



### Borating Pressure Die Casting Moulds

*New coating composition including amorphous boron makes it possible to speed up the borating process with oven heating, cutting the time down to a half or a third as compared to the existing coatings. To simplify the technological process borating is combined with steel hardening. Due to the new technology the durability of steel moulds increases twofold as compared to traditionally hardened moulds.*

## БОРИРОВАНИЕ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Существующие способы химико-термической обработки (ХТО) — азотирование и борирование, обеспечивающие повышенную работоспособность деталей в условиях трения и износа, требуют сложного и дорогостоящего оборудования. Ученым удалось упростить и удешевить процесс борирования, используя новый состав обмазки и совместив его с закалкой сталей.

**В.О. Костик**, к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение»,

**Е.А. Литус**, ассистент кафедры «Литейное производство», НТУ «ХПИ», г. Харьков

Задача повышения устойчивости пресс-форм для литья под давлением приобретает все большее значение в связи с эксплуатацией изделий в условиях трения, тепловых и механических нагрузок, в агрессивной среде. В настоящее время разработано большое количество методов поверхностного упрочнения, основанных на нанесении покрытий или изменении состояния поверхности. Среди них широкое использование находит химико-термическая обработка (ХТО), в частности борирование.

**Под химико-термической обработкой понимают нагрев и выдержку металлических материалов при высоких температурах в химически активных средах (твердых, жидких или газообразных), в результате чего изменяются химический состав, структура и свойства поверхностных слоев.**

Актуальным является поиск таких методов, которые значительно сокращают процесс ХТО без ухудшения свойств обрабатываемого изделия и не требуют специального оборудования. Для решения этой проблемы необходимо подобрать насыщенные составы, которые ускоряют процессы ХТО, и разработать технологии, реализуемые без специального оборудования. Решение этих вопросов поз-

волит обеспечить необходимое качество продукции и значительно снизить энергозатраты на ее производство.

Установлено, что борирование сталей значительно повышает их износостойкость. Борирование — это процесс, в результате которого бор диффундирует в поверхность металла. Толщина диффузионного слоя, а, следовательно, и толщина упрочненного слоя поверхности изделия, является наиболее важной характеристикой химико-термической обработки. Толщина слоя определяется рядом таких факторов, как температура и продолжительность процесса насыщения, хим.состав стали, градиент концентраций насыщенного элемента между поверхностью изделия и в его глубине.

Для борирования использовали пасту, толщиной до 3 мм, содержащую нанодисперсный полиборид магния и активаторы, которую наносили на подготовленные образцы. Процесс борирования изучали при печном нагреве. Температуру нагрева выбирали в диапазоне 800–1000 °С. Выдержка по времени варьировалась от 15 до 120 мин. После борирования проводили закалку от температуры ХТО с последующим низким отпускком для частичного снятия внутренних напряжений.

В зависимости от эффективности материала для борирования на поверхности черного металла образуются соответствующие однофазные или двухфазные слои.

Рентгеноструктурный анализ показал, что при всех температурах и различной продолжительности процесса диффузионный слой состоит из двух боридов — FeB с твердостью 21–22 ГПа и Fe<sub>2</sub>B с твердостью 18–16 ГПа. Следовательно, поверхностная твердость не зависит от температуры и времени борирования. С повышением температуры диффузионные процессы ускоряются, и толщина слоя боридов увеличивается, главным образом, за счет роста переходной зоны. Но при этом укрупняется зерно, что ухудшает свойства сердцевины детали. Ниже 800 °С борирование проводить не имеет смысла из-за очень медленной диффузии. Температура влияет на распределение твердости по толщине борированного слоя: чем выше температура, тем медленнее изменяется твердость в переходной зоне, что предупреждает скалывание твердого и довольно хрупкого слоя боридов.

Проанализировав влияние температуры борирования на толщину и твердость диффузионного слоя, а также учитывая необходимость упрощения технологического процесса, мы пришли к выводу, что **для инструментальных сталей рационально совмещать нагрев под закалку с процессом борирования.**

В связи с малой растворимостью бора в железе при борировании сталей У8 и У12 практически сразу на поверхности формируется слой боридов Fe<sub>2</sub>B, имеющий вид игольчатых кристаллов (рис. 1), которые строго ориентированы перпендикулярно поверхности насыщения. По мере дальнейшего насыщения бором (более 15 мин) на поверхности формируется еще один слой боридов FeB. С увеличением времени борирования от 15 до 120 мин клинья боридов становятся шире, что приводит к соединению их друг с другом, а боридные иглы растут вглубь стали, преимущественно по границам зерен. Для высокоуглеродистой стали У12 характерно появление, на определенном расстоянии от поверхности, перистых выделений боро-карбидной фазы в виде «усов» (на рис. 1 показаны стрелками).

