

УДК 622.24 (085). (477.62)

В. П. Бондаренко, член-кор. НАН України, **В. П. Ботвинко**, **Н. А. Юрчук**, кандидати
технічних наук, **Л. О. Василенко**

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПУАНСОНІВ ДЛЯ БАГАТОПУАНСОННОГО АПАРАТУ ВИСОКОГО ТИСКУ

Досліджено умови експлуатації та технологічні особливості виготовлення кубічних пуансонів із сплавів WC-6%Co для багатопуансонного апарату високого тиску. Показано можливість використання розмелювання протягом 140–200 год та легування карбідом ванадію сплаву WC + 6 % Co для виготовлення твердих сплавів із заданим співвідношенням фізико-механічних характеристик.

Ключові слова: *твердий сплав, кубічний пуансон, апарат високого тиску.*

Створення багатопуансонного двоступінчастого апарату високого тиску (АВТ) є важливим завданням для забезпечення подальшого розвитку досліджень сучасного матеріалознавства.

Мета цієї роботи – вибрати перспективні марки твердих сплавів та технології виготовлення з них кубічних пуансонів для АВТ.

В Україні для виготовлення робочих елементів АВТ використовують середньозернисті тверді сплави з 6 % кобальтової зв'язки, у зарубіжних країнах – дрібнозернисті тверді сплави для кубічних пуансонів багатопуансонного АВТ в основному використовують дрібнозернисті тверді сплави. При цьому пуанسونи мають форму куба з зрізаними вершинами.

При виборі сплаву марки ВК з оптимальним комплексом фізико-механічних властивостей та розробленні технології його виготовлення необхідно враховувати умови експлуатації твердосплавних пуансонів типу „куб із зрізом” двоступінчастих АВТ. Відомо, що робоча температура в середині робочої комірки АВТ становить близько 2000–2800 К, на поверхні пуансону типу „куб із зрізом” – близько 700 К. Робочий тиск у комірці АВТ не перевищує до 20 ГПа. Стискання триває 10800 с з робочим ходом 4×10^{-3} м, розвантаження – 36000 зі зворотним ходом 1×10^{-3} м. Тривалість нагрівання у внутрішній комірці АВТ – 300–600 с. Бажана кількість циклів навантаження–розвантаження однієї партії пуансонів типу „куб із зрізом” – п'ять.

Властивості твердого сплаву за зазначених умов досі не встановлені. З огляду на це марку сплаву можна встановити лише експериментально. Зважаючи на відомі властивості твердих сплавів, доходимо висновку, що необхідну стійкість пуансонів можуть забезпечити лише вольфрамкобальтові тверді сплави з вмістом кобальту 3–6 % (за масою), середнім розміром зерна карбідної складової 0,5–2 мкм, твердістю >89 НРА, густиною >14,8 г/см³, межею міцності при згині >1600 МПа. Для досягнення рівномірнішої структури та покращених фізико-механічних властивостей доцільно використовувати леговані суміші за розробленою нами технологією легування [1, 2].

Результати попередніх досліджень засвідчили ефективність використання для легування матриць та пуансонів АВТ типу "ковадло з заглибленням" 0,15 %–0,25 % (за масою) карбиду ванадію. Це забезпечило отримання необхідного дрібнозернистого структурного стану і покращених фізико-механічних та експлуатаційних властивостей твердих сплавів марок ВК6, ВК8 при всебічному стисканні в АВТ. В цьому зв'язку в дослідженні як легуючу добавку використовували карбід ванадію в кількості 0,2 % (за масою).

З метою виготовлення твердосплавних пуансонів для АВТ в ІСМ ім. В. М. Бакуля НАН України розроблено конструкторську документацію та виготовлено пресформу для пресування заготовок кубічних пуансонів.

Першу партію сумішей ВК3М, ВК6М, ВК3М(VC), ВК6М(VC) виготовляли розмелюванням протягом 120 год суміші високотемпературного карбиду вольфраму марки КС та кобальту (табл. 1). Другу партію сумішей ВК6ОМ(VC) виготовляли розмелюванням протягом 140, 200, 250 год. Третю партію сумішей ВК6ОМ(VC)* виготовляли шляхом змішування ВК3М з необхідною кількістю (для отримання суміші ВК6) серійної суміші ВК8 (Кіровоградського заводу твердих сплавів) (табл. 2, 3). Спікали зразки у вакуумних стаціонарних печах та прохідній водневій печі в діапазоні температур 1300–1350 °С.

