

УДК 621.762

В.Б. Левенець, інж.*Тернопільський державний технічний
університет ім. І.Пулюя*

ВИКОРИСТАННЯ ДЕТАЛЕЙ, ОТРИМАНИХ ІЗ СУМІШЕЙ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведено області використання та характеристики деталей машин різного службового призначення, які одержано із сумішей сипких матеріалів методом порошкової металургії. Дано рекомендації із застосування порошкових матеріалів у виробництві.

Вступ. В наш час ставляться підвищені вимоги до забезпечення економії матеріалів при виробництві деталей машин, особливо при використанні дорогих кольорових металів та сплавів. Одним із способів забезпечення цього є виготовлення деталей методами порошкової металургії. Вони забезпечують скорочення до 60 % втрат металу на механічне оброблення, зменшення енергетичних витрат при виготовленні деталей із твердих та жароміцних сплавів, одержання матеріалів із спеціальними властивостями.

Дослідженню питання одержання деталей методами порошкової металургії присвячено роботи багатьох авторів [1], [3], [4]. Однак цілий ряд питань залишився невирішеними. Особливо це стосується процесів приготування сумішей сипких матеріалів, які б забезпечували задану якість отриманої суміші, продуктивність та зменшення енергозатрат цих процесів.

Робота виконується в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки «Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості. Енергетиці та агропромислому комплексі» на 2002...2006 роки.

Метою дослідження є обґрунтування доцільності використання сумішей сипких матеріалів із металів у різних галузях народного господарства, можливість одержання деталей із заданими механічними властивостями та експлуатаційними характеристиками.

Постановка проблеми. В народному господарстві досить широко застосовуються суміші сипких матеріалів, особливо в таких галузях, як будівництво, машинобудування, сільське господарство, фармакологія, металургія, харчова промисловість.

У кожній з цих галузей використовуються суміші різних матеріалів з різноманітних компонентів у різних пропорціях. Спільним для технології отримання виробів із сумішей сипких матеріалів, незважаючи на різноманітність використовуваного обладнання, різноплано-

вість характеристик самих сумішей, умов їх приготування є зв'язок якісних та енергозатратних характеристик готових виробів від методів підготовки суміші до наступних операцій, необхідних для отримання продукції. В загальній масі технологічних процесів одержання виробів із сипких матеріалів операції підготовки суміші мають регламентуючий вплив на якість самих виробів.

Вироби із сипких матеріалів, які використовуються в машинобудуванні та споріднених галузях – інструментальне та ливарне виробництво, порошкова металургія, в загальному випадку можна поділити на такі: спечені конструкційні матеріали; жароміцні та жаростійкі матеріали; ерозійностійкі матеріали; спечені антифрикційні матеріали; пористі порошкові матеріали; фрикційні матеріали; електротехнічні матеріали; тугоплавкі та тверді сплави; композиційні матеріали; матеріали для енергетики [1].

До спечених конструкційних матеріалів належать *конструкційні сталі: вуглецеві, титанові, алюмінієві спечені сталі*.

Вуглецеві сталі використовуються для виготовлення ненавантажених та малонавантажених конструкційних деталей, що виготовляються методами порошкової металургії і не вимагають наступного механічного оброблення, або потребують лише фінішних та довідних операцій. Вони в основному складаються з 95,5 % залізного порошку і з 0,5 % олівцевого графіту, для підвищення однорідності структури і механічних властивостей в залізний порошок вводять 20–30 % чавунного порошку. Застосовують подвійне пресування з проміжним спіканням у середовищі ендогазу. Для підвищення експлуатаційних характеристик в них вводять легуючі елементи: мідь, хром, нікель, молібден, вольфрам [4].

Мідисті сталі характеризуються низьким вмістом вуглецю, підвищеною здатністю до пресування.

Кремнисті сталі мають високі триботехнічні властивості. При одночасному легуванні кремнієм та міддю, кремнієм та хромом отримують вироби, яким властиві високі механічні та триботехнічні характеристики, що дозволяє використовувати їх у важконавантажених вузлах тертя двигунів, редукторів, коробок швидкостей, паливорегулюючої апаратури.

Марганцеві сталі виділяються підвищеною міцністю та придатністю до кування.

При введенні молібдену в залізно-графітову суміш підвищуються механічні та триботехнічні показники – зменшується коефіцієнт тертя, збільшується максимальне навантаження до заклинювання деталей, що труться, збільшується зносостійкість деталей.

Хромисті та хромомолібденові сталі характеризуються високою зносостійкістю, а нікелеві – високою міцністю, яка, однак, залежить від методу одержання нікелевого порошку (електролітичний, карбонільний, відновлення). При цьому механічні характеристики нікелевої сталі мають різні значення – питома густина від 93 % до 97 %, твердість HRC45-55.

Корозійностійкі сталі виготовляють із порошків нержавіючих сталей, отриманих розпиленням розплавів, відновленням оксидів і дифузійним насиченням, використовуються порошки марок 12X19N10, 12X18N9, 12X18N15, X30, а також порошків низьколегованих та марганцевих сталей. Для підвищення корозійної стійкості спечені матеріали просочують пластиком, склом, проводять термічне оброблення готових деталей залежно від умов їх експлуатації.

