

Лекція 32 НЕМЕТАЛЕВІ ТА КОМПОЗИЦІЙНІ

Антифрикційні матеріали - композиції, які одержують пресуванням та спіканням порошків заліза або бронзи з 2 - 5 % графіту. Умови пресування та спікання вибирають такими, щоб пористість матеріалів становила близько 15 - 30 %. Після спікання матеріали просочують мінеральним мастилом. Своєрідна структура (графіт і заповнені мастилом пори) забезпечують цим матеріалам малий коефіцієнт тертя, високу стійкість до спрацювання і здатність працювати в багатьох випадках без додаткового змащування. Застосовують їх для виготовлення підшипників ковзання різного устаткування і приладів. Марки та хімічний склад деяких спечених антифрикційних матеріалів наведено в таблиці.

Марки та хімічний склад спечених антифрикційних матеріалів

Марка	Масова частка, %				Пористість, %
	основа	графіт	олово	інші	
Ж	залізо	-	-	-	17-25
ЖГр1	залізо	0,8-1,5	-	-	17-25
ЖГр2	залізо	2,0	-	-	17-25
ЖГр3	залізо	3,0	-	-	17-25
ЖГр(2-2,5)Д(2,5-5)	залізо	2-2,5	-	-	17-25
ЖГр3Цс4		3,0	-	ZnS-4	15-20
БрО10		-	10	-	15-26
БрО8Гр4	мідь	4,0	8	-	15-25
БрО10-фт	мідь	-	10	фторопласт	30-35

Фрикційні матеріали мають високий коефіцієнт тертя, тому їх використовують для виготовлення деталей, гальмових пристроїв, дисків зчеплення тощо. Виготовляють ці матеріали на основі заліза та міді з добавками свинцю, графіту, азбесту, кремнезему тощо. Матеріали на основі заліза призначені для роботи в умовах сухого тертя, а на основі міді - в масляному середовищі. Марки та хімічний склад деяких спечених фрикційних матеріалів наведено у таблиці.

Пористі матеріали застосовують для фільтрування рідин і газів. Спечені фільтри прості у виготовленні, відзначаються високою міцністю, стабільністю фільтрувальних властивостей за всією площею фільтра. Фільтри, виготовлені з корозійно- та жаростійких матеріалів (корозійностійка сталь, нікель, титан, бронза), дають можливість фільтрувати хімічно активні високотемпературні рідини та гази. Спечені фільтри виготовляють із сферичних порошків (дробу) діаметром 50 - 800 мкм, що дає змогу мати пори розміром 20 - 320 мкм.

Марки й хімічний склад деяких спечених фрикційних матеріалів

Марка	Масова частка, %				Пористість, %
	основа	графіт	свинець	інші	
МК5	мідь	6 - 8	7- 9	Sn = 8 - 10; Fe = 3 - 5	3-5
К-11ФМ	залізо	9	-	Cu = 15; SiO ₂ =3;	10
				BaSO ₄ = 6; азбест=3	8
МК В-50А	залізо	8	-	Cu = 10; FeSO ₄ = 5;	12
				SiC = 5; B ₄ C = 5; азбест = 3	10
СМ	залізо	-	-	Cu = 23; Mn=6,5	12
К-80	залізо			BN = 6,5; MoS ₂ = 2,5; B ₄ C = 10; SiC = 3,5	18

Композиційні матеріали виготовляють із порошків кольорових металів, які створюють основу (матрицю), і дисперсійно- зміцнювального компонента - оксидів металів. Порошинки оксиду розміром 0,1 - 5 мкм ефективно гальмують рух дислокацій в матриці і таким чином підвищують її міцність. Найпоширеніші композиційні матеріали на основі алюмінію - САП (спечений алюмінієвий порошок): САП-1, САП-2, САП-3 з вмістом 6 - 17 % Al_2O_3 , міцністю $\sigma_b = 300 - 400$ МПа і пластичністю 3 - 8 %. За міцністю САП перевищує дуралюміні і навіть теплостійкі сталі при температурах до 500 °С. Відомий магнієвий композит, зміцнений оксидами MgO і BeO, який має $\sigma_b = 280 - 300$ МПа та робочу температуру до 400 °С.

Перспективним матеріалом типу САП є матеріали на основі нікелю з оксидами торію, гафнію, цирконію: ВДУ-1 ($Ni + 2\% ThO_2$), ВДУ-2 ($Ni + 2\% HfO_2$), ВД-3 ($Ni + 20\% Cr + 2\% ThO_2$) міцністю $\sigma_b = 525 - 550$ МПа, пластичністю $\delta = 13 - 23\%$, здатні працювати при температурах до 1000 °С.

