

УДК 669-179

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОРОНОК ЭКСКАВАТОРОВ ПУТЕМ ДИСПЕРСНОГО УПРОЧНЕНИЯ КАРБИДОМ ТИТАНА

А.Н. Аникеев, И.В. Чуманов

В рукописи представлен способ упрочнения коронок экскаваторов путем внедрения в газифицированную модель дисперсных частиц карбидов титана. Приведено описание эксперимента, его результатов, а также исследования полученного металла, включающие исследование макро- и микро-структур и механические свойства (твердость и износостойкость).

Ключевые слова: сталь Гадфильда, упрочняющая фаза, дисперсный карбид титана, литье по пенополистирольным моделям, коронка экскаватора, структура, твердость, износостойкость.

Открытая разработка месторождений, благодаря высокой степени извлечения полезных ископаемых из недр, возможности достижения большей производственной мощности предприятия, повышению производительности труда (в 5–8 раз), снижению себестоимости добычи (в 2–4 раза), улучшению условий труда получила преимущественное (по сравнению с шахтной добычей) развитие. При открытой выработке используются различные механизмы, детали которых подвергаются значительному износу, в частности, коронки зубов экскаваторов [1]. Под износом принято понимать постепенное поверхностное разрушение материала взаимодействующих тел, сопровождающееся отделением от них частиц. В результате взаимодействия с грунтом зубья изнашиваются, уменьшаясь в размерах и изменяясь по форме. Наибольший износ наблюдается по задней грани зуба и в меньшей степени – по передней грани и в боковых его частях. Пригодность зуба для дальнейшей работы определяется его степенью износа по задней грани, в результате которого уменьшается его длина, а следовательно, и вылет.

Коронки ковшей экскаваторов традиционно изготавливаются из стали 110Г13Л (стали Гадфильда). Эта высокомарганцевая сталь сочетает в себе такие свойства, как износостойкость и вязкость, низкая теплопроводность, достаточно большая линейная скорость кристаллизации и усадки, обладает повышенной склонностью к столбчатой кристаллизации, имеет крупнозернистое строение с карбидами, расположенными преимущественно по границам зерен металла.

Для увеличения стойкости коронок экскаваторов на кафедре «Общая металлургия», одним из основных направлений которой является упрочнение материалов дисперсными частицами, было предложено дополнительно вве-

сти карбиды в формируемые зубья экскаваторов [2–4]. Одной из главных проблем введения карбидов в кристаллизующийся расплав (или модификаторов) связано с проблемой неравномерного распределения вводимых частиц по объему металла, что приводит к неравномерности химического состава и неравномерности распределения свойств.

На кафедре «Общая металлургия» филиала ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный Университет» (НИУ) в г. Златоусте, одной из направлений деятельности которой является упрочнение существующих сталей путём введения в кристаллизующийся расплав дисперсных частиц карбидов, был предложен метод внедрения дисперсных частиц непосредственно в модель из пенополистирола. На предприятии «Уралпромдеталь», специализирующемся на выпуске литых деталей для промышленных нужд, был проведен ряд экспериментов по получению коронок экскаваторов с повышенной износостойкостью за счет внедрения карбида титана.

В качестве упрочняемой детали была выбрана коронка зуба марки «1U-3352» (расчетная масса 5,8 кг) для экскаватора «Caterpillar 313», адаптер марки «Cat J350» (рис. 1). Из пенополистирола были изготовлены модели, покрашены антипригарной литейной краской и высушены. В качестве упрочняющей фазы был выбран карбид титана, плотностью 4,92 г/см³ дисперсностью 0,02–0,35 мкм. В изготовленных моделях были прорезаны цилиндрические отверстия, в которые засыпался дисперсный карбид в различных количествах, после чего отверстия запечатывались пенополистиролом. Было изготовлено 4 пенополистирольные модели с различным содержанием карбидов: № 1 – 0 гр, № 2 – 29 гр, № 3 – 43,5 гр, № 4 – 58 гр. Расположение моделей с внедренным карбидом титана в опоке отличалось от стандартного – они укладывались в опоку под наклоном в 45 градусов. Такое расположение отливки в опоке было необходимо для того, чтобы дисперсные частицы, после расплавления полистирола, вследствие разницы плотностей карбида и металла, всплывали на одну из рабочих поверхностей коронки экскаватора. Для получения зубов экскаваторов использовалась сталь Гадфильда.

