

УДК

**ПОВЫШЕНИЕ ТВЕРДОСТИ И АНТИФРИКЦИОННЫХ
СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ
ДЕТОНАЦИОННОГО НАПЫЛЕНИЯ СМЕСЬЮ ПОРОШКОВ
БрАЖ9-4 и Al_2O_3**

Е.Е. Петрова, магистрант гр. ТСм-131, II курс

Научные руководители: В.Л. Князьков к.т.н.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

О.С. Назаров, инженер-технолог (ООО «НПЦ ГМИК»)

г. Междуреченск

Поверхности втулок гидроцилиндров, опорных втулок стрел экскаваторов ЭКГ-5 и ГШ и т.д., изготавливаемых методом литья и последующей механической обработкой имеют недостаточную твердость и, зачастую, в результате воздействия высоких нагрузок - деформируются.

Представленные в работе [1] способы повышения твердости и антифрикционных свойств способом плазменно-порошковой наплавки слоя, модифицированного ультрамелкодисперсными частицами Al_2O_3 , наряду с высокими свойствами покрытия имеют ряд недостатков, таких как, разложение в процессе наплавки некоторой части частиц Al_2O_3 , высокое качество покрытий достижимо в узком интервале режимов, наличие основного металла в наплавленном, снижает антифрикционные свойства таких покрытий. Применение детонационного напыления взамен плазменного, вследствие значительного различия технологических особенностей, а именно: отсутствие перемешивания основного и напыляемого металлов, малое, относительно плазменно-порошкового способа время контакта веществ в нагретом состоянии, значительно снижает склонность ультрамелкодисперсных частиц Al_2O_3 к разложению. При детонационном нанесении покрытий, вследствие циклического характера процесса, температура нагрева детали, как правило, ниже уровня структурных изменений, прочность сцепления напыленного слоя может достигать 200-240 МПа. Гипотеза заключается в том, что высокие антифрикционные свойства и твердость частиц Al_2O_3 в сочетании с основой из антифрикционного сплава БрАЖ9-4 могут сформировать, в результате напыления, покрытие с новыми свойствами.

Детонационное напыление выполняли на автоматической установке «Объ» при следующих параметрах: давление воздуха 0,2 – 0,18 МПа, расход воздуха $G < 0,01$ кг/с; давление кислорода 0,14 МПа, расход – $< 0,002$ кг/с;

давление ацетилен 0,135 МПа, расход - <0,001 кг/с; давление пропан-бутана 0,135 МПа, расход – <0,001 кг/с.

Основные характеристики ультрамелкодисперсных частиц керамики Al_2O_3 , представлены в таблице 1. При напылении на поверхность образца из стали 20, использовали смесь частиц Al_2O_3 и порошка ПР-БрАЖ9-4-3 (фракция 20 – 40 мкм), свойства порошка представлены в технических условиях [2].

Таблица 1. – Основные характеристики порошка Al_2O_3

Наименование показателя	Норма для марок
	Марка А
Внешний вид	Высокодисперсный по- рошок белого цвета
Структура кристалла	Бемит
Размер кристаллитов, Å, не более	1 000
Удельная специфическая поверхность, m^2/g , в пределах	10 ÷ 400

Состояние керамического порошка Al_2O_3 перед применением исследовали в лаборатории физики ГОУ ВПО Томского архитектурно-строительного университета методом просвечивающей электронной микроскопии с помощью угольных реплик. Просмотр угольных реплик, на которые осаждали исследуемые порошки, осуществляли на электронном микроскопе ЭМ-125 при ускоряющем напряжении 125 кВ и рабочих увеличениях в колонне микроскопа от 25 000 до 80 000 крат.

Характеристики керамического порошка Al_2O_3 более подробно описаны в работе [3].

В таблице 2 представлены результаты спектрального анализа напыленных слоев с различным процентным соотношением Al_2O_3 .

