

СУЛЬФИДЫ И ФОСФИДЫ В КАЧЕСТВЕ ПОКРЫТИЙ НА ОДНО-, ДВУХ И ТРЁХКАРБИДНЫХ ТВЁРДЫХ СПЛАВАХ

¹Костюк Г.И., ²Тимофеев А.Г., ¹Торосян Г.Д.

¹Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»

²ХИМПРОМ, Харьков, Украина

В литературе есть значительное количество работ, посвященных экспериментальному получению наноструктур обзор которых представлен в работах; теоретические работы, но ни тени другие не рассматривают возможность получения наноструктур и наноструктурных покрытий из сульфидов и фосфидов (ионы серы и фосфора), которые также могут быть использованы для создания наноструктурных слоев и нанопокровтий, обладающих высокой износостойкостью при высоких температурах. Ранее изложенное показывает, что использование сульфидов и фосфидов магния в покрытиях может существенно повысить работоспособность магниевых сплавов особенно при высоких температурах, что для авиационной и автомобильной промышленности является актуальной и своевременной задачей.

Теоретически рассмотрена возможность образования сульфидов и фосфидов на твёрдых сплавах.

При действии ионов фосфида (P^+) и серы (S^+) на твердый сплав ВК6 объём нанокластера составляет от $9,08 \cdot 10^{-9}$ до $4,49 \cdot 10^{-24}$ м³ и от $8,49 \cdot 10^{-29}$ до $3,16 \cdot 10^{-24}$ м³ соответственно, а максимальная глубина залегания составляет от $9,05 \cdot 10^{-10}$ м до $2,42 \cdot 10^{-8}$ м тогда как минимальная от 0 до $2,42 \cdot 10^{-8}$ м и от 0 до $9,97 \cdot 10^{-24}$ м соответственно для ионов P^+ и S^+ . Видно, что большие значения соответствуют более лёгким ионам фосфора, а меньшие значения более тяжёлым ионам серы, но значения величин отличаются незначительно, что говорит о возможности при одной и той же энергии этих ионов получать слои практически одинаковых размеров на практически одинаковой глубине. Размеры нанокластеров находятся в пределах 3,62–18,8 нм (P^+) и 3,5–18,2 нм (S^+). Рассмотрены энергии ионов 200 эВ, 2000 эВ и 20 кэВ, меньшие значения соответствуют энергии 200 эВ, а большие 20 кэВ.

На рис 1. представлены зависимости объёма нанокластера (a), минимальной (b) и максимальной (c) глубины залегания НК от энергии иона фосфора (P) для пластин из Т15К6. Видно, что объём НК колеблется в диапазоне от $3,58 \cdot 10^{-28}$ до $8,56 \cdot 10^{-24}$ м³ (200 эВ, $z = 1$ и 20 кэВ, $z = 3$) соответственно, минимальная глубина залегания от $0-2,01 \cdot 10^{-8}$, максимальная – от $1,43 \cdot 10^{-9}$ до $3,25 \cdot 10^{-8}$ м (соответственно 200 эВ, $z = 1$ и 20 кэВ, $z = 3$).

