

# Материаловедение в машиностроении

УДК 621.785.5

## Исследование структуры и свойств инструментальных сталей после боросилицирования в обмахках при различных параметрах

Ситкевич М.В., Кузменко Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время в производственную практику все шире внедряются новые прогрессивные методы изготовления технологической оснастки, позволяющей в значительной степени сократить затраты, уменьшить расход дефицитной инструментальной стали, повысить стойкость инструмента. В результате разработки диффузионно-активных обмазок открываются перспективы их применения для повышения стойкости крупногабаритного инструмента (штампов горячего и холодного деформирования, металлоформ литья различных сплавов и др.), упрочнить который другими методами затруднительно. При этом важное значение имеет исследование закономерностей формирования свойств различных типов диффузионных покрытий на штамповых сталях разного уровня легированности. Это позволит обоснованно выбрать тот или иной процесс ХТО, позволяющий наиболее существенно увеличить долговечность инструмента, работающего в конкретных условиях эксплуатации.

В настоящей работе приведены результаты разработки процесса боросилицирования при различных параметрах и исследования свойств боросилицированных сталей в обмахках. Как известно, боридные слои обладают высокой твердостью и износостойкостью, но при этом обладают высокой хрупкостью. Поэтому, основной целью проведенного исследования было добиться такого соотношения боридов и силицидов при которых показатель хрупкости значительно понижался. При диффузионном упрочнении использовались борлирующие обмазки [1], в состав порошковой части которых вводилось 20, 40, 60% SiC.

Испытания проводились на образцах сталей: 45, У8, 5ХНМ, ХВГ. Насыщение происходило при температуре 900°С в течение 4 часов. В результате такого режима формируются диффузионные покрытия, толщина которых в пределах 70 - 100 мкм, в зависимости от состава обмазки и марки стали.

В случае боросилицирования в смеси с 20% SiC диффузионные слои имеют характерное для борирования игольчатое строение [2]. При увеличении доли SiC в поверхностный слой диффундирует наряду с бором повышенная доля атомов кремния, что приводит к появлению в структуре диффузионных слоев значительной доли силицидных фаз. Микроструктурный анализ показывает, что при боросилицировании в смеси с 60% SiC формируются диффузионные слои, структура которых значительно отличается от боросилицированных при 20% SiC. В строении боросилицированных слоев полученных в смеси с 60% SiC наблюдается различный характер конгломератного соотношения боридных и силицидных фаз, особенно вблизи границы светлого диффузионного слоя с темной диффузионной переходной зоной.

Структурные изменения, имеющие место в результате боросилицирования при различных параметрах ХТО, существенно сказываются на показателях микротвердости и микрохрупкости диффузионных слоев. Микротвердость боридных фаз определялась с помощью прибора ПМТ-3 (табл. 1).

Высокие показатели микротвердости имеют место в случае борирования, это связано с находящей вблизи поверхности фазой FeB с микротвердостью 1700 - 1900. Под слоем фазы FeB располагается зона фазы Fe<sub>2</sub>B, твердость которой несколько ниже – на уровне 1300-1500. В случае боросилицирования в смеси с 20% SiC микротвердость поверхностных слоев как раз и соответствует микротвердости фазы Fe<sub>2</sub>B и находится на уровне 1300 на образцах сталей 45, У8, на уровне 1500 на сталях 5ХНМ и ХВГ.

Изменение структурного состояния боросилицированных слоев очень заметно сказывается на микрохрупкости, которая определялась по напряжению скола при вдавливании алмазной пирамиды прибора ПМТ-3 по методике, описанной в работе [3]. При этом напряжение скола определялось по формуле:

$$\sigma_{ск} = \frac{0,174p}{2t^2 + tc}$$

где  $p$  – нагрузка на пирамиду, кг;  
 $t$  – расстояние от центра отпечатка пирамиды до грани образца, мм;  
 $c$  – диагональ отпечатка пирамиды, мм;

$$c = \frac{\sqrt{1850p}}{H_p}$$

где  $H_p$  – микротвердость  $p$ , кг/мм<sup>2</sup>.

Табл.1

Вид ХТО	Марка стали	Напряжение скола, $\sigma_{ск}$ МПа, ( $p=0,49H$ )	Микротвердость, $H_{0,49}$
Боросилицирование (20% SiC)	45	1305	1380
	У8	925	1330
	5ХНМ	950	1530
	ХВГ	890	1330
Боросилицирование (40% SiC)	45	2145	1290
	У8	2870	1260
	5ХНМ	3490	1490
	ХВГ	4010	1580
Боросилицирование (60% SiC)	45	6670	1100
	У8	7015	1200
	5ХНМ	9365	1230
	ХВГ	8125	1140

Так, наиболее твердая поверхностная зона из фазы FeB боридного слоя обладает и наиболее высокой хрупкостью (минимальный уровень напряжения скола). В случае боросилицирования в смеси с 20% SiC при снижении микротвердости всего на 20-25%, относительно борирования (до уровня 1300-1500, что характерно фазе Fe<sub>2</sub>B), напряжение скола

увеличивается в 2,5 - 3 раза, что свидетельствует о значительном повышении сопротивлению хрупкому разрушению диффузионно-упрочненных поверхностей деталей при их работе в условиях динамических воздействий в процессе изнашивания. Если получать боросилицированные детали в смеси с 60% SiC, то при относительно высокой микротвердости 1100-1200, сопротивление сколу увеличивается в 7 - 8,5 раз по сравнению с боросилицированными с 20% SiC (табл.1).

Таким образом, получая отличающиеся по структуре диффузионные слои с различным соотношением боридных и силицидных фаз можно в значительной степени влиять на сопротивление хрупкому разрушению поверхностных слоев деталей, эксплуатирующихся в реальных условиях в парах трения, при периодических или постоянных ударных воздействиях. Так, если процесс изнашивания протекает в условиях сравнительного невысокого уровня периодически проявляющихся ударных воздействий, можно использовать процесс боросилицирования в смеси с 20% SiC. В случае, если в парах трения постоянно имеют место значительные динамические воздействия, во избежания скола диффузионно-упрочненных поверхностей целесообразно получать боросилицированные слои, состоящие из конгломерата боридных и силицидных фаз. Такие диффузионные слои можно сформировать в случае боросилицирования в разработанных порошковых смесях и обмазках с содержанием в смеси 60% SiC.

## Литература

1. Ситкевич, М.В., Бельский, Е.И. совмещенные процессы химико-термической обработки с использованием обмазок. – Мн.: Высшая школа, 1987 с.72-82.
2. Бельский, Е.И., Ситкевич, М.В., Понкратин, Е.И., Стефанович В.А. Химико-термическая обработка инструментальных материалов. – Мн.: Наука и техника, 1985. – 248 с.
3. Григоров, П.К., Каханов, Б.Б. Методика определения хрупкости борированного слоя. – В сб. Трудов НИИТМАШ: Повышение надежности и долговечности деталей машин. Вып. 16. Ростов н/Д., с. 97-98.