Таблица 2. – Химический состав напыленного слоя Al_2O_3 +ПР-БрАЖ9-4-3

Напыляемые материалы	Доля химических элементов (%)			
	Fe	Al	Cu	Примеси
1:9	3,072	6,244	88,98	1,704
2:8	3,014	7,308	88,36	1,318
3:7	3,276	8,535	86,75	1,439
4:6	3,131	7,917	87,36	1,592
5:5	3,458	8,872	86,20	1,470

Показано, что в процессе напыления в атмосфере смеси ацетилена (C_2H_2) и пропан C_3H_8 - бутана C_4H_{10} , происходит неравномерное распределение элементов Fe, Al, Cu.

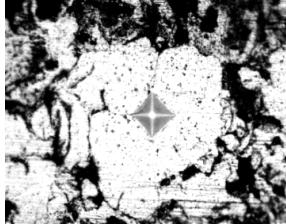
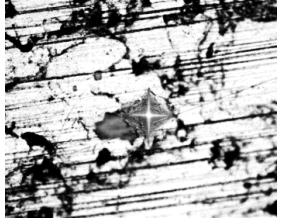
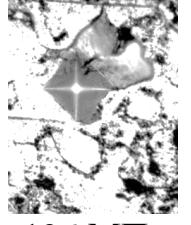
Исследование микротвердости проводили в лаборатории КузГТУ на кафедре «Технологии машиностроения». Измерения выполняли в 9-и точках (в каждой, не менее 4-х измерений) прибором Dura Scan по ГОСТ 9450-76 вдавливанием наконечника (четырехугольной пирамидой с квадратным основанием) под нагрузкой 0,1 кг приложенной в течение 15 с при увеличении 10 крат, результаты измерений микротвердости и характер микроструктуры представлены в таблицах 3 и 4.

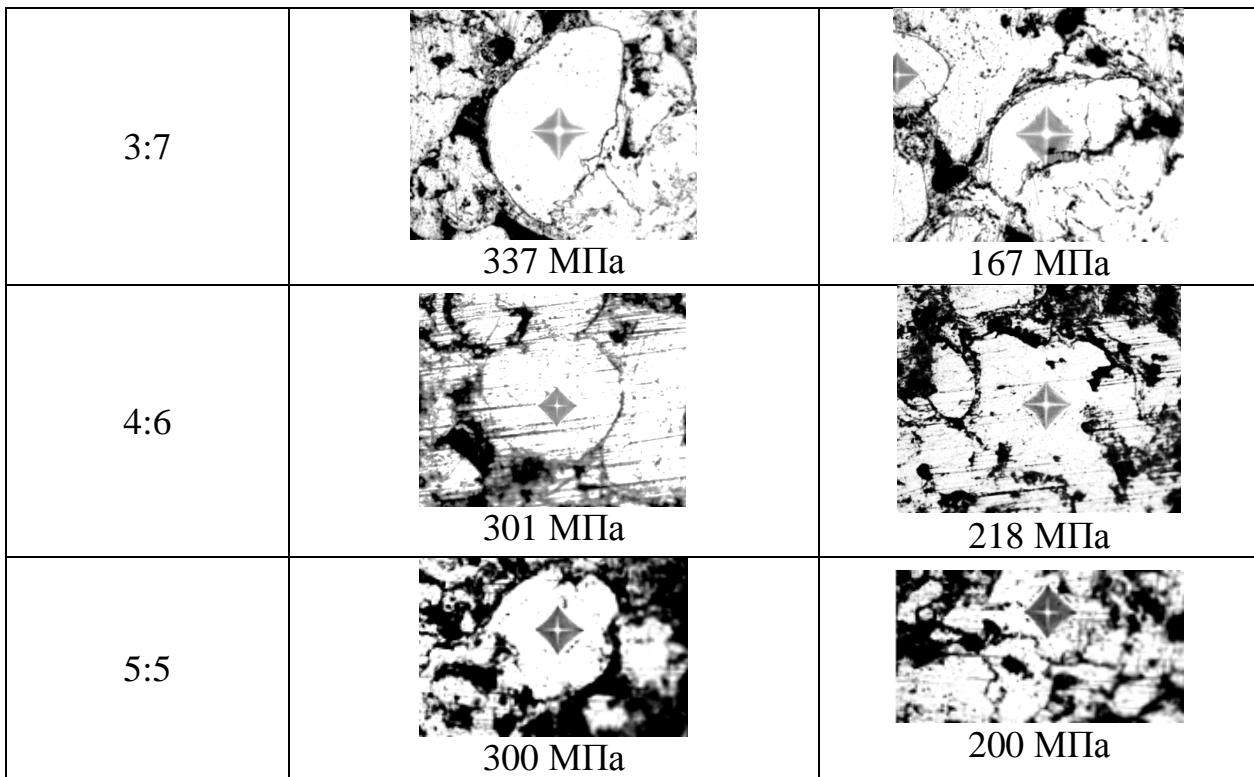
Результаты измерений обработаны методами математической статистики.