В результате проведения экспериментов было получено четыре отливки коронок зубов экскаваторов, с удовлетворительным качеством поверхности, с различным содержанием карбидов. Внешний осмотр дефектов не выявил.

Исследование микроструктур показало, что все коронки имеют аустенитно-перлитную структуру с избыточными карбидами (Mn, Fe)₃C. Оценку изменения размера дендритных ячеек (и, соответственно, балла зерна) производили методом измерения длин хорд окружностей с помощью инвертированного микроскопа «С. Zeiss Observer. D1m», оснащённого комплексом анализатора изображений «Thixomet. PRO». В результате исследования было выявлено, что в коронках № 1–3 (с внедренными карбидами титана) наблюдается незначительное измельчение структуры в областях рабочей поверхности коронки (1–2 балла) по сравнению коронкой № 0 (без карбидов). Стоит отметить, что по всему объему коронок № 1–3 (помимо рабочих

поверхностей), наблюдаются локальные области структурой неоднородности (измельчение структуры на 1–3 балла по сравнению с исходной структурой), что, вероятно объясняется неравномерным распределением внедренного карбида.

Изучение твердости проводили на твердомерах Роквелла (марка «ТР–5004») и Бринелля (марка «ТБ-5004»). Исследование показало, что разница в твердости между образцами в серединах образцов незначительна и колеблется в пределах 4–30 НВ (1–4 HRC). Однако, разница между внешней и внутренней рабочими областями одной и той же коронки может достигать 128 НВ (13,4 HRC). Определение абразивной износостойкости проводили на лабораторной установке путём замера изменения массы образцов до и после истирания абразивной шкуркой под нагрузкой. На каждый образец проводили по три прохода по абразивной шкурке длиной 1,5 метра, под нагрузкой в 3 кг. Исследование показало, что образец коронки № 1 практически не имеет отличия в износостойкости от образца №0 (без карбида), в то же время образцы коронок № 2–3 обладают абразивной износостойкостью в 1,5–1,9 раза выше, по сравнению с образцом коронки без карбидов.

Таким образом, по проделанной работе можно сделать вывод, что внедрение карбидов титана в пенополистирольную модель в количестве 0,5–1 % (от массы заготовки) способствует измельчению микро-структуры, а также способен увеличить твердость в 2–4 раза, износостойкость в 1,5–1,9 раза.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки (договор № 14.Z56.15.7690-МК), а также поддержана Минобрнауки (соглашение № 14.574.21.0122, уникальный идентификатор RFMEFI57414X0122).

Библиографический список

1. Макушенко, А.В. Разработка наплавочного сплава и технологии упрочнения зубьев ковшей карьерных экскаваторов: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Макушенко. – Курск, 2008. – С. 132.
2. Патент РФ 2381087 МПК В 22 D 13/02 Способ формирования трубной заготовки № 2008128677/02 / В.И. Чуманов, И.В. Чуманов, Д.А. Пятыгин, Р.Р. Гарифулин, О.Ю. Вершинина, А.Н. Аникеев. Заявл. 14.07.2008.; опубл. 10.02.2010. – 5 с.
3. Preparation of precipitation-strengthened hollow billets for rotary dispersers / I.V. Chumanov, V.I. Chumanov, A.N. Anikeev // Metallurgist, Vol. 2011, Pp. 540–543.
4. Чуманов, И.В. Математическое моделирование распределения тугоплавких мелкодисперсных частиц при получении заготовки методом центробежного литья / И.В. Чуманов, А.Н. Аникеев, В.А. Иванов // Сталь. – 2011. – № 3. – С. 15–18.

[К содержанию](#)