

69. Олейник, Н.В. Сопротивление усталости материалов и деталей машин в коррозионных средах / Н.В. Олейник, А.Н. Магденко, С.П. Скляр. – Киев: Наукова думка, 1987. – 198 с.
70. Романив, О.Н. Механика коррозионного разрушения конструкционных сплавов / О.Н. Романив, Г.Н. Никифорчин. – М.: Металлургия, 1986. – 293 с.
71. Эрозия: пер. с англ. / Под ред. К. Пирс. – М.: Мир, 1982. – 464 с.
72. Воробьев, В.В. Эрозионно-коррозионная усталость силовой системы типа поток жидкости-труба / В.В. Воробьев / Тр. IV-го Международного симпозиума по трибофатике (ISTF 2002), 23–27 сентября 2002 г., Тернополь (Украина) / Отв. ред. В.Т. Трощенко. – Тернополь: Тернопольский государственный технический университет имени Ивана Пулюя, 2002. – Т. 1. – С. 196–199.
73. Костюченко, А.А. О методике испытания трубной стали на усталость с учетом коррозионно-эрозионных процессов / А.А. Костюченко, В.В. Воробьев, Л.А. Сосновский // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2005. – Т. 71. – № 2. – С. 51–53.
74. Костюченко, А.А. Модель коррозионно-механической усталости трубной стали / А.А. Костюченко // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта (Материалы Международной научно-технической конференции, 7–29 июня 2006 г.). – Новополоцк, 2006. – С. 55–57.

Материал поступил в редакцию 04.06.09

SOSONOVSKIY L.A., VYSOCKIY M.S., SENKO V.I., BOGDANOVICH A.V., ELOVOY O.M., TJURIN S.A., DRAGAN V.I. Tribophatica methods of test: innovation of the decision

For an experimental estimation of mutual and joint influence of processes of friction and mechanical weariness on serviceability of materials and models of power systems in complex conditions workload in tribophatic the special methods depreciation-fatigue of tests are developed. The given work is devoted to the description of such methods. Thus is shown, that the methods of complex tests are based, as a rule, on innovation the decisions (ID), which are the inventions.

In work the regular statement specified ID is given, thus each of them is illustrated for the first time received (on their base) results of experimental researches. In essence, these results too are innovation, and they make the experimental bases tribophatic – new and perspective unit of the modern mechanics.

УДК 921.793

Девойно О.Г., Кардаполова М.А., Комаров А.И., Яцкевич О.К.

ФОРМИРОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ДИФфуЗИОННО ЛЕГИРОВАННОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Введение. Все важнейшие свойства керамических покрытий – износостойкость, адгезионная прочность, теплопроводность, изоляционная способность, стойкость к высокотемпературным нагревами, высокая чистота поверхности при шлифовке определяются микроструктурой и фазовым составом керамики [1]. Для реализации технологии получения покрытий с мелкозернистой и равномерной структурой, а также высокой прочностью сцепления с основой необходимы так называемые «идеальные» порошки с оптимальными свойствами: оптимальный размер частиц порошка, форма, равномерное распределение легирующих компонентов по объему или поверхности частиц.

Порошки для напыления могут быть получены как в процессе механического смешивания, так и определенной технологической подготовки. Однако большинство порошков не соответствует требованиям, предъявляемым к исходному сырью. Так, в частности, присутствие в порошках индивидуальных частиц приводит к образованию в плазменных покрытиях разноплотных областей с неоднородным распределением пор по размерам. Из таких порошков без применения специальных добавок и технологических приемов (прокаливания, измельчения, гранулирования) нельзя получить керамические покрытия с высокими эксплуатационными показателями [2, 3].

Для достижения необходимых свойств покрытий требуется применение дополнительных способов и технологических приемов по улучшению строения исходного порошка для напыления.

Предлагаемый способ диффузионного легирования является эффективным механизмом воздействия на фазовый состав и структуру исходного порошка. В качестве основы для керамического по-

крытия был выбран широко распространенный оксид алюминия, который подвергали диффузионному легированию бором. В качестве легирующего элемента был выбран бор, поскольку он обладает хорошими фрикционными свойствами.

