У цьому разі на поверхнях деталей утворюються твердомасильні покриття, які частково компенсують величину розмірного зносу робочих поверхонь і підвищують ресурс спряжень, вузлів і машини в цілому. Для підвищення довговічності відновлених поверхонь деталей та ущільнень нанопорошки наносять на зношені поверхні або добавляють у матеріал ущільнень у складі полімерних і металополімерних композицій. Сучасні автомобільні лаки і фарби із наночастинками алмазу, двоокису титану, кремнію і вольфраму застосовують для утворення захисних покриттів, які мають властивість самоочищення (ефект “лотоса”).



Рис. 6. Класифікація наноматеріалів за способами (методами) нанесення, формування і використання

Способом гвинтової екструзії отримують нанотитан, а комбінованим деформуванням (деформаційним наноструктуруванням) - наноструктуровані дроти. Шляхом спікання алмазних нанопорошків детонаційного та статичного синтезу з домішками наночастинок вольфраму створюють нанокомпозит "алмаз - карбід вольфраму", який використовують у різцях для буріння шпурів під анкерне кріплення виробок у гірських породах.

Класифікація наноматеріалів за ступенем впливу на здоров'я людини наведена на рис.7.

Близько 10 відсотків відомих нанотехнологічних процесів і, відповідно, наноматеріалів, які задіяні у цих процесах, мають високий рівень небезпеки, середній рівень - 24 відсотки і низький рівень - 66 відсотків. До потенційно небезпечних для здоров'я людини відносяться вуглецеві нанотрубки (високий рівень небезпеки), наночастинки кристалічного та аморфного двоокису кремнію, срібла, двоокису титану, окису алюмінію і глини [1, 10]. Хризотил із групи азбестів і залістий амфібол, які використовують у деяких ревіталізантах, є канцерогенними речовинами, викликають важкі захворювання і віднесені до першої (найбільш небезпечної) категорії канцерогенів.

Доведено [1], що високий ризик шкідливого впливу нанорозмірних аерозолів на здоров'я людини характерний для таких виробничих процесів у галузі інженерії поверхні, як електродугове зварювання і різання металів, пірометалургійне рафінування металів, лакофарбове покривання і нанесення інших захисних нанопокриттів. Для кількісної оцінки небезпеки наноматеріалів у Російській Федерації розроблено і застосовуються "Методические рекомендации по выявлению наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека (МР 1.2.2522-09)".

Класифікація наноматеріалів за призначенням і властивостями наведена на рис.8. До групи профілактичних наноматеріалів відносять очищувачі марки "Fenom" для форсунок дизельного двигуна, інжектора бензинового двигуна, нейтралізатора

відпрацьованих газів. Самоочищуючий ефект (ефект "лотоса") проявляє більшість сучасних автомобільних лаків і фарб.

Чисельну групу функціональних наноматеріалів становлять відновлюючі наноматеріали (препарати, композиційні суміші і т. п.). Більшість з них випускають у формі добавок до оливо, мащення, палива, технічної рідини і паливно-повітряної суміші. А деякі подають безпосередньо (без транспортуючої речовини) у зону тертя робочих поверхонь, наприклад, як у технології "Кесон". Крім цього вони відрізняються за фізичною дією наночастинок. Наприклад, у разі застосування препаратів для припрацювання на основі наноалмазів ("Lubrifiilm Diamond Run Ln", "Nanodiamond

Green Run") відбувається пластифікування, деформування (вдавлювання) і наклеп мікроставів поверхонь тертя, на відміну від звичайного припрацювання, під час якого домінує сколювання і руйнування мікроставів.

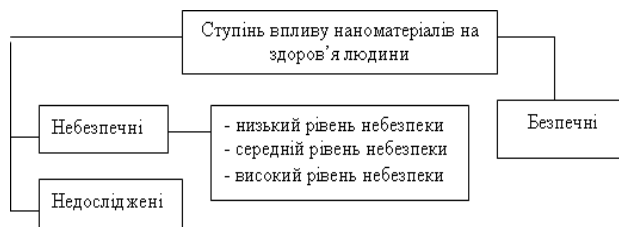


Рис. 7. Класифікація наноматеріалів за ступенем впливу на здоров'я людини

Іншу фізичну дію проявляють препарати, у яких наночастинки здатні заповнювати мікрощапини на поверхнях тертя і утворювати антифрикційні, зносостійкі та адгезивні плівки (покриття). До складу шаруватих модифікаторів входять наночастинки ди- і трисульфідів молибдену, диселеніду молибдену, дисульфідів вольфраму і графіту.

Дія кондиціонерів металів ("Fenom metal Conditioner", "ER", "Micro-X2", "Techni-lube", "MILITEK", "Победитель трения") основана на трибохімічних реакціях утворення, розпаду та відновлення у зоні тертя з'єднань металів з активними молекулами (хлору і сірки) цих кондиціонерів. Рекондиціонери поряд з утворенням подібних захисних шарів додатково сприяють підвищенню несучої здатності (міцності) масляної плівки. Епіламні препарати сприяють утворенню антифрикційних і зносостійких плівок на основі фтор-ПАР.

