

Рис. Микроструктура борохромированной:  
а – боротитанированной, б – проволоки Ст 70 по ГОСТ 9389-75, х50

За счет присутствия бора при наплавке наблюдается флюсование сварочной ванны, снижается количество пор. Наблюдается прирост твердости, поскольку введенные легирующие элементы значительно замедляют распад аустенита.

#### Литература

1. Земсков, Г.В. Многокомпонентное диффузионное насыщение металлов и сплавов/ Г.В. Земсков, Р.Л. Коган. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
2. Борисенко, Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справ. Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин; под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.

УДК 621.791.92

## НАНЕСЕНИЕ ДВУХСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ

**В.И. Сороговец**

*ОАО «Завод горного воска», г.п. Свислочь Минской обл.;*

**Ю.С. Богданов**

*ОАО «ЛМЗ Универсал», Солигорск*

**Введение.** Плазменное напыление – один из способов повышения эксплуатационной надежности и долговечности деталей машин. Обусловлено это, прежде всего, тем, что при этом способе напыления в качестве напыляемого материала возможно применение порошков, способных придать покрытию высокие показатели износо-, тепло-, и коррозионной стойкости [1].

Различные условия изнашивания определяют значительное разнообразие требований к химическому составу напыляемых материалов. Для условий абразивного изнашивания применяются напыляемые материалы с высоким содержанием углерода и значительным количеством сильных карбидообразующих элементов. Для ударно-абразивного изнашивания используются материалы, химический состав которых характеризуется более низким, чем в предыдущей группе, содержанием углерода и наличием никеля или марганца. Они также содержат карбидообразующие элементы, преимущественно хром. Для работы при ударных нагрузках наибольшую износостойкость обеспечивают наплавочные материалы со значительным включением никеля или марганца, не содержащие активных карбидообразователей. В условиях трения металла по металлу более предпочтительны средне- и высокоуглеродистые наплавочные материалы, легированные хромом для создания мартенситной структуры [2]. Для этих целей разработана широкая номенклатура порошковых смесей для напыления при различных условиях изнашивания. Однако все эти смеси имеют довольно высокую стоимость, что приводит к значительной стоимости покрытия, особенно при нанесении покрытия на крупногабаритные детали. Кроме того, важным фактором при выборе материала для напыления является коэффициент термического расширения наносимого материала и материала основы. Если не учесть коэффициент термического расширения основы и слоя, то после нанесения материала может произойти такая деформация покрытия, при которой оно отойдет от основы [3]. Одним из способов устранения этих недостатков является нанесение двухслойных покрытий. Подслой обладает высокой прочностью сцепления с основой и имеет низкую стоимость, а верхний слой – высокой износостойкостью и твердостью.

**Целью исследований** являлось изучение технологических особенностей формирования двухслойного покрытия на крупногабаритных деталях.

**Материалы и методика исследований.** Для исследований были выбраны два способа: плазменная наплавка проволокой и газопорошковое напыление. Такой выбор обусловлен невысокой себестоимостью обеих технологий и их особенностями: плазменная наплавка проволокой позволяет получать покрытия достаточно большой толщины (до 5...6 мм); газопорошковое напыление – покрытия толщиной менее 1 мм.

В качестве исследуемых материалов использовались проволока Св08Г2С и диффузионно-легированный бором порошок на основе стали 45 фракцией 100...160 мкм с содержанием бора 3...4 %.

Скорость перемещения источников формирования покрытий подбиралась таким образом, чтобы два процесса происходили согласованно, т.е. источники двигались с равными скоростями.

Дефектный слой и толщина переходной зоны исследовались на макро- и микрошлифах.

**Результаты и обсуждение.** На рис. 1 представлен график зависимости толщины переходной зоны от расстояния между двумя источниками формирования покрытия. При расстоянии между источниками 30 мм толщина переходной зоны составляет 5 мм, что связано с тем, что подслоя находится в жидком состоянии, и наблюдается сильное перемешивание слоев. При увеличении расстояния подслоя кристаллизуется, и толщина заметно снижается. Дальнейшее увеличение расстояния не приводит к значительному увеличению толщины, которая находится в пределах 1 мм.