Смешанные в определенном соотношении исходные компоненты засыпались в герметичный контейнер, который размещался в лабораторной установке. Контейнер, вращающийся со скоростью 60...90 мин⁻¹, подвергался изотермической выдержке при температуре 1100-1250°C, 1...2,5 часа.

В процессе диффузионной обработки происходит насыщение поверхностного слоя легирующими элементами и модификация первоначальной структуры керамических порошков.

Цель работы: изучение влияния диффузионного легирования оксида алюминия бором на формирование структуры и фазового состава полученных впоследствии плазменных керамических покрытий.

Методика исследования морфологии образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения "Mira" фирмы "Tescan" (Чехия). Микроскоп оснащен детекторами вторичных электронов и обратно отраженных электронов, которые позволяют проводить исследование образцов в двух режимах.

Исследование элементного состава проводилось с помощью микрорентгеноспектрального анализатора «INCA 350» фирмы «Oxford Instruments» (Англия). Определяемые элементы от В до U. Минимальный предел обнаружения элемента – 0,5%. Точный количественный анализ. Погрешность метода – 3–5 относительных процентов.

Девойно Олег Георгиевич, д.т.н., главный научный сотрудник НИИЛ плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета.

Кардаполова Маргарита Анатольевна, к.т.н., ведущий научный сотрудник НИИЛ плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета.

Яцкевич Ольга Константиновна, инженер кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусского национального технического университета.

Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

Комаров Александр Иванович, к.т.н., ведущий научный сотрудник государственного научного учреждения «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси».

Беларусь, ОИМ НАН Беларуси, 220072, г. Минск, ул. Академическая, 12.

Таблица 1. Состав исходных порошков Al_2O_3 и $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}$ и плазменных покрытий, сформированных на сталях из этих порошков, соотношение интенсивностей дифракционных линий (400) $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ и (113) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$

Образец	Фазовый состав	J_γ , имп	J_α , имп	J_γ / J_α
Исходный порошок Al_2O_3	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	-	8215	-
Диффузионно-легированный порошок $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}$	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (следы), B		15770	
Покрытие Al_2O_3 (отслоившееся)	внешняя поверхность: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	5743	3640	1,58
	внутренняя поверхность: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\alpha\text{-Fe}$ (540 имп)	6385	2822	2,26
Покрытие $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}$ (отслоившееся)	внешняя поверхность: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, B	6189	4537	1,36
	внутренняя поверхность: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, B, $\alpha\text{-Fe}$ (1683 имп), Fe_3B	7705	4449	1,73
Покрытие $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}$ на стали	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, B	7272	4792	1,52