Спечені титанові сталі набули широкого використання в хімічній, паперовій, харчовій промисловостях для виготовлення деталей реакторів, випарних апаратів, насосів, котлів, холодильників, які працюють в агресивних середовищах при значних змінах температур. В авіабудуванні вони використовуються для виготовлення деталей компресорів реактивних двигунів, паливної апаратури, в турбінобудуванні – дисків, лопаток турбін, в нафтогазовому машинобудуванні, електронній, медичній, криогенній галузях народного господарства. В основному це обумовлено високими експлуатаційними характеристиками сплавів: стабільністю фізико-механічних властивостей при зміні температур, корозійною стійкістю, міцністю.

Для отримання титанових спечених матеріалів використовують в основному два способи – використання порошків готових сплавів і суміші порошків окремих чистих металів.

Порошкові алюмінієві сплави характеризуються малою густиною, високими тепло- та електропровідністю, корозійною стійкістю, технологічною пластичністю, добре обробляються різанням, мають хороші триботехнічні властивості. Для підвищення тих чи інших показників алюмінієві спечені сплави легують вводячи домішки заліза, магнію, хрому, міді, нікелю, кремнію. Сплави широко використовуються в авіаційній, хімічній, харчовій промисловості.

Пористі порошкові матеріали використовують для виготовлення фільтрів очищення і розділення газів та рідин в хімічній, нафтохімічній, атомній промисловості, будівництві, металургії, харчовій та переробній галузях, для нагрівання рідин парою, аерації питної води, виготовлення аеростатичних підшипників, деталей вогнезагороджувачів та активних глушників шуму, елементів конструкцій теплообмінників, елементів хімічних та паливних джерел струму, пристроїв для екрану-

вання електромагнітного випромінювання, резистивних електронних елементів. Як сировина для одержання пористих матеріалів використовують порошок заліза, нікелю, бронзи, нержавіючої сталі [5].

Виходячи із специфічних умов експлуатації і вимог, які до них ставляться, фрикційні матеріали повинні забезпечувати коефіцієнт тертя більше 0,2–0,25 без мастила і більше 0,5 – при терті в маслі при швидкості тертя до 50 м/с і тиску 2–2,5 МПа, високу фрикційну теплостійкість, стійкість до стирання і корозії, добру оброблюваність, механічну міцність, не допускати викришування, розшарування, утворення тріщин і руйнування. Тому як сировину доцільно використовувати *фрикційні порошкові матеріали*. Найбільш поширений матеріал на мідній основі марки МК–5, на залізній основі – ФНК–11, ФНК–8, МКВ–50А, СМК–80. Характерною особливістю порошкових фрикційних матеріалів є наявність сталюї основи, яка необхідна для збільшення міцності.

Жароміцні та жаростійкі сплави набувають дедалі ширшого застосування не тільки в авіаційній, ракетній техніці, атомній енергетиці, хімічній промисловості, а й в інших галузях. До них належать сплави таких тугоплавких металів, як вольфрам, тантал, ніобій, молібден, а й цирконій, гафній, ванадій, хром, реній. Для підвищення властивостей в склад сплавів вводять легуючі елементи, проводять термічне оброблення, оброблення тиском.

Ерозійностійкі матеріали використовуються для виготовлення деталей вузлів двигунів внутрішнього згоряння, апаратури хімічної та харчової промисловості. Для підвищення стійкості до ерозії використовуються матеріали на основі тугоплавких металів, графіту та композиційні матеріали на основі їх сумішей.

Для виготовлення деталей, які працюють в умовах тертя і піддаються інтенсивному зношуванню використовують *спечені антифрикційні матеріали* на основі заліза, що включають графіт, мідь, свинець або сплави корових металів. Застосовують матеріали з твердим мастилом – сірчані сполуки молібдену, цинку, фториду кальцію, матеріали на основі міді, вуглецю, графітопластові матеріали, сполуки кремнію і графіту та тугоплавких металів. Для підвищення антифрикційних властивостей таких матеріалів проводять просочування деталей мастилом, використовують спеціальні методи оброблення тиском, температурою.

Для отримання різноманітних деталей із спеціальними властивостями в електротехніці, приладобудуванні, автоматиці та телемеханіці, радіотехнічній промисловості широко застосовуються *спечені електротехнічні матеріали*. До них належать *матеріали електротехнічних контактів* (розривні, ковзаючі електроконтакти), *магнітні матеріали*

(магнітно-м'які, магнітно-тверді, постійні магніти на основі рідкоземельних металів, магнітодіелектрики, ферити, аморфні матеріали).

Для виготовлення розривних електроконтактів використовують вольфрам, молібден, тантал, реній. Для покращення їх електро- і теплопровідності, зменшення опору в їх склад вводять срібло, мідь, золото, платину, інші легуючі домішки, але частіше використовують композиційні матеріали.

Ковзаючі контакти повинні забезпечувати високу електропровідність і низький коефіцієнт тертя. Як основу частіше всього використовують мідь або срібло, бронзу, графітові, срібнографітові, міднографітові або залізграфітові сплави.