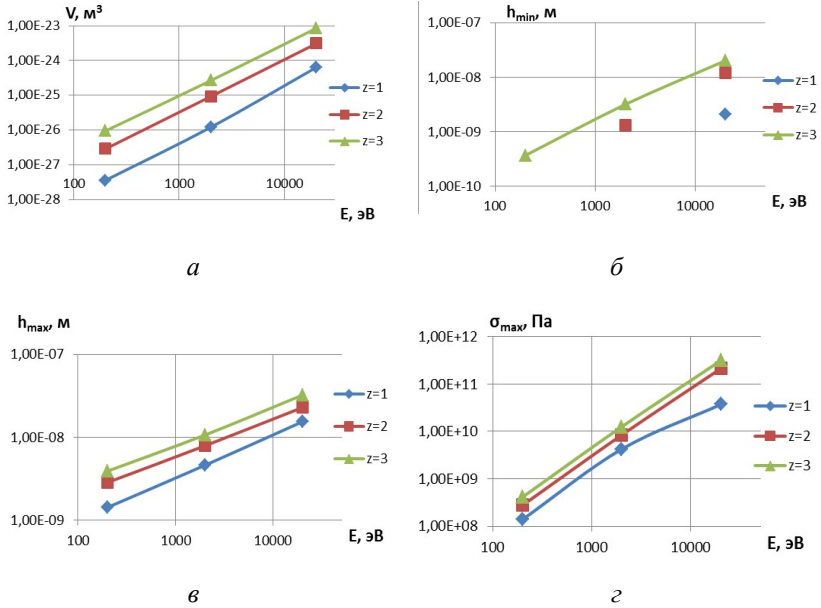


Рис. 1. Зависимости объема нанокластера (НК) (а), минимальной (б) и максимальной (в) глубины залегания НК и температурных напряжений (г) при действии ионов фосфора (P⁺) с различным зарядом ($z = 1, z = 2, z = 3$) для Т15К6

Переход к ионам серы (S^+) приводит к уменьшению объема НК до величин $3,58 \cdot 10^{-28} - 7,82 \cdot 10^{-24} \text{ м}^3$, минимальная глубина залегания составит $0 - 1,92 \cdot 10^{-8}$ а максимальная $1,4 \cdot 10^{-9} - 3,14 \cdot 10^{-8}$ м соответственно при $E_i = 200$ эВ, $z = 1$ и $E_i = 20$ кэВ, $z = 3$ (рис. 2).

Видно, что значения величин для этих ионов близки, но для фосфора они больше, так как атомный вес его меньше (30,97 ае) чем у серы (32,068) близкие значения сведены с небольшим отличием масс ионов. Всё это позволяет практически в одних слоях получать и фосфиды и сульфиды и этот слой повысит как износостойкость так и работоспособность при достаточно высоких температурах (до 2000 °С).

Реальный размер нанозерна для сульфидов колеблется от 5,6 до 26 нм, для ионов фосфора и от 5 до 24 нм. т.е. для фосфидов и сульфидов наноструктурные слои могут быть реализованы.

Рассмотрение трехкарбидного твердого сплава ТТ10К8Б в случае бомбардировки ионами P^+ и S^+ показывает, что объёмы НК составляют $2,18 \cdot 10^{-28} - 1,05 \cdot 10^{-23} \text{ м}^3$ (P^+) и $2,03 \cdot 10^{-28} - 9,44 \cdot 10^{-24} \text{ м}^3$ (S^+), минимальные

глибини залегання НК $0-4 \cdot 10^{-9}$ м, а максимальные $1,21 \cdot 10^{-9}-4,01 \cdot 10^{-8}$ м (P^+) и $1,18 \cdot 10^{-9}-3,91 \cdot 10^{-8}$ м (S^+).

