

УДК 536.421.5

Ю. Д. Сердюк<sup>1</sup>, О. А. Семижон<sup>2</sup>, М. М. Прокопив<sup>3</sup>, канд. техн. наук

<sup>1</sup>ОАО «АзовЭлектроСталь», г. Мариуполь, Украина

<sup>2</sup>ОАО «Головной специализированный конструкторско-технологический институт»,  
г. Мариуполь, Украина

<sup>3</sup>Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины г. Киев

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОКОМПРЕССИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЧЕСТВА И ИЗНОС РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИЗ СПЛАВА Т5К10 ПРИ ЧЕРНОВОМ ТОЧЕНИИ КАТАНЫХ ЗАГОТОВОК

*Results over of research of conformities to law of influence of parameters (pressure of argon, temperature and time of self-control) of process of thermocompression treatment are in-process brought under constraint argon to 4,5 МПа on the indexes (middle firmness, firmness completely, coefficient of variation) of quality of removable cutting plastins of SNMM 250724 from the alloy of T5K10 (ГОСТ 19052-82) of production will "Pobedit".*

### Введение

Режущие пластины из сплава Т5К10 (ГОСТ 19052-82) производства российских фирм уже на протяжении более чем 30 лет широко используются на машиностроительных предприятиях Украины для чернового точения катаных, кованных и литых заготовок из углеродистой стали (НВ 160–250).

Спекание в метано-водородной среде или вакууме, используемое в технологии изготовления из него режущих пластин, не позволяет получать их пористость на уровне пористости твердых сплавов в инструменте ведущих зарубежных фирм. Это обуславливает снижение его физико-механических и эксплуатационных свойств [1], особенно при ударных нагрузках [2].

Термокомпрессионная обработка (ТКО) под давлением аргона 4,5 МПа сплава Т15К6 снижает микропористость и ликвидирует крупные поры в его структуре, а ТКО сменных режущих пластин из твердых сплавов групп ВК и ТТК, спеченных по традиционной технологии, в 1,5–1,6 раз увеличивает их стойкость при использовании на различных операциях резания. [3–5].

В этой связи цель работы состояла в исследовании влияния ТКО под давлением аргона на стойкость и стабильность режущих пластин из сплава Т5К10, механизмы износа их режущей части при черновом точении крупногабаритных катаных заготовок из углеродистой стали.

Объект исследования – режущие пластины формы SNMM 250724 из сплава Т5К10 (ГОСТ 19052-82) фирмы «Победит», (рис. 1).

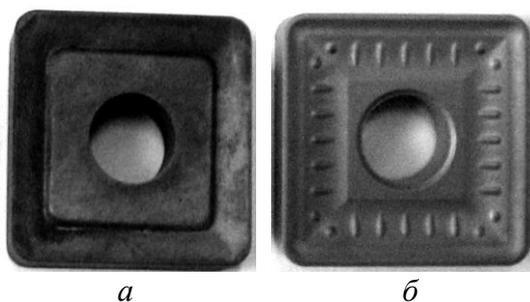


Рис. 1. Внешний вид пластин формы: а – SNMM 250724 ОАО «Победит»;  
б – SNMM 250724-GH NC 330 фирмы «Корлой» (Южная Корея)

Предмет исследования – закономерности влияния ТКО под давлением аргона до 4,5 МПа на стойкость, стабильность работы и износ пластин формы SNMM 250724 из сплава T5K10 при черновом точении катаных заготовок вагонных осей из углеродистой стали 20ГЛ (НВ 220–250).

#### Методика исследований

Термокомпрессионную обработку пластин под давлением аргона осуществляли на компрессионной установке разработанной в Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины [6].

Параметры ТКО: температура  $T$ : 1430 °С и 1480 °С; давление аргона  $p$ : 2,0; 3,0 и 4,5 МПа; продолжительность изотермической выдержки  $\tau$ : 15; 40; 60 мин (рис. 2). Выбор температуры 1480 °С и максимального давления аргона 4,5 МПа обусловлен техническими возможностями установки.