Інструментальні порошкові матеріали - це тверді сплави. Ці сплави називають металокерамічними, оскільки вихідними матеріалами для їх виготовлення є металеві порошки, а технологія виробництва (формування виробу і наступне спікання) подібна до технології виготовлення керамічних виробів. Термічній обробці інструменти з твердих сплавів не піддають. Виготовляють їх із порошків карбідів WC, TiC і TaC з додаванням порошку кобальту, їх висока твердість, стійкість до спрацювання, міцність, теплостійкість, що досягає 900 - 1000 °С, дають змогу виконувати твердосплавними інструментами високопродуктивну обробку різноманітних металевих та неметалевих матеріалів. За своїми різальними властивостями інструменти оснащені твердими сплавами, значно переверщують інструменти навіть із легованих інструментальних сталей і допускають обробку зі швидкістю різання до 800 м/хв.

Твердосплавні пластинки необхідної форми та розмірів виготовляють пресуванням і спіканням у вакуумі або в атмосфері водню при температурах 1350 -

1550 °С. Під час спікання кобальт, а також евтектика на його основі розплавляються, а під час кристалізації та подальшого охолодження міцно з'єднуються з карбідами. Перелічені вище карбіди дуже тверді та мають підвищену крихкість. Найтвердішим серед них є карбід титану, найменш твердим - карбід танталу. Змінюючи співвідношення між масовими частками карбідів і зв'язки, можна регулювати твердість сплаву та інші його властивості. Зі збільшенням масової частки кобальту зростає міцність і в'язкість, а твердість і стійкість проти спрацювання сплаву зменшується. Збільшення розмірів зерен карбідів є причиною зменшення міцності й росту зносотривкості сплаву.

Тверді сплави для різальних інструментів відзначаються дуже високою твердістю (86 - 92 HRA або умовно 74 - 78 HRC) і великою теплотривкістю в інтервалі температур 750 - 900 °С. Водночас вони характеризуються задовільною міцністю на стиск і порівняно невеликою міцністю на згин. Завдяки високій теплостійкості й зносостійкості тверді сплави зайняли провідне місце серед інструментальних матеріалів: інструментами, оснащеними твердосплавними пластинками, знімають близько 70 % від сумарної маси стружки.

Тверді сплави поділяють на три групи: вольфрамові ВК, титановольфрамові - ТК і титанотанталовольфрамові - ТТК.

Вольфрамові сплави (група ВК - ВК2, ВК3, ВК4 тощо) складаються із зерен карбіду WC, зацементованих Со. Цифра після літери К позначає вміст Со у відсотках, решта карбід WC. Крупнозернисті тверді сплави з розміром зерен 3 - 5 мкм позначають літерою В у кінці марки (наприклад, ВК6-В), а з розміром зерен 0,5 - 1,5 мкм - літерою М (ВК6-М).

Титановольфрамові сплави (група ТК - Т5К10, Т5К12В, Т15К6 тощо) складаються з карбідів WC і TiC, зцементованих Со. Цифра після літери Т показує вміст карбіду TiC у відсотках, а після К - вміст Со, решта - карбід WC. Найбільшу для титановольфрамових сплавів зносостійкість та найбільшу допустиму швидкість різання має сплав Т30К4. Водночас його міцність на згин найнижча ($\sigma_{zg} = 980$ МПа). Сплав Т5К10 найменш зносостійкий, але найміцніший ($\sigma_{zg} = 1420$ МПа).

Титанотанталовольфрамкові сплави (група ТТК - ТТ7К12, ТТ7К15) цифра після літер ТТ показує сумарний вміст карбідів $TiC + TaC$, а після К - вміст Со, решта - карбід WC.

Із сплавів групи ВК виготовляють інструмент, призначений для обробки чавуну, кольорових сплавів, пластмас, а із сплавів групи ТК — інструмент для обробки сталі. Сплави ТТК за своїми властивостями займають проміжне місце між сплавом Т5К10 та швидкорізальною сталлю і призначені для чорнової обробки з ударами сталей із забрудненою кіркою. Стійкість різця з пластинкою із сплаву ТТК в 1,5—2 рази вища за стійкість різця з швидкорізальної сталі Р18.

Тверді сплави випускають у вигляді пластинок, форму і розміри яких стандартизовано. Виготовляють також монолітні інструменти малих розмірів з твердих сплавів (свердла малих діаметрів, відрізни і та прорізни фрези, коронки для кінцевих фрез тощо). Через високу вартість твердих сплавів їх використовують для різальних інструментів у вигляді пластинок, які припаюють або кріплять механічно до сталевого корпусу інструменту. Останнім часом спостерігається тенденція переходу від різального інструменту з припаяними пластинками до інструменту з непереточуваними багатовістряними пластинками, механічно закріпленими.

Щоб підвищити стійкість, на робочу поверхню тврдосплавних пластинок, а також на інструменти з швидкорізальних сталей наносять зносостійкі покриття з карбідів титану, нітридів титану або карбонітридів титану завтовшки 4 - 8 мкм. Завдяки цьому стійкість інструменту зростає у 1,5 - 2,5 рази. Із збільшенням вмісту кобальту в сплаві міцність і в'язкість його підвищується, а твердість і стійкість до спрацювання зменшується. Тому сплави з більшим вмістом кобальту застосовують для виготовлення інструментів, які працюють у важких умовах, при великих і нерівномірних навантаженнях і, навпаки, з малим вмістом кобальту - для обробки з невеликим навантаженням, але з великою швидкістю різання.

