

7. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытания режущего инструмента на стойкость. – М: Машиностроение, 1985.
8. Фальковский В. А., Клячко Л. И.. Твердые сплавы. – М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2005.
9. Байрамов Ч. Г. Природа изнашивания твердосплавного режущего инструмента. – Баку: Элм, 2000.
10. Мацевитый В. М., Казак И. Б., Спольник А. И. Схватываемость и другие физические факторы, определяющие различную обрабатываемость металлов и сплавов при резании// Матер. Науч.-техн. конф. «Интерпартнер 2005». – 2005.– С. 231–240.
11. Лолодзе Т. Н. Износ режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1981.

Поступила 08.06.10

УДК 669.018.25

С. А. Давиденко

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ЖИДКОЙ ПРОСЛОЙКИ В КОМПОЗИЦИИ WC–Co–алмаз

Using results of thermodynamic researches, some features of formation of structure of composite WC–Co–diamond are considered. The special attention is turned on occurrence of stability of liquid layers in these materials.

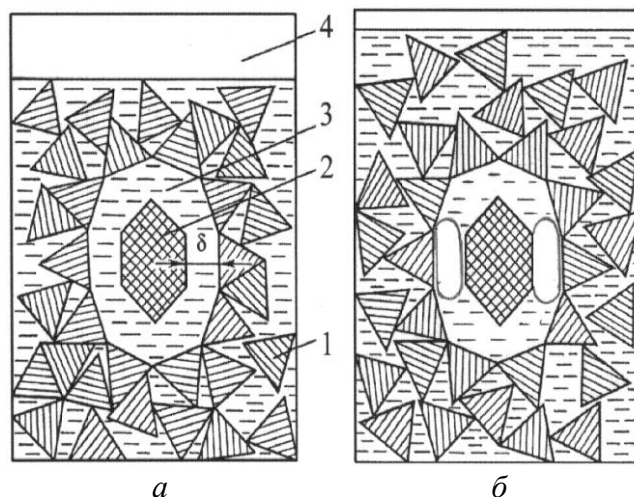
Введение

Проблему создания композиции твердого сплава WC–Co–алмаз можно представить в виде двух блоков: первый включает формирование структуры непосредственно сплава WC–Co, второй – взаимодействие полученной структуры сплава WC–Co с частицами алмаза. Особый интерес представляют крупные включения алмаза размером 100–500 мкм, используемые в буровом инструменте [1].

В композиции WC–Co–алмаз одной из центральных проблем является удержание алмазной частицы в твердосплавной матрице. Эта проблема успешно решается, если во время жидкофазного спекания вокруг алмазной частицы образуется жидкая прослойка расплава металла. Условия устойчивости прослойки жидкости в двух- и трехфазных системах “твердое тело – жидкость” обоснованы в работах [2, 3]. В настоящей работе исследуем влияние структуры и состава твердых сплавов WC–Co на образование прослойки расплава кобальта вокруг алмазной частицы.

Образование прослойки жидкости в композиции WC–Co–алмаз

Исследования выполнены на модели композиции, состоящей из частиц карбида вольфрама 1, алмазной частицы 2, расплава кобальта 3 и газообразной фазы 4 [3]. Согласно этой модели алмазная частица находится в твердосплавной матрице WC–Co, нагретой до температуры, превышающей температуру плавления кобальтовой связки. В исходном состоянии рассматриваемой системы частица алмаза окружена прослойкой расплава кобальта, в конечном состоянии показано начало обнажения алмазной частицы.



Модель композиции с алмазной частицей: 1 – частица WC, 2 – частица алмаза, 3 – расплав кобальта, 4 – газ, δ – толщина прослойки

В изделиях, изготовленных из спеченных твердых сплавов WC–Co при температуре, превышающей температуру плавления связки, существует давление миграции Π , физически называемое давлением всасывания [4]. Таким образом, на прослойку жидкости на рисунке б действует капиллярное давление P_k , которое стремится удержать жидкость в капилляре, образованном матрицей и алмазной частицей, и давление миграции Π , которое стремится всосать жидкость в твердосплавную матрицу. Если $\Pi > P_k$, то независимо от угла смачивания алмаза жидкость уйдет из полости в твердосплавную матрицу WC–Co и алмазная частица останется обнаженной. Если $\Pi < P_k$, алмазная частица будет окружена прослойкой металлического расплава, что гарантирует удержание в матрице WC–Co. Из равенства $\Pi = P_k$ определяют критическую толщину прослойки жидкости $\delta_{кр}$. При $\delta > \delta_{кр}$ жидкость уходит в твердосплавную матрицу, а при $\delta < \delta_{кр}$ алмазная частица окружена прослойкой жидкости.