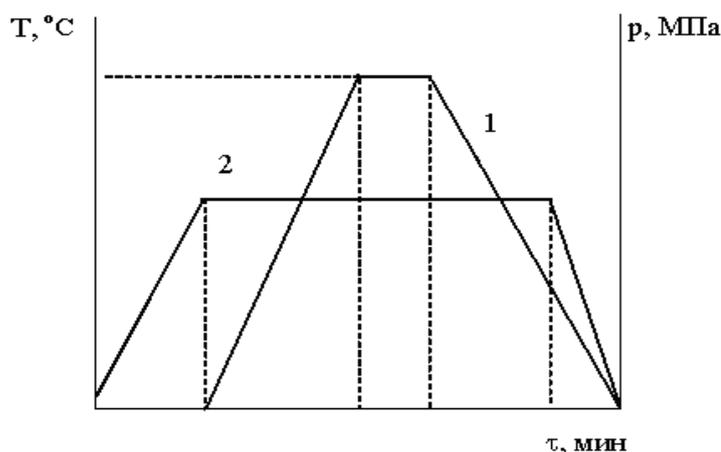


Рис. 2. Графики режима ТКО: 1 – изменения температуры ( $T$ , °С); 2 – график изменения давления аргона  $p$  (МПа)

Промышленные испытания проводили по методике НИИМАШ [7].

Режимы и условия резания: скорость резания  $V = 100–105$  м/мин; – подача  $S = 1,0$  мм/об; – глубина резания  $t = 5–20$  мм; точение по корке без охлаждения при наличии раковин. Применяемое оборудование – токарный гидрокопировальный полуавтомат модели КЖ1832.

Среднюю стойкость пластины при резании определяли по количеству заготовок, обработанных одной пластиной (четыре режущие кромки) до потери функциональной эффективности. Стойкость безотказной работы пластин ( $T_p$ , шт.) рассчитывали по формуле [7]:

$$T_p = T_{cp} (1 - U_p K_{var}), \quad (1)$$

где  $T_{cp}$  – средняя стойкость пластин при резании;  $U_p$  – квантиль нормального распределения, определяемый по таблицам интеграла вероятностей, при  $p = 0,9$   $U_p = 1,282$ ;  $p$  – вероятность безотказной работы;  $K_{var}$  – коэффициент вариации стойкости (стабильность работы).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием профессионального пакета статистического анализа STATISTICA 5.5. Определяли дисперсию, среднее значение стойкости пластин при резании  $\tilde{T}$  и коэффициент вариации стойкости пластин  $K_{var}$ . Последние два параметра, а также продолжительность безотказной работы с вероятностью 0,9 приняли в качестве зависимых факторов процесса точения резцами из пластин. Независимыми факторами служили следующие технологические параметры ТКО: температура ( $T$ , °С), давление аргона ( $p$ , МПа) и продолжительность выдержки ( $\tau$ , мин).

Математическую обработку совокупности независимых факторов и каждого из зависимых факторов проводили в целях установления взаимосвязи между ними в аналитическом виде с использованием пакета программ LgAprox [8] для автоматизированного многовариантного построения и анализа эмпирических математических моделей.

Износ режущей части пластин изучали с помощью оптического экспериментального микроскопа после обработки одной оси или изменения качества обработанной поверхности. Классификацию износа по видам и их причин проводили согласно [9], а также по каталогам зарубежных фирм - изготовителей твердосплавного инструмента. Потерю работоспособности пластин определяли по изменению чистоты или размера обрабатываемой поверхности, а также по критическому размеру ленточки износа по задней поверхности пластины ( $h_3 = 1,2$  мм).

Исследовали 50 пластин формы SNMM 250724 «Победит», которые сравнивали с пластинами формы SNMM 250724-GH NC 330 фирмы «Корлой» (Южная Корея).

В результате предварительного осмотра пластин под микроскопом выявили на их режущей части по всему периметру микросколы (рис. 3 а – в). Для снятия поверхностного слоя со сколами выполнили шлифование передней поверхности пластин с образованием площадки шириной до 0,5 мм и упрочняющей фаски шириной 0,2 мм под углом  $17^\circ$  (рис. 3 з).