Механізм дії реметалізаторів ("TRIBOL-D", "Ри-МЕТ", "МС Вымпел", "Lubrifiilm", "Кластер") оснований на явищі вибіркового переносу і полягає у трибохімічному металоплакуванні поверхонь тертя у результаті осаження металевих компонентів, що

входять до складу реметалізанти. Полімероплакуючі суміші (“NanoJell-C”, “DIX-600”, “Slik-50”, “Ligvid Ring”, “Lubrilon”, “Microlon”) утворюють на металевих поверхнях зносостійку фторопластову плівку (тверде змащувальне покриття). Достатньо ефективними вважаються ревіталізанти (геотрибомоди-фікатори або геомодифікатори тертя). Найбільш відомими є нанопрепарати “РВС”, “Renom”, “Нанопротек”, “ХАДО”, “Мегафорс”, “ГТМ”, “ГЕОМ”. Їх дія полягає в утворенні антифрикційних і зносостійких вуглецево-металокерамічних покриттів на поверхнях тертя.

рошку чорного кольору з гранул мікрметричного розміру, які складаються із нанотрубок, отриманих конденсаційним способом у CVD-процесі із плазмовим способом активації, і який має високий рівень безпеки для здоров'я людини та використовується у галузі інженерії поверхні шляхом додавання до лаків, фарб, олив, мащення і полімерів з метою підвищення ефективності антикорозійних та антифрикційних покриттів і зміцнення полімерних наноконструкцій, володіє адсорбуючими властивостями, а тому використовується також як конструкційний наноматеріал для виготовлення фільтрів. Або добавка у мащення “Мегафорс-трансмісія” – це функціональний (відновлюючий) наноматеріал, який відноситься до групи ревіталізанти, у вигляді суспензії на основі технічної оливи, що містить наночастинки мінералів антигориту, бурого алевроліту, клінохлору і шунгіту, які отримали механічним диспергуванням у млині і дезінтеграторі, без ПАР, має низький рівень безпеки для здоров'я людини, та використовується у складі експлуатаційних марок трансмісійної оливи з метою утворення антифрикційних і зносостійких плівок на поверхнях деталей трансмісії машин і модифікації тертя.

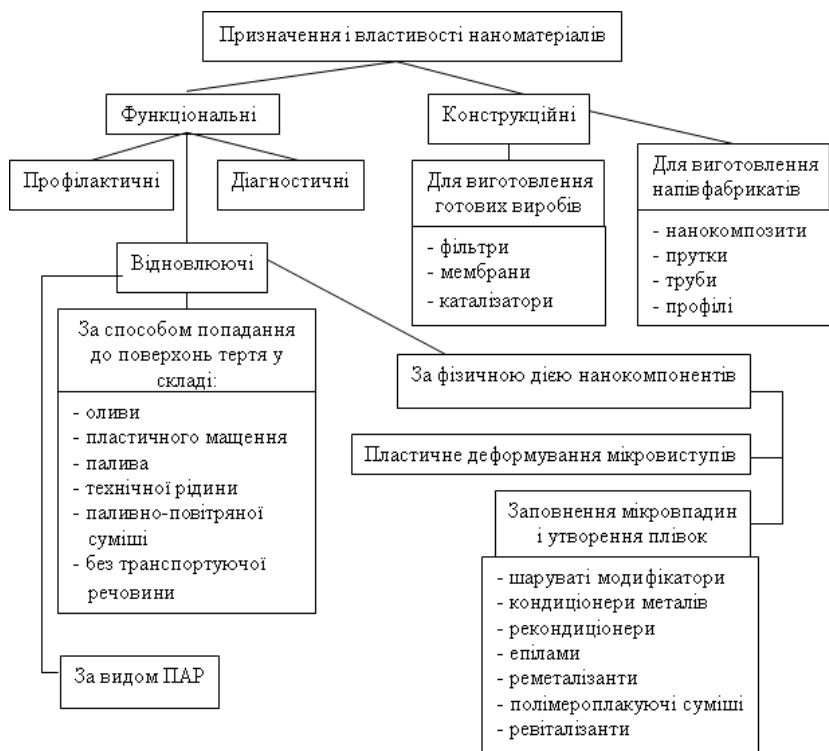


Рис. 8. Класифікація наноматеріалів за призначенням і властивостями

Відновлюючі наноматеріали відрізняються також видом поверхнево-активних речовин (ПАР). Поки що застосовують нафтохімічні ПАР (емульгаль, ЕС-2, нафтохім, нафтенол). Але все частіше віддають перевагу екологічно безпечним біоПАР, які синтезують на базі ріпакової й соняшникової олій.