Таблица 3. – Микротвердость поверхности напыленного образца, HV

Содержание компонентов	Расстояние между точками, мм									Среднее значение	Среднее отклонение	В МПа
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5			
1:9	202	200	222	213	209	297	222	239	220	224,8889	29,5315	
2:8	309	196	198	254	263	247	251	214	321	250,3333	44,2041	
3:7	267	301	167	169	337	270	179	301	218	245,4444	64,0198	
4:6	258	240	289	280	235	218	295	301	248	262,6667	29,6226	
5:5	263	300	275	213	270	271	200	235	235	251,3333	32,4769	

Таблица 4. – Характер структуры напыленного детонационным методом слоя

Содержание Al ₂ O ₃ и ПР-БрАЖ9-4-3	Max		Min	
	Снимок	Нагрузка	Снимок	Нагрузка
1:9		297 МПа		200 МПа
2:8		321 МПа		196 МПа



Видно (рисунок 1), что наибольший разброс значений микротвердости соответствует отношению 3:7, более высокие и стабильные значения микротвердости с незначительным разбросом, получены при детонационном напылении порошков в соотношении 4:6.

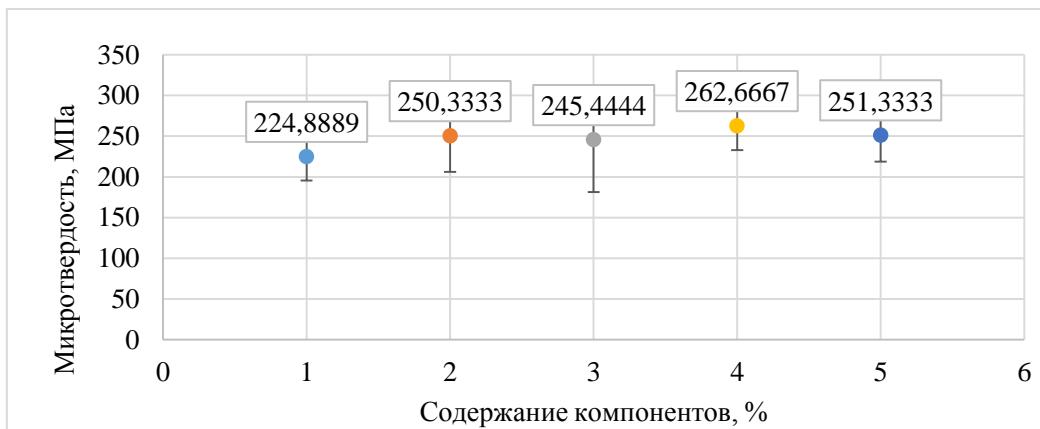


Рисунок 1. Влияние процентного содержания Al_2O_3 на микротвердость (Al_2O_3 и ПР-БрАЖ9-4-3): 1 – 1:9; 2 – 2:8; 3 – 3:7; 4 – 4:6; 5 – 5:5

Следует отметить, что полученные результаты значений микротвердости, которые представлены в таблице 3, характеризуются высоким разбросом и зависят от структуры поверхности. Однако микротвердость модифицированного слоя выше, чем немодифицированного, что свидетельствует об эффекте упрочнения.

Топографию напыленной поверхности исследовали в лаборатории КузГТУ на сканирующем туннельном микроскопе, на напыленной поверхно-

сти с содержанием 10% Al_2O_3 . Исследование выполняли на наноуровне, необходимо отметить, что данный эксперимент выполняли на не шлифованном осколке напыленной поверхности.