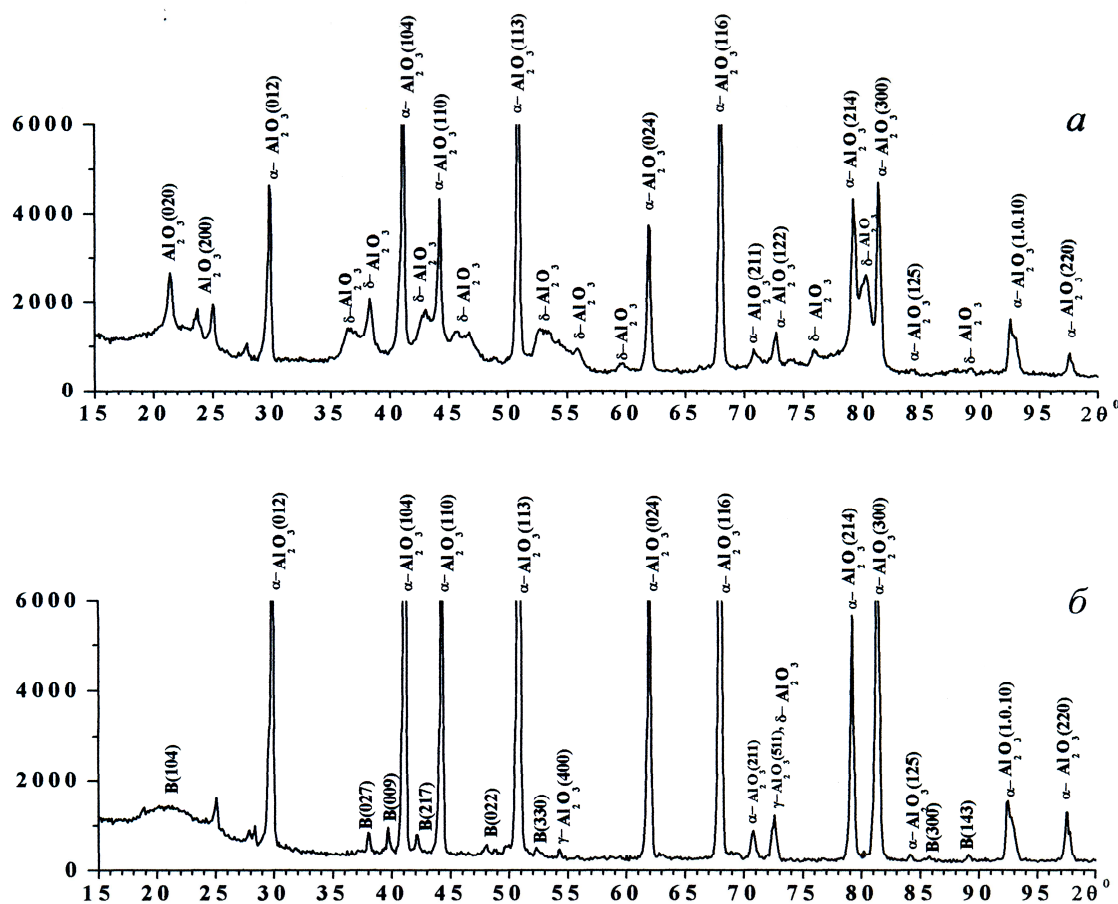


Рис. 1. Фрагменты дифрактограмм порошков Al_2O_3 до диффузионного легирования (а) и после легирования бором $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}$ (б)

Рентгеноструктурные исследования осуществлялись с использованием пакета прикладных программ «ARSANAL», который был разработан для автоматизированной обработки данных рентгеноструктурного анализа. Проведение съемок выполнялось в строго идентичных условиях на дифрактометре ДРОН-3,0 при скорости поворота образца 1 град/мин в кобальтовом монохроматизированном излучении.

Обсуждение результатов. При проведении рентгеноструктурного анализа ставилась задача проанализировать изменение количественного и качественного фазового состава порошка и покрытий после легирования оксида алюминия бором. Исследования позволили судить о том, в каком виде в порошке и покрытии находится бор, легирует ли он матрицу или содержится в виде отдельных частиц, присутствуют ли в образце соединения бора.

Изменение фазового состава частиц порошка до и после диффузионного легирования и покрытий, а также соотношение интенсивностей основных дифракционных линий (400) $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ и (113) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ представлено в таблице 1.

Рентгеноструктурный анализ показал изменение фазового состава частиц порошка после диффузионной обработки. Увеличивается доля высокотемпературной фазы $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в составе порошка за счет переходов по схеме $\gamma \rightarrow \delta \rightarrow \alpha$ начиная с $T \approx 960^\circ\text{C}$, путем постепенной перестройки кристаллической решетки [1]. Это подтверждается ростом интенсивности основных дифракционных пиков и отражено в таблице 1. Анализ температурного поля свидетельствует о том, что температурно-временные условия, создаваемые диффузионной обработкой, достаточны для протекания процесса фазового превращения материала и для фиксации в нем,