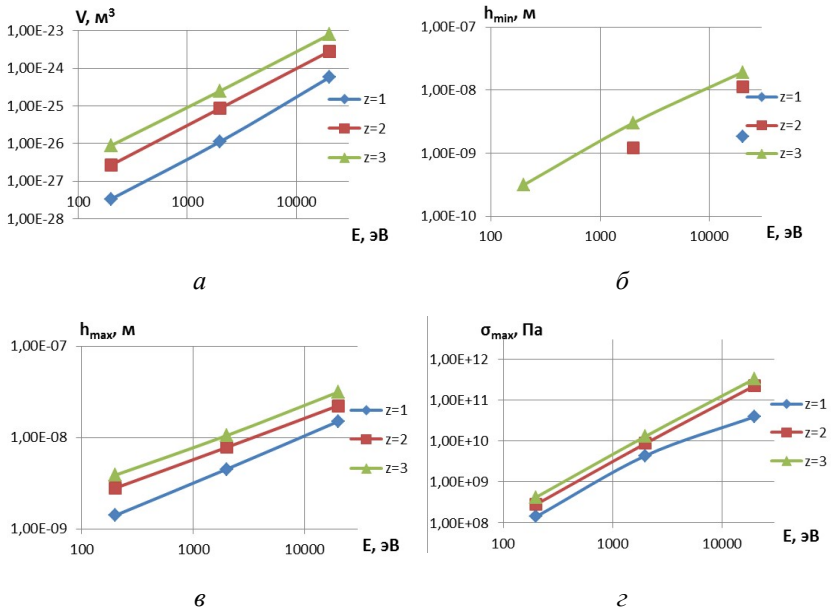


Рис. 2. Зависимости объема нанокластера (НК) (а), минимальной (б) и максимальной (в) глубины залегания НК, максимальных температурных напряжений (г) при действии ионов серы (P^+) с различным зарядом ($z = 1, z = 2, z = 3$) для Т15К6

В этом случае также есть возможность образовать слои сульфидов и фосфидов на одной глубине и обеспечить значительную износостойкость к абразивному износу при довольно высоких (до $2000^\circ C$) температурах, в этом случае размер зерна составляет $4,8-27$ нм (P^+) и $4,7-25$ нм (S^+).

Рассмотрена возможность образования фосфидов и сульфидов в однокарбидном твёрдом сплаве ВК6, двухкарбидном Т15К6 и трехкарбидном Т10К8Б позволяет оценить технологические параметры установки, при которых возможна реализация наноструктурных слоёв с существенно улучшенными физико-механическими характеристиками.

Применение ионов фосфора и серы позволит получать практически одинаковый объём зёрен и глубины их залегания, а значит есть реальная возможность создавать слои на твердых сплавах ВК6, Т15К6 и ТТ10К8Б одновременно успешно работающие при достаточно

высоких температурах (сульфиды) с высокой сопротивляемостью абразивному износу (фосфиды).

Показано, что при переходе от однокарбидного твёрдого сплава ВК6 к двухкарбидному Т15К6, а в дальнейшем и к трёхкарбидному ТТ10К8Б приводит к росту размера зерна и максимальной глубине залегания нанокластера.

Так как рост размера зерна при нагревании твёрдосплавной пластины реализуется в процессе нанесения покрытия (и очистки), а также при нагревании пластины при резании необходимо учитывать в режимах очистки нанесение покрытия и в процессе резания этот эффект приводит к тому, что необходимо иметь запас по размеру зерна для учёта его роста.

INFLUENCE OF ORIGINAL GRAIN SIZE IN MATERIAL CUTTING TOOL ON THE EFFICIENCY OF THE FORMATION OF NANOSTRUCTURES UNDER THE FEMTOSECOND LASER RADIATION

¹Kostyuk G., ²Popov V.

¹National Aerospace University named by N.Ye. Zhukovsky
"KhAP", Kharkiv, Ukraine

²Joint Stock Company "FED", Kharkiv, Ukraine

The dependences of maximum temperatures on the density of the heat flux generated by radiation ($q = 10^{12} \dots 10^{16} \text{ W/m}^2$ and $t = 10^{-16} \dots 10^{-17} \text{ s}$), which for MC306 are presented that at heat flux densities up to 10^{14} W/m^2 , temperatures are insufficient to obtain nanostructures, but in this case only at times $10^{-13} - 10^{-14} \text{ s}$ there is a real possibility of the formation of nanostructures. An increase in the heat flux density to 10^{15} significantly expands the range of technological parameters that make it possible to obtain nanostructures, and they can already be implemented in the time range from 10^{-16} to 10^{-10} s , and, therefore, to ensure the production of nanostructures in the material, moreover, at shorter times they are realized closer to the surface, and at longer times – on the material of the cutting tool [1, 2].

The results of similar studies are presented for CT from MC318 that the dependences retained their character, but the values of temperature stresses increased and even by significant values, which indicates a higher probability of destruction of the CT material, as well as a higher probability of the formation of nanostructures.

To assess the grain size and determine the probability of obtaining nanostructures, the grain volume was found and, taking into account the cri-