

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕИ,
РАБОТАЮЩИХ В АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ ПРИ БОЛЬШИХ РАБОЧИХ ДАВЛЕНИЯХ

В настоящей работе изучали линейный износ облицовочных пластин пресс-форм прессов, применяющихся для изготовления силикатных изделий. Пластины из базовой малоуглеродистой стали 20 подвергали химико-термической обработке согласно технологической цепочке: цементация в твердом карбюризаторе в течение 10 часов + электролизное борирование в расплаве буры при температуре 960°C и плотности $i = 0,15 \text{ а/см}^2$ в течение 1,5; 3 и 6 часов + закалка из соляной ванны с температуры 840°C в различных закалочных средах. Для некоторых изделий в качестве окончательной обработки рекомендовали двухчасовой отпуск при температуре 200°C .

Пластины устанавливали в гнезда пресса, развивающего максимальное давление $\sim 200 \text{ кг/см}^2$. В качестве абразивной составляющей смеси использовали кварцевый песок со средним размером фракций около 0,2 мм. После 30 дней непрерывной работы комплект пластин переворачивали и использовали обратной стороной снова в течение месяца. Испытанные пластины имели в зоне максимального давления ощутимый износ, предельная величина которого изменялась от 100 до 750 микрон в зависимости от выбранной технологии химико-термической обработки.

В табл. I представлены данные по эффективной линейной скорости изнашивания рабочего слоя цементированных пластин для основных вариантов химико-термической обработки.

Т а б л и ц а I

Линейный износ, $\epsilon \times 10$ микрон изделие	Режим обработки после борирования	Закалка от 840°C в масле	Закалка от 840°C в воде	Закалка в масле + отпуск	Закалка в воде + отпуск
	Без борирования		15,0	17,0	-
Борирование 1,5 часа		3,3	3,0	2,9	2,7
Борирование 3 часа		2,2	2,0	1,8	1,6
Борирование 6 часов		2,0	1,9	1,7	1,5

Из данных таблицы видно, что эффективная сопротивляемость износу изделий, обработанных по наименее трудоемкой технологии (борирование в течение 3 часов с последующей закалкой в воде) мало отличается от таковой для пластин, борированных в течение более длительного времени или подвергнутых окончательному низкотемпературному отпуску.

Высокая концентрация углерода в цементированном поверхностном слое значительно снижает диффузию бора внутрь активного слоя, в результате чего толщина борированного слоя соответственно составила: при продолжительности выдержки 1,5 часа - до 20 микрон; 3 часа - 60 микрон; 6 часов - 100 микрон. В прилежащей к борированному слою зоне отмечали выделение большого количества карбидных включений различной морфологии. При закалке такого сплава в воде с температуры 840°C указанная переходная зона получает в основном мартенситное строение при неизменной плотности первичных карбидных выделений.

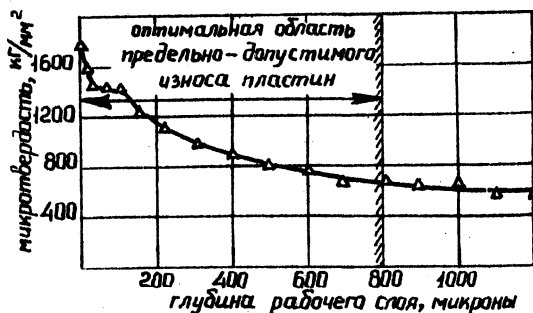


Рис. I. Изменение микротвердости рабочего слоя пластин, обработанных по режиму: цементация на глубину 1,3 мм + борирование при 960°C в течение 3 часов + закалка в воде с температуры 840°C

Распределение микротвердости по сечению такого сплава представлено на рис. I. Закалка не оказывает сколь-нибудь заметного влияния на качество и макросвойства тонкого борированного слоя. Эффективная микротвердость последнего составила 1400 единиц, а при приближении к поверхности обнаруживается некоторое ее

повышение за счет увеличения содержания более твердой высокобористой фазы FeB . Весь цементируемый подслоя делится по характеру изменения микротвердости на две зоны, где большая твердость зоны, прилегающей к границе раздела "борированный слой - матрица", свидетельствует о положительном совместном влиянии углерода и бора на износостойкое качество переходной зоны. Мартенситно-карбидная структура расположена до глубины порядка 700 - 1000 мк, что обеспечивает высокую твердость этой переходной зоны и, следовательно, требуемое сопротивление внедрению зерна кварцевого песка (твердость с поверхности при вдавлении алмазного конуса составила 64 - 68 единиц HRC).

При эксплуатации обработанного по данной технологии малоуглеродистого материала борированный слой в зоне больших давлений подвергается интенсивному воздействию частиц абразива. В случае недостаточно твердого подслоя (HRC < 60 единиц) при большом числе асимметричных сжимающих циклов нагружений чаще всего под диффузионным слоем возникает очаг усталостного разрушения в виде микротрещины. Кроме того, необходимо учитывать первородное качество самого борированного слоя. Так, при выдержке в ванне борирования в течение 1,5 часов износостойкий слой накрывает подслоя фрагментарно, и абразив может достаточно легко разрушать мартенситно - карбидную основу. С другой стороны, отклонение от режимов закалки после борирования может привести к нарушению сплошности борированного слоя и образованию микротрещин. Наличие микротрещин в рабочем слое материала предопределяет преждевременный окол борированного слоя зернами абразива вдоль направления истечения. Возникший очаг поражения слоя инициирует дискретный локальный износ, который распространяется на соседние участки тем быстрее, чем меньше твердость подслоя.

Как показывают результаты эксперимента, толщина борированного слоя в 50 - 70 мк является оптимальной и при высоком качестве самого слоя и необходимой твердости подслоя обеспечивает стойкость, составляющую не менее 2/3 от общего времени работы пластины до предельно допустимого износа.

Увеличение толщины борированного слоя до 100 микрон за счет выдержки при борировании в течение 6 часов незначительно повышает ресурс работы материала, так как преобладающая в слое твердая и хрупкая фаза FeB довольно быстро скалывается абразивом

при действующих рабочих давлениях. В то же время окончательный низкотемпературный отпуск несколько увеличивает для всех режимов химико-термической обработки износостойкость материала, вероятно, за счет более благоприятного распределения внутренних напряжений в слоях. Однако указанные виды дополнительной обработки значительно повышают стоимость изделий.

Решение задачи оптимизации технологии химико-термической обработки пластин из малоуглеродистой стали с применением линейного программирования показывает, что с точки зрения минимальной себестоимости силикатных изделий оптимальной является следующая технология: цементация на глубину около $\sim 1,3$ мм + электролизное борирование при температуре 960°C в течение 3 часов + закалка с повторного нагрева от температуры 840°C в воде.