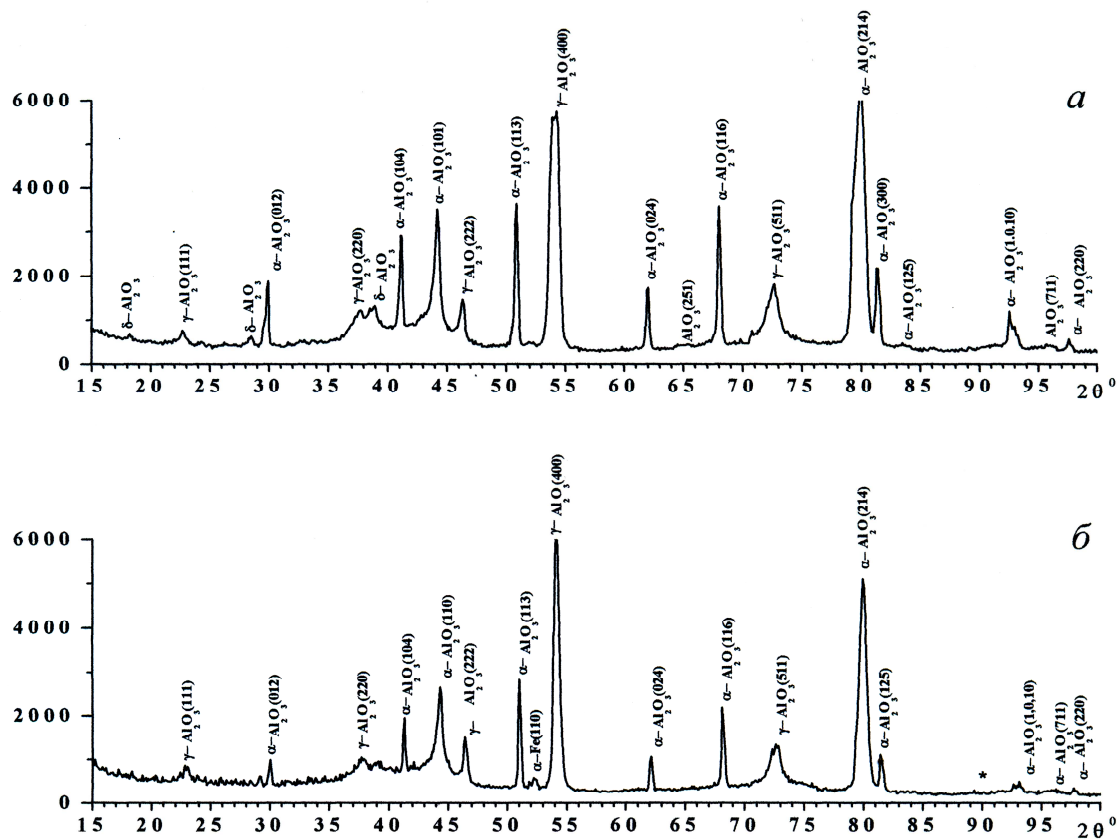
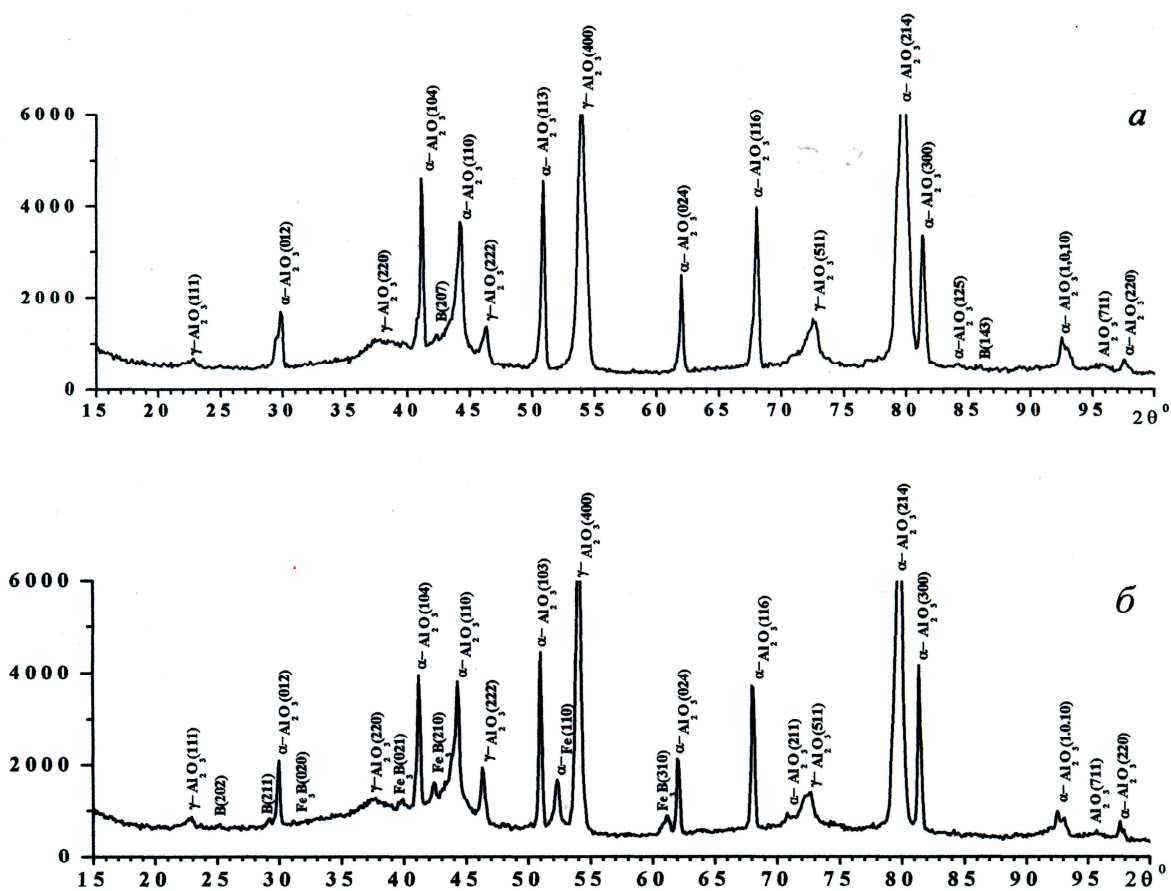