Спикання зразків з особливо дрібнозернистих сумішей у прохідній печі призвело до значного збільшення розмірів зерен карбідної фази і виявилось неприйнятним для виготовлення пуансонів дрібнозернистої структури.

Дрібнозернисту структуру сплавів отримали при спіканні пуансонів у вакуумній печі. Встановлено, що оптимальна температура спікання у вакуумі сплавів типу ВК3ОМ – близько 1330 °С, сплавів типу ВК6ОМ – близько 1300 °С.

Із даних табл. 1 випливає, що при розмелюванні протягом 120 год межа міцності при згині сплавів ВК3ОМ та ВК3ОМ(VC) становить відповідно 1520 та 1300 МПа, твердість – 91,4 та 91 НРА, густина – 15,12 та 15,31 г/см³, коерцитивна сила – 16 та 17 кА/м.

Межа міцності при згині сплавів ВК6ОМ, ВК6ОМ(VC) становила відповідно 1660 та 1720 МПа, твердість – 90 та 90,3 НРА, густина – 14,8 та 15,02 г/см³, коерцитивна сила – 13,8 та 14,1 кА/м.

З наведених даних випливає, що твердість, густина, коерцитивна сила та межа міцності при згині виготовлених сплавів відповідають цим показникам стандартних вітчизняних сплавів ВК3М та ВК6М.

Таблиця 1. Фізико-механічні характеристики сплаву WC + 6 % Co (розмелювання протягом 120 год)

Марка сплаву	Коерцитивна сила H_{CM} , кА/м	Твердість, НРА	Густина, г/см ³	Межа міцності при згині R_{bm} , МПа
ВК3М	16,0	91,4	15,12	1520
ВК3М(VC)	17,0	91,0	15,31	1300
ВК6М	13,8	90,0	14,8	1660
ВК6М(VC)	14,1	90,3	15,02	1720

Мікродобавка карбиду ванадію в досліджувані тверді сплави сприяє отриманню дрібнодисперсної структури, незначному збільшенню коерцитивної сили (на 0,3 –1,0 кА/м) та густини цих сплавів. Найвищу міцність при згині –1720 МПа за дещо меншої твердості було виявлено у сплавів ВК6М(VC). Тому досліджували вплив тривалості розмелювання та способу приготування суміші на фізико-механічні властивості тільки цих сплавів.

Як бачимо з даних табл. 2 після розмелювання суміші протягом 250 год подальшого подрібнення структури спечених твердих сплавів не відбувається, але при цьому зменшуються коефіцієнт тріщиностійкості та межа міцності при стисканні. Наймовірніше властивості погіршилися через погіршення структури сплаву внаслідок часткового окислення суміші в результаті тривалого розмелювання. Отже розмелювання понад 200 год не раціональне.

Таблиця 2. Вплив тривалості розмелювання на фізико-механічні характеристики сплаву WC + 6 % Co (сумарна тривалість розмелювання 140, 200, 250 год)

Характеристика партії сплаву	H_{CM} , кА/м	K_{1C} , МПа·м ^{1/2}	R_{cm} , МПа
ВК6ОМ(VC)–розмелювання протягом 140 год	14,2	12,9	3460
ВК6ОМ(VC))–розмелювання протягом 200 год	21,2	10,3	3760
ВК6ОМ(VC))–розмелювання протягом 250 год	21,5	9,9	890

Таблиця 3. Вплив способу приготування суміші на фізико-механічні характеристики сплаву WC+6 % Co (сумарна тривалість розмелювання 200 год)

Характеристика партії сплаву	H_{CM} , кА/м	K_{1C} , МПа·м ^{1/2}	R_{cm} , МПа
ВК6ОМ(VC) – розмелювання протягом 200 год ВК6ОМ	16,7	11,8	3170
ВК6ОМ(VC)* – розмелювання протягом 200 год композиції сумішей (ВК3ОМ+ВК8))	21,2	10,3	3760