Давление миграции рассчитывается по формуле [4]

$$\Pi = \frac{1}{3} \frac{\Delta S_{11}}{\Delta V} (\gamma_{11} - 2g\gamma_{13}),$$

где ΔS_{11} – изменение площади контактной поверхности частиц WC при проникновении жидкости из прослойки в матрицу; ΔV – объем жидкости, проникший в матрицу; γ_{11} , γ_{13} – поверхностное натяжение соответственно на поверхности контактной WC/WC и межфазной WC/Co; g – коэффициент, учитывающий изменение геометрической формы частиц при проникновении жидкости в матрицу.

Капиллярное давление описывается выражением

$$P_k = \frac{k\gamma}{\delta} \cos \Theta,$$

где k – коэффициент формы капилляра, Θ – краевой угол смачивания.

Критическое значение $\delta_{кр}$ находят из равенства

$$\frac{k\gamma_{34}}{\delta_{кр}} \cos \Theta = \frac{1}{3} \frac{\Delta S_{11}}{\Delta V} (\gamma_{11} - 2g\gamma_{13}). \quad (1)$$

При обнажении полости образуется капилляр со стенками из различных материалов на рисунке б и, следовательно, имеем два краевых угла смачивания металлическим расплавом: один – для алмазной частицы и второй – для карбидной. В выражении (1) используется меньшее значение угла Θ , т. е. учитывается наиболее высокое капиллярное давление. В системе WC–Co краевой угол смачивания карбида вольфрама расплавом кобальта равен нулю [5]. Следует иметь в виду, что при температуре существования жидкой фазы в сплаве WC–

Со происходит полиморфное превращение алмаз → графит. Краевой угол смачивания графита расплавом кобальта равен 48° [6].

В правой части равенства (1) размещено выражение давления миграции Π , в левой – капиллярного давления P_k . Для расчета значения $\delta_{кр}$ использовали значения давления миграции Π (см. таблицу), приведенные в [4]. Поверхностное натяжение расплава кобальта приняли равным $1,55 \text{ Н/м}$ [7].

Показатели различных спеченных твердых сплавов

Спеченный твердый сплав	Состав, мас. %		Содержание жидкой фа- зы, об. %	Площадь удельной поверх- ности WC, $\text{мкм}^2/\text{мкм}^3$	Давление миграции Π , МПа	Толщина прослойки $\delta_{кр}$, мкм
	Со	WC				
WC-4Co	3,85	96,15	9,1	2,9	$0,70 \pm 0,09$	2,2
WC-6CoM	5,90	94,10	13,8	3,6	$0,73 \pm 0,06$	2,1
WC-6Co	5,90	94,10	13,8	3,0	$0,56 \pm 0,05$	2,8
WC-6CoB	5,90	94,10	13,8	2,0	$0,40 \pm 0,03$	3,9
WC-8Co	7,60	92,40	17,5	3,2	$0,52 \pm 0,04$	3,0
WC-8CoB	8,20	91,80	18,7	2,1	$0,36 \pm 0,03$	4,3
WC-10Co	9,65	90,35	21,8	2,9	$0,39 \pm 0,03$	4,0
WC-10CoM	10,00	90,00	22,5	4,3	$0,62 \pm 0,04$	2,5
WC-11CoB	11,08	88,92	24,6	2,0	$0,24 \pm 0,03$	6,5
WC-15Co	14,30	85,70	31,1	2,6	$0,25 \pm 0,02$	6,2

Результаты сопоставления значений $\delta_{кр}$ для сплавов WC-4Co, WC-6Co, WC-8Co, WC-10Co, WC-15Co показывают, что при увеличении содержания кобальта в спеченных твердых сплавах толщина устойчивых прослоек кобальта увеличивается, при уменьшении размера частиц WC (сплавы WC-6CoB, WC-6Co, WC-6CoM) – уменьшается.

