

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ПРИ ГАЗОПЛАМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ

И. М. Крижевский

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научные руководители: М. Н. Верещагин, И. В. Агунович

Целью данной работы было исследование особенностей структурообразования износостойких покрытий из металлических сплавов при высокоэнергетической обработке и их механических свойств.

Нанесение покрытий методом газопламенного напыления производилось на подложки из сталей 51ХВ4 и 65Г.

Подготовка поверхности перед нанесением покрытий производилась методом дробеструйной обработки. Данный метод является наиболее эффективным и производительным, обеспечивающим как очистку поверхности от адсорбированных масляных и оксидных пленок, так и активацию основы вследствие интенсивного перенаклепа. Применялись следующие режимы дробеструйной обработки: давление воздуха 0,6 МПа, диаметр сопла 8 мм, дистанция 40–50 мм. Использовалась чугунная колотая дробь ДЧК-1,8 ГОСТ 11964–81 со средним размером 1,8 мм.

Газопламенное напыление покрытий производилось на установке «ТРУ-БИ» производства БНТУ. В качестве газов были использованы МАФ, кислород и воздух. Температура факела составляет приблизительно 2800 °С. Скорость частиц на выходе около 200 м/с.

В качестве напыляемого материала применялся порошок металлического сплава системы Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC, размер фракции – 30–50 мкм.

Исследовались следующие виды образцов (табл. 1).

Виды исследуемых образцов

Вид образца	Подложка	Напыление
1	т.о. сталь 51ХВ4	Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC
2	сталь без т.о. 51ХВ4	Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC
3	сталь 65Г	Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC

Рентгеноструктурный и рентгенофазный анализы выполнялись на дифрактометре «ДРОН-3» в монохроматическом СоК α -излучении.

Изучение микроструктуры проводилось согласно ГОСТ 8233–56 на оптическом микроскопе с увеличением $\times 500$. Микротвердость покрытий оценивалась на приборе ПМТ-3.

Микроструктура покрытий представлена на рис. 1–3.

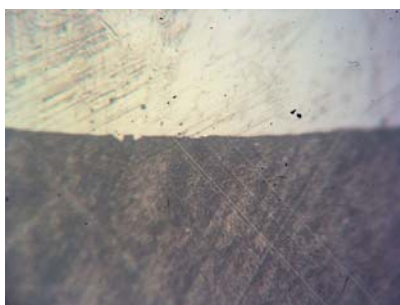


Рис. 1. Микроструктура образца № 1, $\times 500$

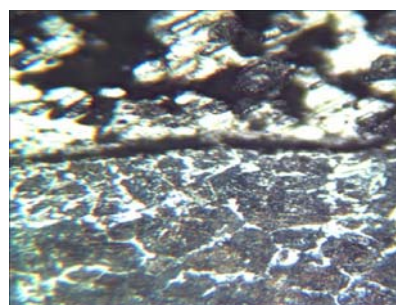


Рис. 2. Микроструктура образца № 2, $\times 500$

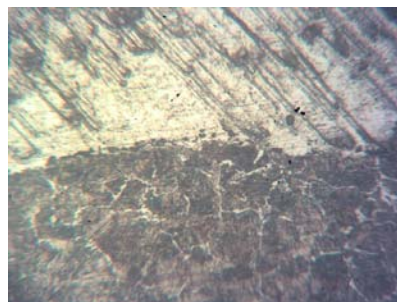


Рис. 3. Микроструктура образца № 3, $\times 500$

Как видно из представленных снимков, граница покрытия и подложки является менее выраженной. Данный факт свидетельствует о более высоких адгезионных свойствах.

Микроструктура полученных покрытий является сложной и многофазной. Распределение частиц различных химических элементов по покрытию – гетерогенное.

Структура покрытий Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC, полученных газопламенным напылением, предполагает следующие фазы: FeCr, FeCrMo, WC, бориды Fe₂B, Ni₂B, Co₂B, силицид FeSi. Расположение пор по объему покрытий неравномерно. С глубиной слоя покрытия пористость уменьшается, минимальная пористость наблюдается вблизи контакта покрытия с поверхностью подложки. В среднем пористость составила: образец 1 $\approx 8\%$, образец 2 $\approx 24\%$, образец 3 $\approx 17\%$.

Исследование микротвердости покрытий показало, что распределение микротвердости по толщине покрытия неравномерно и максимальная микротвердость наблюдается вблизи контакта покрытия с поверхностью подложки, что связано с неравномерным распределением пористости по объему покрытий.

Значения микротвердости приведены в табл. 2.

Таблица 2

Микротвердость покрытий и подложки

Номер образца	Максимальная микротвердость покрытия, ГПа	Средняя микротвердость покрытия, ГПа	Микротвердость подложки у поверхности, ГПа	Микротвердость подложки, ГПа
Образец 1	9,7	8,5	5,9	5,3
Образец 2	10,6	8,9	5,4	4,7
Образец 3	11,4	9,7	3,7	2,4

Следует отметить, что микротвердость подложек также изменялась по толщине. Максимальное значение микротвердости подложек наблюдалось на поверхности, т. е. в непосредственной близости с покрытием. Это связано с тем, что часть элементов из покрытия проникает в подложку на глубину $\approx 35\text{--}40$ мкм, что также способствует повышению адгезионных свойств.

В результате проведенных исследований было определено:

- Микроструктура полученных покрытий является сложной и многофазной. Структура покрытий Fe–Ni–Co–Cr–Mo–B–Si+WC, полученных газопламенным напылением, предполагает наличие следующих фаз: FeCr, FeCrMo, WC, боридов Fe₂B, Ni₂B, Co₂B, силицид FeSi.

- Микротвердость покрытий распределяется неравномерно. Максимальная микротвердость наблюдается вблизи контакта покрытия с поверхностью подложки.

- Распределение пор по объему покрытий неравномерно. С глубиной напыленного слоя пористость уменьшается, минимальная пористость наблюдается в месте непосредственного контакта с поверхностью подложки.