Із даних табл. 3 випливає, що вищі коерцитивна сила та межа міцності при стисканні за деякого зменшення коефіцієнта тріщиностійкості має сплав ВК6ОМ(VC)*, виготовлений із суміші, отриманої розмелюванням композиції сумішей (ВК3ОМ + ВК8) порівняно зі сплавом ВК6ОМ(VC), виготовленим із суміші, отриманої традиційним способом – розмелюванням суміші порошоків карбиду вольфраму та кобальту.

Отже високу коерцитивну силу сплаву ВК6ОМ можна забезпечити збільшенням тривалості розмелювання до 200 год Для забезпечення вищої тріщиностійкості K_{1C} необхідно зменшити тривалість розмелювання до 140 год.

Висновки

1. Встановлено, що для виготовлення твердосплавних пуансонів типу «куб зі зрізом» доцільно використовувати дрібно- та середньозернисті тверді сплави з 6 % кобальтової зв'язки.
2. Легування карбідом ванадію (0,2 % за масою) за тривалого розмелювання дає змогу отримати тверді сплави з іншим співвідношенням фізико-механічних характеристик, ніж без легування.
3. Оптимальна тривалість розмелювання – 140–200 годин. Змінюючи її, можна коригувати співвідношення коерцитивної сили H_{CM} , тріщиностійкості K_{1C} та межі міцності при стисканні R_{cm} .
4. Оптимальні склад і структура твердого сплаву можна визначити випробуваннями багатопуансонного АВТ.

Исследованы условия эксплуатации и технологические особенности изготовления кубических пуансонов из сплавов WC + 6 % Co для многопуансонного аппарата высокого давления. Показана возможность использования размола в течение 140–200 ч и легирования карбидом ванадия сплава WC + 6 % Co для приготовления твердых сплавов с заданным соотношением физико-механических характеристик.

Ключевые слова: твердый сплав, кубический пуансон, аппарат высокого давления.

Studied were the operating conditions and process features of making cubic punches from WC + 6 % Co hard alloy for a multiple-anvil high pressure apparatus. The possibility to use the prolonged grinding 140–200 and alloying the WC + 6 % Co alloy with vanadium carbide for producing fine-grained hard alloys with a given ratio of physico-mechanical characteristics was shown.

Key words: hard alloy, cubic punch, high pressure apparatus.

Література

1. Бондаренко В.П., Ботвинко В.П., Мошкун В.Ф. Влияние микродобавок карбидов хрома Cr₃C₂ и ванадия VC на свойства твердого сплава ВК6Р для матриц аппаратов высокого давления // Породо-разрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Тез. докл. конф. – Киев: Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – С. 249.
2. Бондаренко В.П. Современные тенденции в развитии производства и научных исследований в области твердых сплавов на Украине/Под общей ред. акад. НАН Украины Н.В. Новикова // Современные спеченные твердые сплавы: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – С. 38–83.

Надійшла 27.05.11

УДК 669.018.25

В. П. Бондаренко, член-кор. НАН України, **І. В. Андрєєв**, канд. техн. наук,
Л. М. Мартинова, канд. хім. наук, **Н. В. Литошенко**, канд. техн. наук,
І. А. Свєшніков, д-р техн. наук, **С. Д. Заболотний**

Институт надтвердых материалов им. В. М. Бакуля НАН Украины, м. Київ

ВПЛИВ УМОВ СПІКАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ РЕГЕНЕРОВАНИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ ПРИ РІЗАННІ ПІСКОВИКА

Розглянуто вплив умов спікання на фізико-механічні та експлуатаційні властивості регенерованих твердих сплавів з різним вмістом кобальту, що використовуються при виготовленні інструменту для різання пісковика. Встановлено, регенований твердий сплав з вмістом кобальту 8 % (по масі) має показник зносостійкості на рівні серійного сплаву і рекомендується для виготовлення інструменту в якості елементів різців гірничих комбайнів.

Ключові слова: регеновані тверді сплави, спікання, опір.