Рис. 2. Фрагменты дифрактограмм отслоившегося покрытия Al_2O_3 : а – внешний поверхностный слой, б – прилегающий к стали



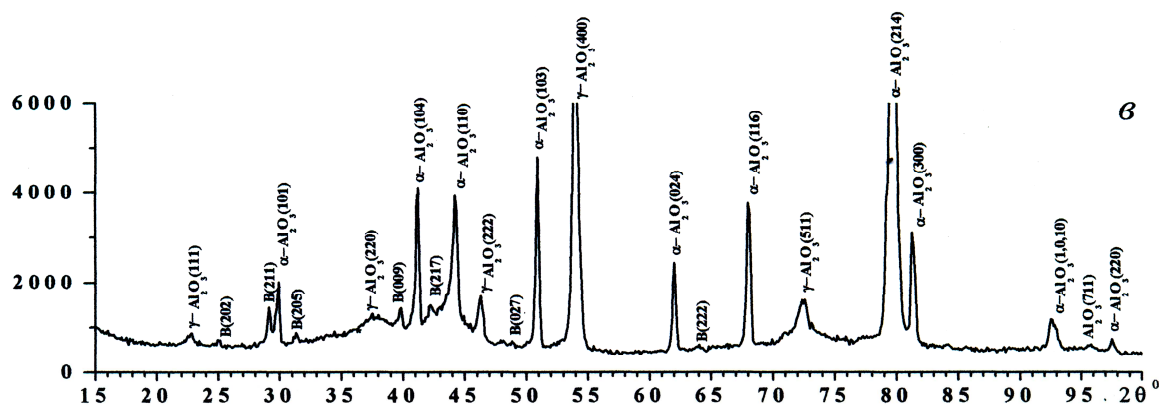


Рис. 3. Фрагменты дифрактограмм покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}$: а – внешняя поверхность отслоившегося покрытия; б – внутренние слои покрытия, примыкающие к стали; в – на поверхности стали

в основном, гексагональной α -модификации оксида алюминия. Поскольку на температуру и скорость полиморфных превращений оксида алюминия значительное влияние оказывают примесное соединения, то можно предположить, что присутствие бора снижает температуру перехода $\gamma \rightarrow \alpha$ и резко увеличивает скорость образования α -фазы. Бор присутствует как в порошке, так и в покрытии в чистом виде. На дифрактограмме легированного порошка выявлены линии бора, соединений бора не обнаружено.