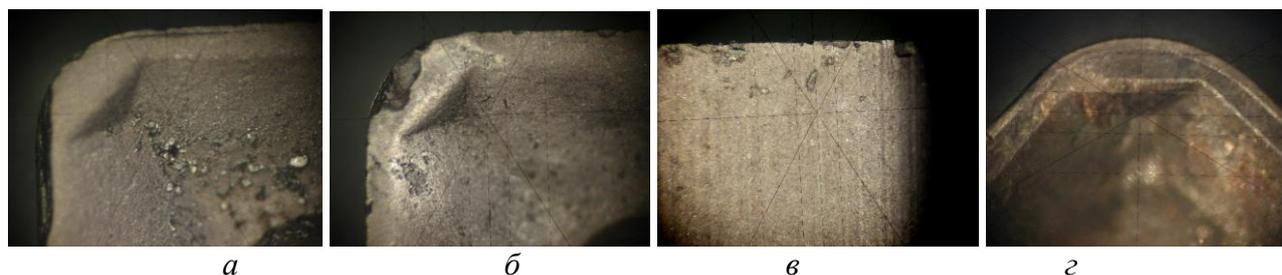


Рис. 3. Внешний вид режущей кромки пластин SNMM 250724: а–в – исходной; з – с упрочняющей фаской.

**Характеристики стойкости и надежности при черновом точении пластины в исходном состоянии, с упрочняющей фаской и SNMM250724-GH NC 330 фирмы «Корлой».**

| Номер пластины | Средняя стойкость пластин, $T$ , мин | Продолжительность безотказной работы с вероятностью $p = 0,9$ , $T_{0,9}$ | Коэффициент вариации, $K_{var}$ | Износ режущей кромки  |
|----------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|---|
| 1              | 9                                    | 3,577   | 0,47                            | Адгезионный, абразивный, износы микро- и макросколы, разрушения |
| 1Ф             | 11                                   | 4,96  | 0,428                           |   |
| 2              | 40                                   | 26.2.   | 0,21                            | Адгезионный, абразивный   |

Как видно из данных таблицы, стойкость и надежность исходных пластин фирмы «Победит» (№ 1) соответственно на 20 и 40 % ниже, чем такой же пластины с упрочняющей фаской. И хотя надежность их работы остается неудовлетворительной ( $K_{var} > 0,35$ ), однако не критической ( $K_{var} < 0,5$ ). Стойкость и надежность пластины фирмы «Корлой» соответственно в 3,3 и 2 раза выше, чем пластины № 1Ф, что обусловлено наличием на их рабочей поверхности износостойкого покрытия и специальной формы с ребрами стружколома (см. рис. 1 б).

В результате анализа по 430080 математическим моделям для каждого из трех зависимых факторов получили наиболее адекватные эмпирические аналитические зависимости:

$$\tilde{T} = 0,6761274 + 3,25 \times 0,1883222 \log_{10} T + 3 \times 0,0168768 \log_{10} p + 0,02484873 \tau; \quad (2)$$

$$T_p = \left[ -29,86322 + \frac{191,2831}{\sqrt[4]{T}} + \frac{7,192255}{p^4} - \frac{0,096659}{\log_{10} \tau - 2} \right]^{-1}; \quad (3)$$

$$K_{var} = 1,870306 + \frac{3,893047}{2,5[\log_{10} T - 4]} + \frac{0,2071829}{\sqrt[4]{p/10}} + 0,01506 \sqrt{\tau} . \quad (4)$$

Полученные эмпирические математические модели обладают довольно высокой надежностью при допустимой погрешности прогнозирования 5 %. Например, для средней стойкости она составляет 89 %. Средняя погрешность прогнозирования составляет 1,86–5,55 %, причем минимальное ее значение соответствует модели для средней стойкости.

Поверхности откликов коэффициента вариации и средней стойкости пластин, рассчитанных по эмпирическим формулам (2), (3), показаны на рис. 4.