Приведенные в таблице, значения $\delta_{кр}$, можно использовать для определения толщины металлических покрытий при изготовлении металлизированных алмазных частиц для композиции WC-Co-алмаз. Очевидно, формировать покрытия толщиной более $\delta_{кр}$ нецелесообразно. Из анализа действующих на жидкую прослойку сил следует, что внешнее давление способствует формированию более толстых прослоек жидкости вокруг алмазной частицы.

Выводы

Разработаны научные предпосылки формирования устойчивых прослоек кобальта вокруг алмазных частиц в композиции WC-Co-алмаз, позволяющие прогнозировать получение требуемых структур.

Литература

1. Бондаренко Н. А., Жуковский А. Н., Мечник В. А. Основы создания алмазосодержащих композиционных материалов для породоразрушающих инструментов. – К.: Изд-во ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – 456 с.
2. Лисовский А. Ф. Устойчивость жидких металлических прослоек в процессе спекания гетерофазных композиций. I. Двухфазные системы // Порошковая металлургия. – 1991. – № 1. – С. 11–17.
3. Лисовский А. Ф. Устойчивость жидких металлических прослоек в процессе спекания гетерофазных композиций. II. Трехфазные системы // Порошковая металлургия. – 1991. – № 3. – С. 20–22.

4. Лисовский А. Ф. Формирование структуры композиционных материалов при обработке металлическими расплавами. – К.: Наук. думка, 2008. – 198 с.
5. Чапорова И. Н., Чернявский К. С. Структура спеченных твердых сплавов. – М.: Металлургия, 1975. – 246 с.
6. Найдич Ю. В. Контактные явления в металлических расплавах. – К.: Наук. думка, 1972. – 196 с.
7. Влияние легирования на поверхностное натяжение металлов группы железа / В. И. Туманов, В. Ф. Функе, Л. И. Беленькая, Л. Г. Усольцева // Изв. АН СССР, ОТН “Металлургия и топливо”. – 1962. – № 6. – С. 43–48.

Поступила 18.03.2010

УДК 621.922

В. С. Гаврилова, И. Ю. Ростоцкий; В. Н. Ткач, канд. физ.-мат. наук;
А. Г. Довгань, Е. Ф. Кузьменко

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

The structure and thermal properties of the developed antifriction polymer composite based on heat-resistant polymers and fillers are described. Composite is used as a coating of titanium and its alloys details for their high durability by friction. The upper limit of the operational temperature range of composite is 250 °C

Введение

Антифрикционные износостойкие покрытия и самосмазывающиеся композиционные материалы широко применяют для обеспечения надежной работы пар трения, работающих в особо экстремальных условиях. Широкое применение таких материалов обусловлено прежде всего их специфическими особенностями: высокой смазочной способностью, химической стойкостью, способностью обеспечивать смазочное действие в широком интервале температур.

Разработанное в Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины антифрикционное полимерное покрытие для многоциклового деформирующего протягивания деталей из титановых сплавов [1] обладает высокой твердостью (0,22–0,25 ГПа) и повышенными антифрикционными свойствами. Так, при применении этого покрытия удельная сила трения (сила трения, отнесенная к площади контакта инструмента с обрабатываемым изделием), которая является показателем антифрикционных свойств, уменьшается в 1,3 раза по сравнению с покрытием из дисульфида молибдена [2], что существенно снижает осевые силы протягивания при применении этого покрытия.

При формировании полимерного композита (ПК) выбор связующего, наполнителя и отвердителя был направлен прежде всего на достижение высокого уровня физико-механических свойств ПК за счет создания высокоэластичного состояния полимера [3]. Разработанный ПК имеет адгезионную прочность при сдвиге $\tau_b = 40,1$ МПа и отрыве $\sigma_{отр} = 53,5$ МПа, а также следующие предельные показатели при одноосном растяжении: разрушающее напряжение $\sigma_p = 82,8$ МПа, деформацию при разрыве $\epsilon_p = 3,7$ %, модуль упругости $E = 1,4$ ГПа.

Покрытие из разработанного ПК на втулках из титановых сплавов при технологических испытаниях методом многоциклового пластического деформирования выдержало контактные давления до 2,2 ГПа [4, 5]. При этом визуально не обнаружено дефектов на заборном конусе протягивающего инструмента, а также механической и термической деструкции