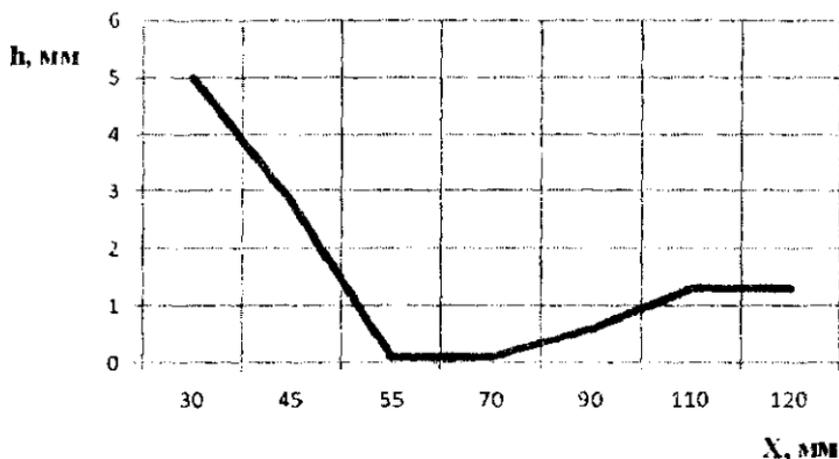


Рис. 1. Изменение толщины переходной зоны

Еще одной особенностью данного способа нанесения является образование на поверхности подслоя оксидов и шлаков, которые приводят к появлению дефектного слоя между слоями. Поэтому при выборе расстояния между источниками необходимо учитывать этот фактор. Дефектный слой (рис. 2) присутствует даже при малых расстояниях. Это связано с тем, что подслоя в жидком состоянии взаимодействует с кислородом окружающей среды. Однако при расстоянии 70 мм наблюдается резкий рост

толщины дефектного слоя. Причиной этого может служить окончательная кристаллизация подслоя.

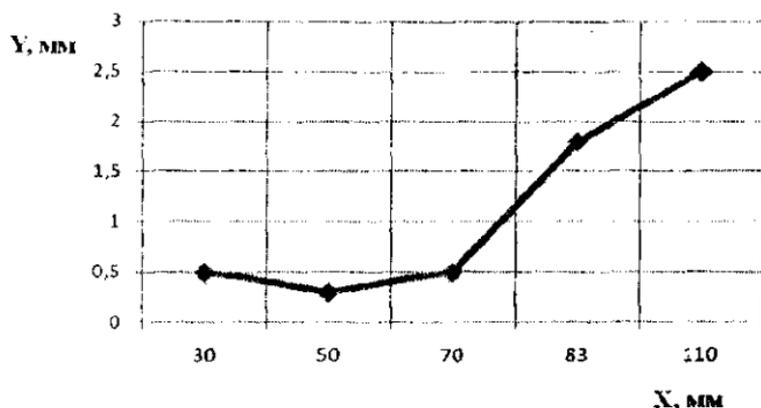


Рис. 2. Изменение толщины дефектного слоя

**Вывод.** Установлено влияние расстояния между двумя источниками формирования покрытий (плазменного и газопламенного) на качество получаемого двухслойного покрытия. По результатам эксперимента рекомендуемая величина расстояния между согласованными источниками (плазменным и газопламенным) – 50...70 мм. Оптимизация режимов нанесения двухслойных покрытий позволяет снизить количество дефектов и тем самым сохранить высокое качество таких покрытий.

### Литература

1. Воронкова, М.Н. Упрочнение и восстановление деталей оборудования промышленности строительных материалов плазменным напылением: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.03.06 / М.Н. Воронкова; Белгородский гос. тех. ун-т. – М., 2005. – 17 с.
2. Елагина, О.Ю. Регулирование процесса структурообразования при наплавке с целью повышения сопротивления механическому изнашиванию: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.03.06; 05.02.01 / О.И. Елагина; РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. – М., 2004. – 45 с.
3. Ладжи-Горяев, Р.А. Исследование и совершенствование технологии восстановления шеек колесчатых валов судовых дизелей плазменным напылением проволокой из марганцовистой стали: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.04 / Р.А. Ладжи-Горяев; Астраханский гос. тех. ун-т. – Астрахань, 2006. – 17 с.