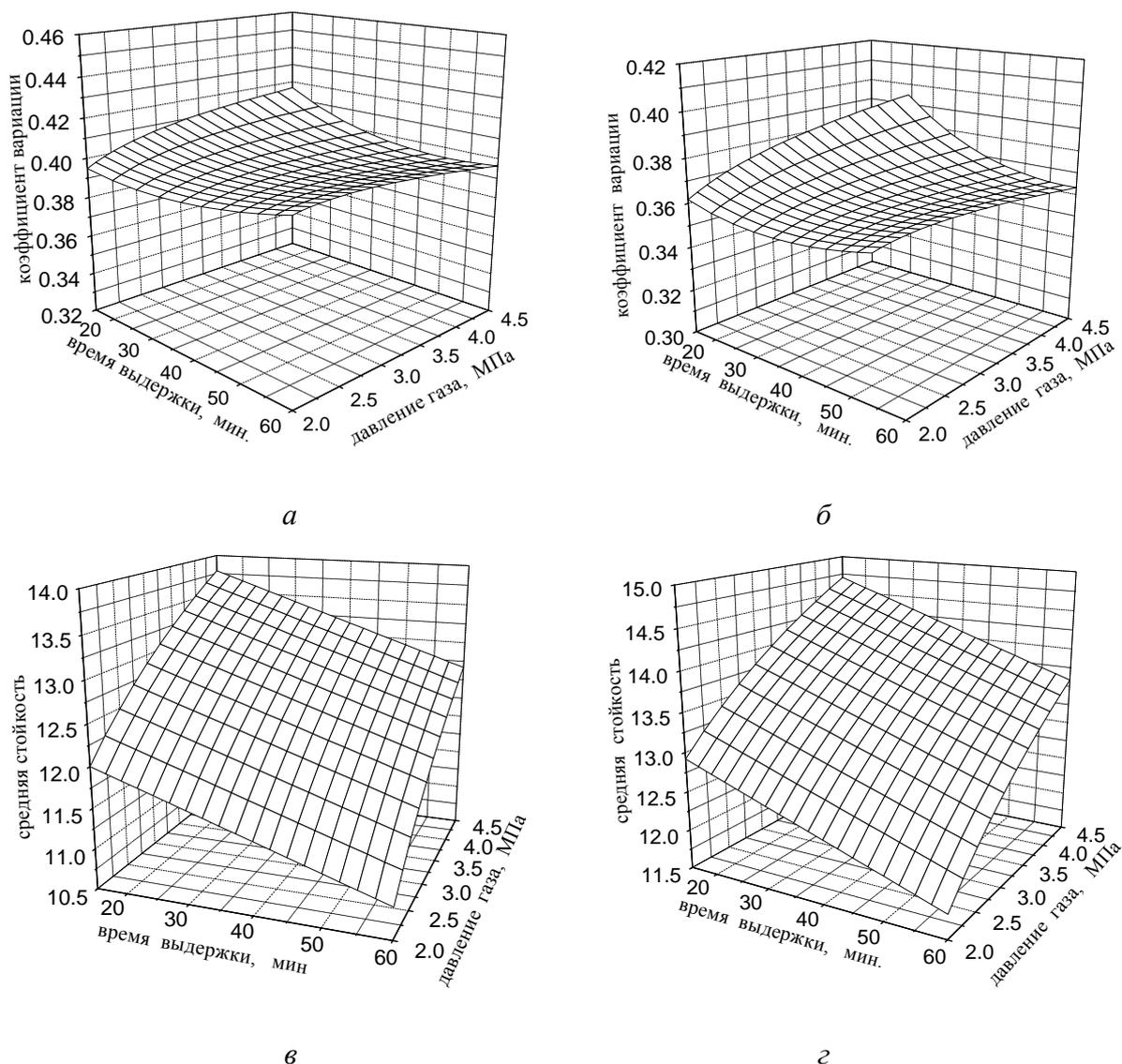


Рис. 4. Поверхности отклика коэффициента вариации (а, б) и средней стойкости (в, г) режущих пластин в зависимости от давления аргона (p, МПа), и продолжительности выдержки (τ, мин) и температуры (T = 1430 °C (а, в), T = 1480 °C (б, г))

В результате ТКО пластин фирмы «Победит» выявили, что их стойкость и надежность повышаются с повышением давления аргона, температуры и уменьшением продолжительности изотермической выдержки. Так, максимальная средняя стойкость ( $T_{cp} = 14,6$  шт) и надежность ( $K_{var} = 0,31$ ) пластин при резании были достигнуты при давлении аргона  $p = 4,5$  МПа, температуре  $T = 1480^{\circ}\text{C}$  и продолжительности выдержки  $\tau = 15$  мин. Как видим, средняя стойкость пластин при этом повысилась в 1,33 раза, надежность – в 1,5 раза.

Необходимо также отметить, что степень снижения показателей работы пластин при увеличении продолжительности выдержки тем больше, чем больше давление аргона. Износ как исходных, так и пластин после ТКО независимо от параметров происходит при одинаковых механизмах, следовательно, ТКО обуславливает скорости его проявления.

Характерные виды износа и разрушений исходных пластин SNMM 250724, после ТКО, а также пластин фирмы «Корлой» показаны на рис. 5.

