

УДК 621.785.5

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СТАЛИ ВКС-5 ПОСЛЕ БОРИРОВАНИЯ

Дмитрий Амирович Ишмаметов ⁽¹⁾, Анастасия Андреевна Красуля ⁽²⁾, Алла Павловна Юферева ⁽³⁾

*Магистр 2 курса ⁽¹⁾, аспирант 4 курса ⁽²⁾, магистр 2 курса ⁽³⁾
кафедра «Материаловедение»*

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

*Научный руководитель: А.С. Помельникова,
доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»*

Сталь ВКС-5 широко применяется в современном двигателестроении. Из неё, в основном, изготавливают зубчатые колеса газотурбинных двигателей. За счет оптимально подобранного химического состава эта сталь позволяет получить высокие прочностные и пластические свойства.

Зубчатые колеса должны обладать высокой контактной и циклической прочностью, высокой контактной выносливостью, высокой коррозионной стойкостью [1].

Для получения необходимого комплекса свойств и повышения долговечности, надежности зубчатых колес, необходимо упрочнить поверхность деталей [2].

Одним из наиболее перспективных способов повышения абразивной износостойкости является жидкостное диффузионное борирование, позволяющее получать упрочненные слои значительной толщины и высокой твердости порядка 2000 HV_{0,1} [3].

Но одним из недостатков технологии борирования является повышенная хрупкость, особенно в поверхностном слое [4]. Повышенная хрупкость этой зоны связана с ее чрезвычайно высокой твердостью. Повышения пластичности и снижение хрупкости поверхностной зоны можно добиться за счет получения более плавного распределения твердости по поверхности.

Цель данной работы - исследование структуры и свойств стали ВКС-5 после борирования при различных параметрах процесса.

Для достижения поставленной цели образцы из стали ВКС-5 подвергались жидкостному безэлектролизному борированию в расплаве на основе тетрабората натрия и галогенидов щелочных металлов. Борирование проводилось при температуре 910 °С и 1010 °С в течении 8 часов. Далее образцы закаливали в масло и отпускали при температуре 250 °С 4 часа.

Исследования микроструктуры образцов проведено на оптическом микроскопе Neophot 30 при различных увеличениях.

Рентгеноструктурный фазовый анализ проводился на дифрактометре ДРОН-6 (излучение FeK α , с использованием марганцевого фильтра).

ДюрOMETрический анализ 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 микрохрупкости осуществляли по методике, описанной в [5]. Суммарный балл хрупкости оценивали в зависимости от количества отпечатков с дефектами, такими, как трещины, и характера дефектов вокруг отпечатка.

Исследование микроструктуры показало, что в результате борирования при температуре 910 °С упрочненный слой имеет толщину 90 мкм, а при температуре 1010

°С толщина слоя составила 210 мкм.

Проведенный рентгеноструктурный анализ показал, что на поверхности присутствуют фазы FeB и Fe₂B, а на глубине 30 мкм присутствуют фазы FeB, Fe₂B, Fe₃B, а также карбиды и бориды легирующих элементов.

ДюрOMETрический анализ показал, что борированный слой, образовавшийся при температуре 910 °С имеет микротвердость на поверхности 1400-1500 HV_{0,1}, а сердцевина имеет микротвердость 450-460 HV_{0,1}. Борированный слой, образовавшийся при температуре 1010 °С имеет микротвердость 1600-1800 HV_{0,1}, а сердцевина 460-470 HV_{0,1}.

При этом при температуре борирования 1010 °С распределение микротвердости материала получается значительно более плавным, чем при температуре борирования 910 °С

Исследование микрохрупкости показало, что при температуре борирования 910 °С балл хрупкости боридного слоя составил 3..4, тогда как при температуре борирования 1010 °С балл хрупкости боридного слоя составил 1..2.

Проведенные исследования показали, что строение, толщина и микротвердость упрочненного слоя на стали ВКС-5 существенно зависят от температуры процесса. При температуре борирования 1010 °С распределение микротвердости по глубине слоя более плавное, чем при температуре борирования 910 °С, что позволяет значительно снизить хрупкость боридного слоя.

Литература

1. *Ляхович Л.С.* Борирование стали / Л.С. Ляхович, Л.Г. Ворошнин // Москва: Металлургия, 1967. – 119 С.
2. *Помельникова А.С., Фетисов Г.П., Пахомова С.А.* К вопросу упрочнения различно легированных сталей обработкой в коронном разряде// Технология металлов. - 2017. - № 2. -С. 20-24.
3. *Галынская Н.А.* Исследование износостойкости боридных покрытий, полученных из композиционных порошковых сред / Н. А. Галынская, Н. Г. Кухарева, С. Н. Петрович // Наука и техника. – 2012. – № 3. – С. 7–10.
4. *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.
5. *Глазов, В. М.* Микротвердость металлов / В. М. Глазов, В. Н. Вигдорович. – М.: Металлургия, 1969. – 247 с.