З метою економії дефіцитних металів вольфраму і кобальту розроблено сплави на основі $TiC + Ni + Mo$ (сплав ТН-20) і на основі карбонітриду титану $Ti(NC) + Ni + Mo$ (сплав КНТ16). Цифра в цих марках показує сумарний вміст $Ni + Mo$ у

відсотках. Безвольфрамові тверді сплави замість дефіцитних WC і Co містять карбід титану або карбонітрид титану та сплав нікелю з молібденом як зв'язувальну речовину. Твердість безвольфрамових сплавів є в межах 87 - 91 HRA, теплостійкість до 1000 °С. Вони мають високу зносостійкість, але менш міцні порівняно з вольфрамовими сплавами ($\sigma_{zg} = 1000 - 1150$ МПа).

Безвольфрамові тверді сплави поділяють на: сплави (ТН) на основі карбиду титану TiC, наприклад, ТН-20, ТН-30, ТН-40; сплави (КТН) на основі карбонітриду титану Ti(CN), зокрема КТН-16. Цифри в кінці марки після літер ТН показують середню сумарну масову частку в % нікелю і молібдену за винятком марки КТН-16, в якій масова частка Ni + Мо становить 26 %. Безвольфрамові тверді сплави застосовують для напівчистового й чистового точіння й фрезерування сталей та сплавів кольорових металів.

Серед інструментальних порошкових матеріалів окрему групу становлять так звані мінералокерамічні матеріали. Ці матеріали мають у своїй основі оксид алюмінію Al₂O₃ (99 %). До їх складу входить також небагато домішок (активаторів) MgO, ZrO₂ тощо, а часто і наповнювач (звичайно карбід титану TiC). Пластинки з керамічних матеріалів виготовляють методом спікання або гарячого пресування при температурах 1650 - 1750 °С. Під час цього домішки взаємодіють з основою, активізуючи спікання й формування безпористого твердого (91 - 94 HRA) та зносостійкого матеріалу, що має теплостійкість у межах 1100 - 1200 °С. Керамічні матеріали менше взаємодіють зі сплавами заліза, ніж тверді сплави. Водночас їх міцність серед інструментальних матеріалів найнижча.

Інструментальні керамічні матеріали поділяються на: оксидні (білі), виготовлені на основі Al₂O₃ з добавкою оксиду магнію (марки ЦМ-332, ВО-13); змішані (чорні), виготовлені на основі Al₂O₃ (до 80%) і TiC, мають підвищену твердість і міцність (марки В-3, ВОК-60), з нітриду силіцію з іншими добавками - силеніт-Р. Не зважаючи на недефіцитність Al₂O₃, технологія виготовлення пластин дорога, вони не дешевші від твердосплавних. Керамічні пластинки кріплять до держаків (корпусів інструментів) механічно, рідше паянням. Пластинки, як

правило, переагострюванню не підлягають. Інструменти з керамічних матеріалів застосовують для чистової обробки чавунів і загартованих сталей з великими швидкостями різання й малими подачами.

Основною перевагою мінералокераміки є висока теплостійкість (до 1200 °С), що дає змогу обробляти різні матеріали із значно більшими швидкостями, ніж інструментами з твердих сплавів. Проте слід враховувати, що мінералокераміка відзначається також великою крихкістю та малим опором згину. Тому її використовують переважно для інструментів чистової обробки різанням без ударів. Кращою маркою вітчизняної мінералокераміки є ЦМ-332. Для підвищення міцності пластин мінералокераміки до неї додають вольфрам, молібден, бор, титан тощо. Такі матеріали називають керметами і використовують, обробляючи важкооброблювані матеріали. Частка інструментів, оснащених керамічними матеріалами, становить у вітчизняній промисловості близько 0,5 %, у США — 2 %, в країнах Західної Європи — 7 % від загальної кількості різального інструменту.

Порошкові швидкорізальні сталі - однорідний дрібнозернистий матеріал без карбідної ліквіації. Порівняно із звичайними сталями вони мають більшу твердість і теплостійкість. Металорізальний інструмент із цих сталей має в 1,5 - 2 рази більшу стійкість.

Електротехнічні порошкові матеріали - це велика група композицій, призначених для виготовлення розривних контактів з порошоків тугоплавких металів (W, Mo) з металом високої електропровідності (Cu, Ag), і ковзних контактів з графіту і порошоків міді або бронзи.

З магнітних матеріалів методом порошкової металургії виготовляють магнітодіелектрики, які є композиціями порошоків заліза високої чистоти, пермалою, альсиферу або інших матеріалів з різними діелектриками, магнітотверді сплави типу алніко і магніко або рідкоземельних металів, а також так звані ферити - матеріали, які отримують із оксиду заліза Fe_2O_3 і оксидів деяких інших металів - NiO, MnO, ZnO тощо.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Особливості конструювання виробів із порошків?
2. Із чого виготовляють фрикційні матеріали?
3. Із яких складових виготовлять композиційні матеріали?
4. Інструментальні матеріали, їх властивості і особливості виготовлення?