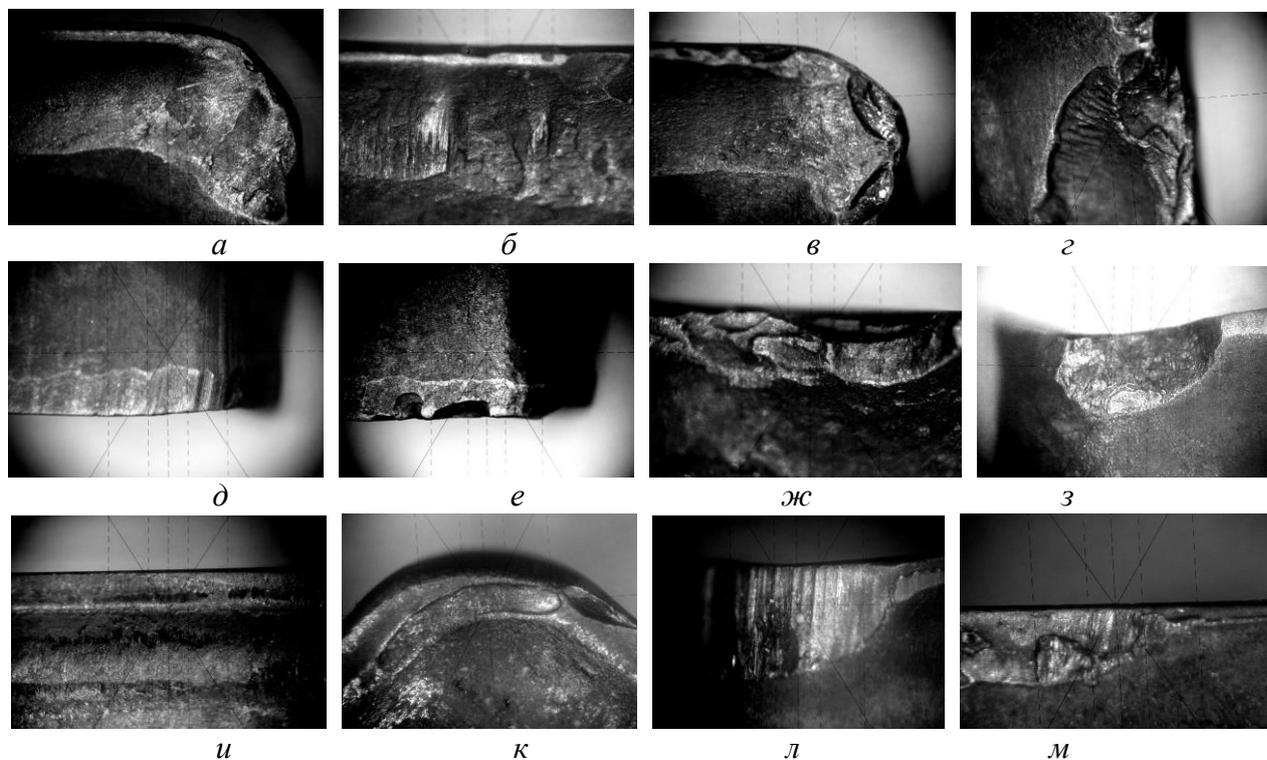


Рис. 5. Характерные виды износа пластин исходных SNMM 250724, после ТКО (а – д) и пластин фирмы «Корлой» (и – м)

Виды износа и разрушений пластин без фаски не исследовали. Износ пластин с фаской (№ 1Ф) и после ТКО в различных условиях происходит по адгезионному (рис. 5 а, б), абразивному (рис. 5 д, е), а также микро- и макроскалыванием (5 в, г, е-з) на передней и задней поверхностях. Большинство внезапных разрушений пластин происходит в результате уменьшения клина режущей кромки вследствие адгезионного и абразивного износа. В 12 – 15% случаев пластины разрушаются уже при обработке первой заготовки без следов проявления износа и разрушений (рис. 5 г, з).

Следует отметить, что доминирующим механизмом износа пластин из сплава Т5К10 как в исходном состоянии, так и после ТКО является адгезионный износ на передней поверхности. Так, при ширине лунки износа 2–2,5 мм размер ленточки износа на задней поверхности не превышает 0,5 мм, что допустимо при чистовом точении. Это и рыхлый вид изношенной поверхности режущей части пластин (рис. 5д) свидетельствуют о недостаточной твердости сплава Т5К10 как в исходном состоянии, так и после ТКО для таких условий работы. Микросколы режущей кромки по степени проявления занимают второе место, что также указывает на недостаточную пластичность.