Найбільш широко використовуваними в промисловості *магніто-м'якими матеріалами* є чисте залізо, сплави заліза з нікелем, з кремнієм і алюмінієм, з хромом або алюмінієм. *Магнітно-тверді матеріали* – сплави кобальту з рідкоземельними металами, суміші порошків чистого заліза, нікелю, кобальту, міді й алюмінію. *Постійні магніти* одержують із сполук рідкоземельних металів з кобальтом – інтерметаліди. Для покращення магнітних властивостей застосовують оброблення готових виробів у магнітному полі.

До *магнітодіелектриків* належать дво- або багатокомпонентні композиції на основі суміші феромагнітних сплавів з в'язучою речовиною, яка є ізолятором. Як феромагнітний порошок використовують електролітичне або карбонільне залізо, пермалой, залізокремнійалюмінієві сплави, ферити. Як діелектрики використовують смоли типу бакеліту, стиролу, казеїну а також силікати, рідке скло, пластмаси. Залежно від коефіцієнта заповнення феромагнітною масою, загальної поверхні її частинок, товщини прошарків, магнітодіелектрики можуть бути магнітно-м'якими або магнітотвердими.

Як конструкційний матеріал елементів апаратури зв'язку використовуються *ферити* – матеріали з високим питомим опором і великою магнітною проникністю на високих частотах. Виготовляють їх з оксидів заліза, нікелю, магнію, цинку, міді та інших металів.

Аморфні матеріали використовуються для виготовлення магнітних екранів, магнітних головок, сердечників реле, трансформаторів, отримують їх у вигляді порошків аморфних магнітних металів.

На відміну від жароміцних матеріалів, температура плавлення яких складає 3000 °С і більше, *тугоплавкі матеріали* характеризуються значно нижчою температурою плавлення – 1500-1600 °С. Вони поділяються на *металоподібні сполуки* (бориди, карбіди, нітриди, силіциди, фосфіди перехідних металів), *металічні тугоплавкі сполуки* (кремнію, алюмінію, бору з азотом і вуглецем) та *інтерметаліди*.

Тверді сплави – це кераміко-металічні матеріали, які складаються із карбідів тугоплавких металів і пластичного зв'язуючого металу або сплаву. Розрізняють карбидовольфрамкові, титановольфрамкові, титанотанталовольфрамкові й безвольфрамкові сплави, в'язучим елементом служить залізо, нікель, кобальт або їх сплави. Основна область використання твердих сплавів – виготовлення різального інструменту, до якого висуваються високі вимоги щодо твердості, опору на згин, низького значення модуля пружності й температурного коефіцієнта нелінійного розширення, стійкість до утворення окалини, високої температури схоплювання із матеріалом заготовки, густини і теплопровідності. Також широке застосування одержує мінералокераміка, що характеризується високою твердістю і стійкістю до зношування [3].

Як видно із наведеного вище, залежно від вмісту того чи іншого компонента в суміші отримують матеріали із різноманітними фізико-механічними властивостями, експлуатаційними характеристиками. Забезпечити задані вимоги до виробів можна тільки суворим дотриманням технологічного процесу приготування матеріалів, їх вмісту і якості, в чому лімітуючу роль відіграє також процес приготування суміші, якість перемішування якої визначає концентрацію кожного компонента в будь-якій точці об'єму матеріалу [2].

На основі проведеного дослідження можна зробити такі **висновки**:

1. На сучасному етапі в багатьох галузях народного господарства виникає потреба у матеріалах із спеціальними властивостями, для одержання яких необхідне застосування спеціальних металів та сплавів.

2. Використання порошкової металургії забезпечує економію дорогих кольорових металів до 20...30 % і є основою ресурсощадних технологій.

3. Механічні властивості та експлуатаційні характеристики отриманих деталей значною мірою регламентується якістю змішування суміші порошкових матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Анциферов В.Н., Бобров Г.В., Дружинин Л.К.* и др. Порошковая металлургия и напыленные покрытия. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с.
2. *Гевко І.Б., Капаціла Ю.Б., Левенець В.Б.* Змішування сипких матеріалів гвинтовими робочими органами // Міжвузівський збірник за напрямком «Інженерна механіка» –Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького державного технічного університету, 2002. – Вип. 12. – С. 75–81.

3. *Либенсон Г.А.* Основы порошковой металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 208 с.
4. *Радомысльский И.Д., Сердюк Г.Г., Щербань Н.И.* Конструкционные порошковые материалы. – К.: Техніка, 1985. – 152 с.
5. *Рудь В.Д.* Аналіз механізму руйнування пористих матеріалів // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя. – 2005. – № 2. – С. 105–107.

ЛЕВЕНЕЦЬ Володимир Богданович – майстер виробничого навчання кафедри технології машинобудування Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

– технологічні процеси та обладнання для змішування сумішей сипких матеріалів.

Тел. роб.: 8-0352-251686.

Тел. моб.: 8-0972980736.

E-mail: levenetsv@yahoo.com

Подано 03.03.2006