Были исследованы также внешняя и внутренняя сторона покрытия. Соответствующие рентгенограммы покрытий из чистого оксида алюминия и легированного бором представлены на рисунках 2, 3.

При плазменном напылении в покрытии формируется как $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, так и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ – низкотемпературная фаза. Причем, первые слои на поверхности напыления, когда скорость охлаждения их наибольшая, формируются преимущественно из $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. В дальнейшем формируется и высокотемпературная модификация $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Однако в покрытиях из легированных керамических материалов доля высокотемпературной фазы значительно выше, по сравнению с покрытием из чистого оксида алюминия, не прошедшего диффузионную обработку.

Эксплуатационные характеристики оксидного покрытия Al_2O_3 связаны с фазовым составом. Увеличение содержания $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ значительно повышает износостойкость покрытия. Это позволяет сделать вывод о том, что диффузионное легирование оксида алюминия способствует повышению триботехнических характеристик покрытий.

При анализе дифрактограмм внешней и внутренней стороны покрытия были обнаружены линии $\alpha\text{-Fe}$ на внутренней его части (рис. 2,б и 3,б). Наличие данных линий объясняется диффузией железа из стальной подложки в покрытие. Причем, если сравнить интенсивности дифракционных линий $\alpha\text{-Fe}$, то у легированного бором покрытия интенсивность в 3 раза выше (540 имп. и 1683 имп.). Кроме того, на внутренней части покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{B}$ обнаружен борид железа, полученный в результате химического взаимодействия бора, содержащегося в покрытии, со стальной подложкой. Это подтверждает тот факт, что присутствие бора способствует более прочной химической связи керамического покрытия с основанием.

Заключение. Поскольку свойства покрытий в значительной мере закладываются технологией получения порошка для напыления, то применение диффузионно-легированного бором оксида алюминия обуславливает получение более износостойкого керамического покрытия с равномерной структурой и повышенной адгезией с основой.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бодяко, М.Н. Газотермическая обработка керамических оксидов / Ф.Б. Вурзель, Е.В. Кремко [и др.]: под ред. О.В. Романа. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 223 с.
2. Борисов, Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Справочник / Ю.А. Харламов, С.А. Сидоренко, Е.Н. Ардатовская – Киев: Наукова думка, 1987. – 544 с.
3. Самсонов, Г.В. Тугоплавкие покрытия / Т.В. Самсонов, А.П. Элик – М.: Металлургия, 1973. – 400 с.

Материал поступил в редакцию 01.07.09

DEVOINO O.G., KARDAPOLOVA M.A., KOMAROV A.I., YACKEVICH O.K. Formation of ceramic coverings and diffusion influence oxide of aluminum

The diffusive alloying is the effective mechanism of influence on phase composition and structure of powder for a plasma-flame ceramic coating. Tins research work deals with a alumina powders alloyed by boron. Use of such powders allows to obtain ceramic coating with excellent performances.

УДК 620.22:62-412(058)

Медведев О.А., Шипуль В.Н.

СПОСОБ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Состояние вопроса, цели и задачи исследования. Рациональный выбор заготовки является одной из важнейших задач, решаемых на начальном этапе технологической подготовки производства деталей машин. От правильности этого выбора в значительной мере зависит эффективность изготовления деталей. Обычно на производстве выбор заготовок производится путем сравнения расчетных стоимостей нескольких технически приемлемых заготовок, а часто и без выполне-

ния расчетных обоснований на основе опыта технолога или по рекомендациям справочной литературы. Однако такой выбор нельзя признать объективным, так как при этом не учитывается влияние вида и формы заготовки на себестоимость последующей обработки.

В ряде случаев обоснованный выбор заготовки можно сделать без расчета себестоимости детали, путем сравнения вариантов

Медведев Олег Анатольевич, к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения Брестского государственного технического университета.

Шипуль Виктор Николаевич, магистрант кафедры технологии машиностроения Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.