Для выбора оптимальной продолжительности борирования были проведены эксперименты с выдержкой при температурах борирования от 15 до 120 мин (табл. 1). Зависимость толщины слоя боридов от продолжительности борирования для различных сталей приведена на рис. 2. На графике видно, что скорость прироста толщины слоя боридов существенно зависит от состава стали: она уменьшается с увеличением содержания углерода

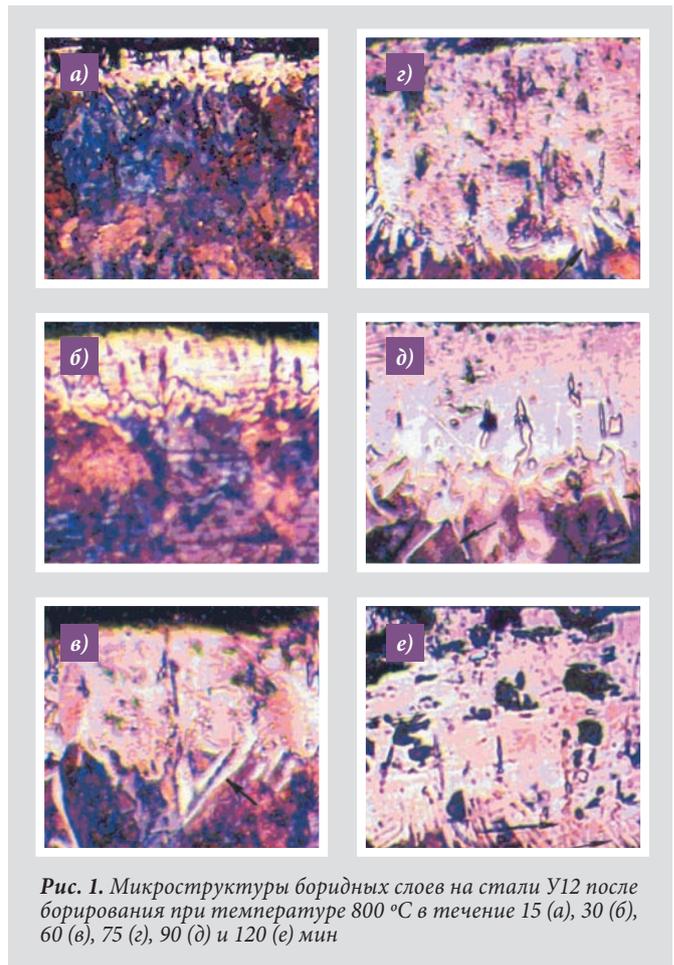
Таблица 1

**Влияние продолжительности борирования стальных изделий на толщину боридного слоя**

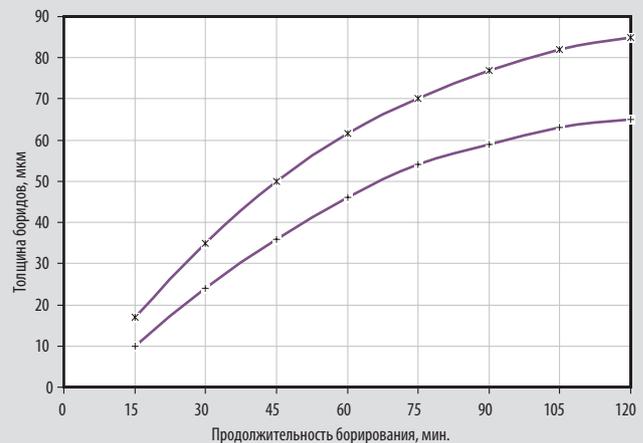
Сталь для борирования	Температура борирования, °С	Толщина слоя боридов, мкм, при продолжительности борирования, мин						Поверхностная твердость, ГПа
		15	30	45	60	90	120	
У8	800	17	35	50	62	77	85	21
У12	800	10	24	36	46	59	65	21

и составляющих элементов. Приведенные на рис. 2 кривые позволяют выбирать время борирования в зависимости от условий эксплуатации деталей.

**Борирование пресс-форм из сталей У8 и У12 для литья под давлением алюминиевых, цинковых и магниевых сплавов позволяет повысить:**



**Рис. 1.** Микроструктуры боридных слоев на стали У12 после борирования при температуре 800 °С в течение 15 (а), 30 (б), 60 (в), 75 (г), 90 (д) и 120 (е) мин



**Рис. 2.** Зависимость толщины слоя боридов от продолжительности борирования для сталей У8 и У12

- ♦ их устойчивость в 2–3 раза по сравнению с пресс-формами, которые изготавливаются по традиционным технологиям;
- ♦ твердость, износостойкость и коррозионную устойчивость деталей в процессе эксплуатации. ☞