Таким образом, ТКО в указанных интервалах параметров не влияет на механизмы износа режущей части пластины из сплава Т5К10 при черновом точении катаных заготовок вагонных осей, однако снижает скорость их проявления и тем больше, чем выше температура, сильнее давление аргона и короче продолжительность выдержки.

Важно также отметить и о разрушениях опорной поверхности пластин в процессе эксплуатации (рис. 6), степень которых снижается от исходной пластины фирмы «Победит»

до той же пластины после ТКО и пластины фирмы «Корлой». Наличие таких повреждений пластин может быть связано со значительным биением обрабатываемой детали в процессе обработки, а также низкой усталостной прочностью сплава Т5К10.

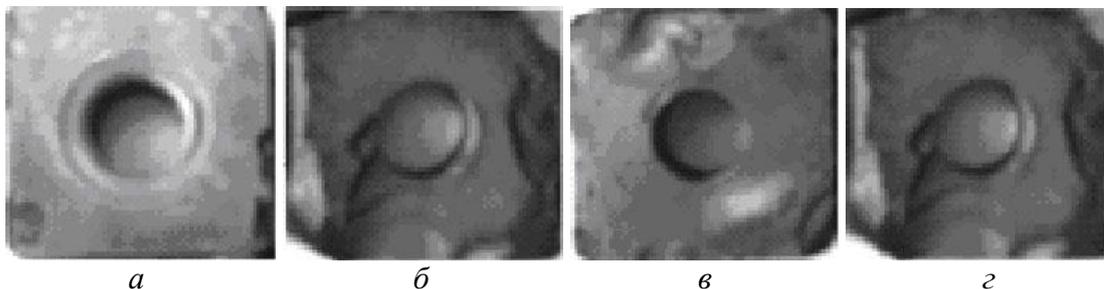


Рис. 6. Виды разрушения опорной поверхности пластин в процессе эксплуатации: а – № 2; б – № 1Ф после ТКО; в, з – № 1Ф, оптический микроскоп  $\times 1,25$ .

### Выводы

1. Низкая стойкость и стабильность при резания пластин SNMM 250724 из сплава Т5К10 при черновой обработке заготовок вагонных осей по сравнению с пластинами SNMM 250724-GH NC 330 фирмы «Корлой» обусловлены отсутствием износостойкого покрытия и специальной формы стружколома на ее рабочей поверхности.

2. Функциональная эффективность пластин фирмы «Победит» как в исходном состоянии, так и после ТКО снижается в следствие интенсивного адгезионного износа на передней поверхности пластин и абразивного по задней, в результате чего уменьшается размер режущего клина кромки и увеличивается количество микро- и макросколов.

3. Термокомпрессионная обработка под давлением аргона пластин SNMM 250724 способствует повышению их средней стойкости и стабильности работы и тем больше, чем больше давление аргона (2.0–4.5 МПа), выше температура (1430–1480 °С) и короче продолжительность выдержки (15–60 мин).

4. Для определения причин снижения качества работы пластин после ТКО под давлением аргона при увеличении продолжительности выдержки необходимы дополнительные исследования по влиянию этих параметров, а также вакуума на стадии его охлаждения на эволюцию структуры и свойств сплава Т5К10.

### Литература

1. Porat R., Malek J. Binder mean-free-path determination in cemented carbide by coercive force and material composition // Mater. Sci. Eng. A. – 1988. – V. 105/ 106, № 1/2. – P. 289–292.
2. Лошак М. Г., Александрова Л. И. Упрочнение твердых сплавов. – К.: Наук. думка, 1977.
3. Бондаренко В. П., Прокопив Н. М., Харченко О. В. Термокомпрессионная обработка твердых сплавов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – Вып. 7. – С. 252–256.
4. Прокопив Н. М., Романюха Н. А., Моючий А. Ф. Перспективы разработки в Украине тангенциальных пластин для обработки колесных пар // Инструмент. світ. – 2004. – № 2. – С. 9–12.
5. Бондаренко В. П., Прокопив Н. М., Павлоцкая Е. Г. Компрессионное спекание твердых сплавов при давлении азота до 1,2 МПа // Инструмент. світ. – 2000. – № 8. – С. 4.
6. Петасюк Г. А., Петасюк О. У. Компьютерно-программная система многовариантного построения и анализа эмпирических математических моделей LgAprox для применения в научно-прикладных задачах материаловедения // Порошковая металлургия: Республ. межвед. сб. науч. тр.– Минск.–2008.– Вып. 31.– С. 58–63.

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.