Конструкційні наноматеріали можуть використовуватись для виготовлення напівфабрикатів або входить до складу вже готових до вживання виробів. Наприклад, із мідних нанопорошків виготовляють прутки, труби та інші профілі, з яких потім виготовляють електроди, наконечники, сопла, направляючі втулки і сідла клапанів двигунів, струмознімальні вставки, сухі підшипники ковзання та ін. Алюмінієві наноматеріали, які зміцнені наночастинками оксидів і карбідів, відрізняються високою жаростійкістю і можуть замінювати ряд сталей, титанових сплавів, алюмінієві і магнієві сплави.

За наведеною класифікацією наноматеріалів можна більш точно дати їх визначення. Наприклад, вуглецевий наноструктурований матеріал “Тауніт” – це функціональний (профілактичний і відновлюючий) дисперсний вуглецевий наноматеріал у вигляді по-

Висновок

Удосконалена класифікація наноматеріалів для інженерії поверхні деталей машин уможливує більш точне формування їх визначення та зменшення імовірності дублювання і завдяки цьому сприятиме підвищенню об'єктивності техніко-економічної оцінки їх позитивних властивостей.

Література

1. Стратегія безпеки нанопродукції: ближайші перспективи в Росії і в світі: (презентація на III міжнародному форумі по нанотехнологіях, Москва, листопад, 2010 г.) [Електронний ресурс] / Г.Г.Онищенко. – Режим доступу: <http://rusnanotech10.rusnanoforum.ru>.
2. <http://rusnanotech10.rusnanoforum.ru>.
3. Удовіцький, В.Г. О термінології, стандартизації і класифікації в області нанотехнологій і наноматеріалів / В.Г.Удовіцький // Фізична інженерія поверхні. – 2008. - № 1-2.- С. 193-201.
4. Алфімов, М.В. Нанотехнології: визначення і класифікація / М.В. Алфімов, Л.М. Гохберг, К.С. Фурсов // Російські нанотехнології. – 2010. – Т. 5, № 7-8. – С. 8-15.

5. Федоренко, В.Ф. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе. Науч. аналит. Обзор / В.Ф. Федоренко. – М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2007. – 96 с.
6. Четет, В.А., Безразборные методы восстановления агрегатов сельскохозяйственной техники при штатной эксплуатации: методические рекомендации по выполнению лабораторной работы / В.А. Четет, А.Ю. Бойков, М.В. Рыжов. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. – 14 с.
7. Фреїк, Д.М. Технологічні аспекти нанокластерних і нанокристалічних структур (огляд) / Д.М. Фреїк, Б.П. Яцишин // Фізика і хімія твердого тіла. – 2007. - Т. 8, № 1. - С. 7-24
8. ISO/TR 11360:2010, Nanotechnologies – Methodology for the classification and categorization of nanomaterials (Нанотехнологии. Методология для классификации и категоризации наноматериалов).
9. Мищенко, С.В. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение / С.В. Мищенко, А.Г. Ткачев. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.

УДК 621.3

ОБЗОР УСТРОЙСТВ ЛОКАЛЬНОЙ УЗ-АКТИВАЦИИ РАСПЛАВОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ

А. В. Фесенко

Студент*

Контактный тел.: 099-521-13-29

E-mail: Aleksey.Vitalievich@gmail.com

И. О. Яшков

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: (057) 702-13-16

*Кафедра технологии и автоматизации

производства РЭС и ЭВС

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

У даній роботі проводиться огляд пристроїв, використовуваних для ультразвукового паяння елементів радіоелектронних апаратів. Розглядаються переваги ультразвукового паяння і лудіння

Ключові слова: ультразвук, пристрої, паяння, лудіння

В данной работе проводится обзор устройств, используемых для ультразвуковой пайки элементов радиоэлектронных аппаратов. Рассматриваются преимущества ультразвуковой пайки и лужения

Ключевые слова: ультразвук, устройства, пайка, лужение

This paper reviews the devices used for ultrasonic soldering elements of electronic devices. Advantages of the ultrasonic soldering and tinning are examined

Key words: ultrasound, devices, soldering, tinning

Локальная УЗ-активация расплавов в производстве радиоэлектронных аппаратов приобретает актуальность по целому ряду причин:

- Увеличение температуры пайки для бессвинцовых припоев затрудняет удаление остатков содержащих смолу флюсов [1].
- Традиционные методы очистки хлорированными фторуглеродами и углеводородными растворителями ввиду их экологической опасности запрещены или строго ограничены.

- Применение водосмываемых флюсов требует водных процессов очистки, в результате поток сточных вод потенциально загрязняет ресурсы питьевой воды.

В данной работе будет проведен обзор устройств локальной УЗ-активации расплавов

Альтернативной техникой пайки, заменяющей химическую активность флюса для удаления оксидов, является энергия в форме ультразвуковых (УЗ) волн. УЗ-энергия вызывает в жидком припое кавитацию,