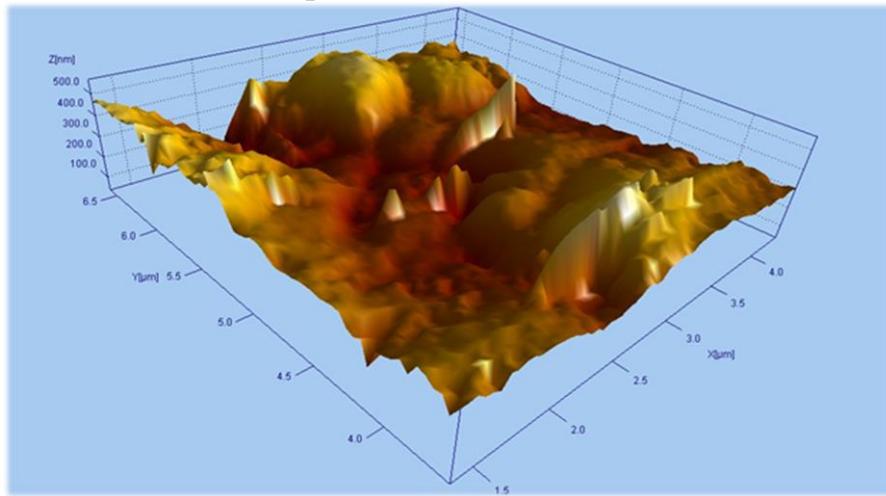


Рисунок 2. Осколок напыленной поверхности в сканирующем туннельном микроскопе НТК «УМКА» (разрешение 10^{-8})

Установлено (рисунок 2), что выступы на поверхности имеют овальную форму и составляют 500 нм. Как можно предположить, что отдельные выступы, являются нерасплавленными частицами порошка или зернами. Размер которых составляет $1,25 \times 0,5 \times 500$ нм (рисунок 3).

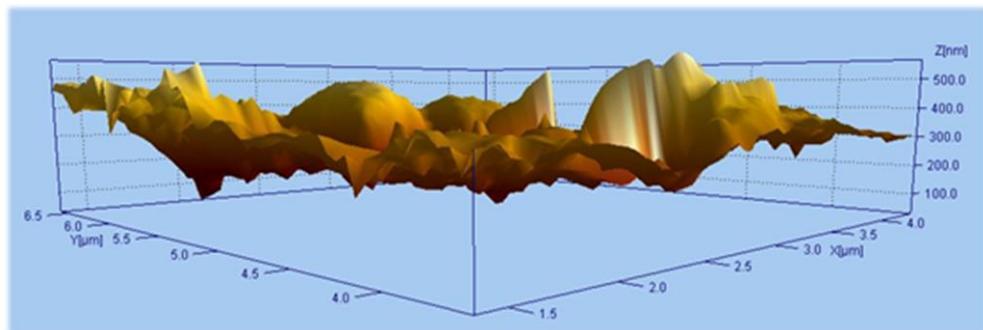


Рисунок 3. Размер осколка в сканирующем туннельном микроскопе по оси Z (разрешение 10^{-8})

Выводы:

1. Применение детонационного напыления с содержанием 40 % Al_2O_3 привело к незначительному повышению микротвердости напыленного слоя, что подтверждает гипотезу о возможности повышения износостойкости путем использования Al_2O_3 .
2. При детонационном методе напыления, частицы порошков полностью не расплавляются.

3. Для повышения твердости, износостойкости и антифрикционных свойств модифицированного слоя необходимо проведение дополнительных исследований.

Список литературы:

1. Князьков В.Л., Смирнов А.Н., Козлов Э.В., Радченко М.В., Князьков К.В., Мазалов Ю.А. Плазменно-порошковая наплавка слоя бронзы, модифицированного наноразмерными частицами Al_2O_3 . Сборник докладов 13-й международной научно-практической конференции «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано до макроуровня». Санкт-Петербург 2011 г. Ч. 1. С. 157-163.
2. ТУ 2133-001-76634032-2006. Алюминия оксигидроокись (бемит). – М.:АЛЮМ-Э, 2006. – 18 с.
3. Смирнов А. Н. Экспертиза промышленной безопасности в Сибирском регионе. – М.: Машиностроение, 2015. – С. 192-198.