

УДК 621.785.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДА НА КИНЕТИКУ РОСТА БОРИРОВАННЫХ СЛОЕВ

Асмаловский Даниил Романович ⁽¹⁾, Ишмаметов Дмитрий Амирович ⁽²⁾

Бакалавр 4 курса ⁽¹⁾, аспирант 2 курса ⁽²⁾

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.С. Помельникова,

доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»

Основной причиной успешного применения и широкого распространения процесса борирования в промышленности является высокая твердость получаемых слоев. Борированные слои, образующиеся на α -железе характеризуются твердостью до 1500-2000 HV_{0,1}, а в случае легированных сталей твердость может достигать 2500 HV_{0,1} [1]. Высокая поверхностная твердость, в большинстве случаев, влечет за собой кратное увеличение износостойкости, что делает применение борирования незаменимым для тяжело нагруженных пар трения.

Основным недостатком борирования, ограничивающим развитие его применения, является хрупкость борированных слоев. По данным исследований, в т.ч. [2], ключевую роль при рассмотрении компактных борированных слоев играет отношение объема более мягкой светлой фазы FeB₂ к твердой темной фазе FeB. Автор работы [3] видит одно из решений снижения высокой хрупкости борированных слоев в формировании диффузионных слоев с максимальным содержанием фазы Fe₂B, вплоть до формирования однофазных слоев. При этом существенное влияние оказывает переходный слой, его морфология и глубина [2].

Известно [4, 5], что углерод оказывает сильнейшее влияние на кинетику роста борированных слоев, диффундируя вглубь металла и замедляя их рост. Установлено [6], что особенностью кинетики роста борированных слоев является анизотропия скорости роста на поверхности образца, обуславливающая текстурирование слоя, причем степень текстурирования фазы Fe₂B в 1,4 раза ниже, чем FeB и зависит от скорости диффузионного отвода углерода от поверхности растущего слоя.

Цель данной работы - исследование структуры и свойств сталей с разным содержанием углерода после борирования при различных параметрах процесса.

Для достижения поставленной цели образцы из сталей ВКС-5, 40X13 подвергались жидкостному безэлектролизному борированию в расплаве на основе тетрабората натрия (70 % масс.) и карбида бора (30 % масс.). Борирование проводилось при температуре 1010 °С в течении 2, 4, 6, 8 часов. Образцы охлаждали на воздухе.

Исследования микроструктуры образцов проведено на оптическом микроскопе Olympus GX53 при различных увеличениях.

Исследование микротвердости проводили на микротвердомере EMCO-Test DuraScan 20 по ГОСТ 9650-76 при нагрузке 0,98 Н. Замеры микротвердости борированного слоя осуществлялись на поперечных шлифах от поверхности вглубь до стабильных значений сердцевины.

Исследование микроструктуры показало, что глубина борированного слоя для стали ВКС-5 составляет 120 мкм, а у стали 40X13 - 70 мкм после обработки при температуре 1010 °С в течение 8 ч. Следует отметить, что в борированных слоях стали ВКС-5 основной фазой является Fe₂B, тогда как у стали 40X13 основной фазой является FeB. Глубина борированного слоя при температуре 1010 °С и времени

выдержки от 2 до 8 ч изменялась от 50 мкм до 120 мкм для стали ВКС-5, а для стали 40Х13 от 36 мкм до 70 мкм.

Исследование микротвердости показало, что борированный слой, полученный при температуре 1010 °С в течение 8 ч на стали ВКС-5 имеет микротвердость 1600-1800 HV_{0,1}, микротвердость сердцевины составила 460-470 HV_{0,1}. Борированные слои на стали 40Х13 характеризуются более высокой твердостью и имеют микротвердость 1700-1950 HV_{0,1}, микротвердость сердцевины 300-320 HV_{0,1}.

При этом распределение микротвердости по слою у стали ВКС-5 является более плавным, чем у стали 40Х13.

Проведенные исследования показали существенное отличие в строении, толщине, значениях и распределению микротвердости по глубине упрочненных слоев на сталях с различным содержанием углерода. Повышенное содержание углерода снижает глубину борированного слоя и увеличивает содержание твердой фазы Fe₃C. Повышенная микротвердость слоев Fe₃C также связана с высоким содержанием хрома.

Литература

1. *Ворошнин Л.Г.* Борирование промышленных сталей и чугунов. – Минск: Беларусь, 1981. – 205 с.
2. *Крукович М.Г., Прусаков Б.А., Сизов И.Г.* Пластичность борированные слоев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 384 с.
3. *Сизов И.Г.* Мессбауэровская спектроскопия боридного слоя после электронно-лучевой обработки // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2003. - №9. – С. 22-25.
4. *Ляхович Л.С.* Борирование стали / Л.С. Ляхович, Л.Г. Ворошнин // Москва: *Металлургия*, 1967. – 119 С.
5. *Протасевич В.Ф.* Исследование особенностей формирования боридных покрытий на карбонитрированной малоуглеродистой стали / В. Ф. Протасевич, Г. В. Стасевич // *Наука и техника.* – 2012. – № 1. – С. 10–16.
6. *Помельникова А.С., Шипко М.Н., Степович М.А.* Особенности структурных превращений, происходящих при образовании кристаллической структуры боридов в сталях // *Поверхность, рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования.* – 2011. – №3. – С. 99-106.