

## СТОЙКОСТЬ ЦЕЛЬНЫХ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ С БОРИДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

И.Б. Обунеев, Б.Д. Лыгденов, А.М. Гурьев

Химико-термическая обработка (ХТО) является одним из эффективных и широко применяемых в промышленности методов повышения надежности и долговечности ответственных деталей машин, инструмента и технологической оснастки.

В настоящее время химико-термическая обработка имеется на любом машиностроительном предприятии, тем не менее, можно однозначно утверждать, что она делает лишь свои первые шаги, а ее возможности практически не ограничены [1].

Широкое промышленное применение получили лишь традиционные процессы насыщения: азотирование, цементация, нитроцементация, цианирование.

ХТО применяют в основном с целью поверхностного упрочнения металлов и сплавов (повышает твердость, износостойкость, усталостную и коррозионноусталостную прочность, сопротивление кавитации и т.д.);

По сравнению с другими методами поверхностной обработки металлов (дробеструйный наклеп, накатка роликами, индукционная, газопламенная и электролитная закалка, лазерная обработка и т.д.) химико-термическая обработка имеет ряд существенных преимуществ:

1. Химико-термической обработке можно подвергать детали любых размеров и конфигураций. При других методах поверхностного упрочнения, например, при накатке роликами или закалке ТВЧ, размеры и особенно форма играют исключительно важную роль. Как правило, детали сложной конфигурации подвергать поверхностному упрочнению этими методами весьма сложно или вообще невозможно.

2. При химико-термической обработке достигается гораздо большее различие в свойствах сердцевины и поверхностных слоев, чем при других методах поверхностной обработки. Это обусловлено тем, что при механических и термических методах поверхностного упрочнения изменяется только строение (структура) поверхностных слоев, а при химико-термической обработке кроме того изменяются (причем весьма существенно) и их химический состав.

3. Основная опасность, реальная при всех термических методах поверхностного

упрочнения - перегрев поверхности, при химико-термической обработке или отсутствует, или может быть устранен последующей термообработкой.

В то же время химико-термической обработкой изделиям можно придать такой комплекс эксплуатационных свойств, достижения которого объемным легированием или невозможно (азотирование, борирование), или экономически невыгодно (хромирование, хромониобирование и т.д.).

Поэтому можно утверждать, что широкое промышленное внедрение, особенно новых высокоэффективных процессов химико-термической обработки является важной народнохозяйственной задачей.

Целью настоящей работы было изучение стойкости лезвийного инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 за счет создания поверхностного боридного покрытия. Покрытия были получены при совмещении отпуска с низкотемпературным борированием после закалки.

Стойкостные испытания проводились на проходных прямых резцах, имеющих следующую геометрию режущей части: передний угол  $10^{\circ}$ , главный и вспомогательный задний углы -  $8^{\circ}$ , главный угол в плане -  $45^{\circ}$ , вспомогательный -  $30^{\circ}$ . С целью исключения влияния условий закрепления режущей пластины эксперименты проводились на цельных резцах сечением  $12 \times 12$  мм<sup>2</sup>. Материал обрабатываемых заготовок - прокат диаметром 40 мм в состоянии поставки из стали 12Х18Н10Т. Режимы резания: глубина резания - 1 мм, подача - 0,1 мм/об, скорость резания изменялась в пределах 10-25 м/мин. За критерий износа была принята величина износа по задней поверхности - 0,5 мм.

Испытания показали, что стойкость резцов с покрытием во всем диапазоне изменения скоростей была выше, чем стойкость резцов, подвергнутых стандартной термообработке. Например, при скорости 25 м/мин стойкость резцов с покрытием была зафиксирована в пределах 60-65 мин, а без покрытия 14-16 мин. Сколов поверхностного слоя не наблюдалось.

Для проверки надежности сцепления покрытия с материалом резца были опробованы режимы, при которых процесс резания со-

проводился интенсивной вибрацией. Случаев скола поверхности упрочненных слоев и хрупкого разрушения режущей кромки не наблюдалось.

Таким образом, эксперименты показали высокую износоустойчивость боридных слоев, их надежное сцепление с материалом резца и высокую ударную прочность режущей части инструмента при вышеуказанных условиях течения.

Также приведены результаты анализа распределения бора в диффузионных слоях, полученных в процессе борирования. Экспериментально определен большой градиент изменения концентрации бора (порядка  $10^3$  % мкм) в диффузионных слоях  $\text{FeB} \rightarrow \text{Fe}_2\text{B} \rightarrow$  переходная зона  $\alpha$  - твердого раствора. При этом изменение содержания бора непосредственно в указанных зонах незначительно (рисунок 1).

Теоретический анализ экспериментальных кривых распределения бора проводился с применением графо-аналитического метода, описанного в работе И.И. Теумина.



Рисунок 1 – Микроструктура боридных покрытий (х 175)

При анализе были сделаны допущения по ограничению конечными интервалами толщин диффузионных слоев в пределах  $h_1 \leq h \leq h_2$ . Здесь  $h_1 > 0$ , но достаточно близко к нулю, а  $h_2 < \infty$ .

Зависимость распределения бора по толщине диффузионных слоев может быть описана приближенной аналитической зависимостью вида:

$$B(x) = B_1 \cdot \exp(-k_1 \cdot x) - B_2 \cdot \exp(-k_2 \cdot x) - B_3 \cdot x^n \cdot \exp(-k_3 \cdot x) + B_4 \cdot \exp(-k_4 \cdot x) \cdot \sin(w \cdot x - \varphi), \quad (1)$$

где  $B(x)$ ,  $B_1 \dots B_4$ , %;  $w$ ;  $k_1 \dots k_4$ , 1/мкм;  $x$ , мкм;

$n$  и  $\varphi$  - безразмерные коэффициенты.

Первый член в данной зависимости характеризует распределение бора в диффузионных слоях. Второй, третий и четвертый члены, вероятно, учитывают образование  $\text{FeB}$ ,  $\text{Fe}_2\text{B}$  и переходной зоны.

Данная зависимость (в допустимых пределах погрешности) может быть применена при описании распределения микротвердости диффузионных слоев»

Вычисление численных значений коэффициентов производилась на ЭВМ с применением стандартного пакета прикладных программ.

Для максимального режима борирования, выше которого нарушается сплошность матрицы, зависимость (1) имеет следующий вид:

$$B(x) = 172,5 \cdot \exp(-0,0068 \cdot x) - 174,0 \cdot \exp(-0,0300 \cdot x) - 1,97 \cdot \exp(-0,030 \cdot x) \cdot x^{1,3} - 46,0 \cdot \exp(-0,0052 \cdot x) \cdot \sin(0,0174 \cdot x - 8,1800). \quad (2)$$

Таким образом, применение известных и типовых характеристик и пакета прикладных программ позволяет аналитически описывать с допустимой погрешностью химический состав поверхностных слоев при борировании инструментальных сталей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ворошнин Л.Г., Менделеева О.Л., Сметкин В.А. Теория и технология химико-термической обработки металлов. Мн.: БНТУ, 2004. 168 с.

*Восточно-Сибирский государственный технологический университет*

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.*