

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА И ХРОМА НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Fe – Cr – C В ГИДРОАБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ

Шалевская И.А., Гутько Ю.И.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Введение. Установлено, что износостойкость высокохромистых чугунов ($C = 2 - 3\%$; $Cr = 12 - 24\%$) повышается при увеличении содержания углерода и определяется соотношением Cr / C .

Одним из самых распространенных видов разрушения поверхности материалов в условиях гидродобычи, транспортирования и обогащения угля, работы оборудования горнорудной, цементной, энергетической промышленности является абразивное изнашивание. В указанных условиях эксплуатации наибольшее распространение нашли сплавы системы Fe – Cr – C. При этом многочисленные экспериментальные данные подтверждают, что износостойкость железоуглеродистых сплавов существенно растет с увеличением содержания углерода. Это объясняется упрочнением аустенита, повышением твердости мартенсита, увеличением объема карбидов в высокоуглеродистых сплавах. Не менее важную роль играет содержание хрома. Снижая растворимость углерода в феррите и аустените хром увеличивает стойкость твердого раствора и количество эвтектической составляющей [1]. Хром значительно повышает энергию связи в аустените и существенно замедляет диффузию углерода [2]. Поэтому при увеличении содержания хрома в сплавах выделение дисперсных карбидов $(Cr, Fe)_{23}C_6$ и последующая перекристаллизация части аустенита в феррито-карбидную смесь замедляется.

В промышленных высокохромистых марках Fe – Cr – C сплавов содержание хрома наблюдается в пределах 12 – 22% и выше. Применение таких сплавов объясняется возможностью их механической обработки после отжига и придания максимальной износостойкости после закалки и отпуска.

Цель работы. Целью настоящей работы было определение оптимального содержания углерода и хрома, обеспечивающих получение высокохромистых чугунов в доэвтектической области и обладающих высокой износостойкостью в среде абразива.

Материалы и результаты исследования. Заэвтектические чугуны, как показывает опыт, имеют более низкую износостойкость вследствие выкрашивания крупных первичных карбидов.

Выплавлялись сплавы, содержащие углерод от 2 до 3% и хром от 12 до 24%. При этом содержание углерода увеличивалось через каждые 0,5%, а хрома через 3%. Содержание примесных элементов во всех плавках было одинаковым: $Mn = 0,6 - 0,8\%$; $S = \text{до } 0,02\%$; $P = \text{до } 0,1\%$. Скорость охлаждения отливок в период кристаллизации превышала $50^\circ\text{C}/\text{мин.}$, что

обеспечивало получение в структуре наименьшей величины первичных карбидов с целью повышения положительного влияния на износостойкость [3].

Структура литых сплавов состоит из переохлажденного аустенита, продуктов его распада и первичной карбидной фазы. С увеличением содержания углерода первичные выделения укрупняются. При повышении содержания хрома наблюдалось дробление карбидной сетки, карбиды обособливаются и увеличиваются их размеры. Количество эвтектики уменьшается.

Следует отметить, что при данном содержании углерода износостойкость может существенно отличаться для различных структур. Поэтому после отжига и механической обработки образцов была проведена термическая обработка по следующему режиму: закалка \rightarrow нагрев со скоростью $50 - 70^\circ\text{C}/\text{мин}$ до температуры $650 - 680^\circ\text{C}$ \rightarrow нагрев со скоростью $100^\circ\text{C}/\text{час}$ до $950 - 970^\circ\text{C}$ \rightarrow выдержка 30 мин и охлаждение в масле \rightarrow отпуск в течение 1,5 час при $180 - 200^\circ\text{C}$ для снятия напряжений. В результате структура представляла мартенсит с включениями карбидов и была обеспечена максимальная твердость: 54 – 56HRC.

Мартенситно-карбидная структура позволяла исключить влияние деформационного упрочнения матрицы за счет $\gamma - \alpha$ превращений и более четко определить роль карбидной фазы в формировании износостойкости сплавов.

Увеличение содержания углерода приводит к увеличению количества карбидной фазы, которой принадлежит наибольшая роль в увеличении энергии затрачиваемой на разрушение. Возрастает твердость чугуна и, соответственно, повышаются затраты энергии на вдавливание абразива. Карбидный анализ показал, что увеличение в чугуне содержания углерода от 2 до 2,5% при 15% хрома приводит к росту количества карбидной фазы на 5,4%. Увеличение количества карбидов, особенно, если они высокодисперсны, сопровождается ростом степени равномерности распределения дислокаций в изнашиваемом объеме. Повышается способность противостоять разрушению.

Испытание на износ в абразивной среде проводилось на установке типа Штауффера, которая обеспечивала углы атаки пульпы в пределах $30 - 70^\circ$, что наиболее близко отражает реальные условия работы деталей насосного оборудования. Образцы $\varnothing 10$ мм, длиной 100 мм вращались со скоростью 1500 об/мин. в песчаной пульпе в течение четырех часов. Крупность зерна песка составляла 1 – 1,5 мм. Одновременно испытывались

шесть образцов, два из которых служили эталонами. В качестве эталона использовалась нормализованная сталь 20 с твердостью НВ = 142 – 144. За меру износостойкости был принят коэффициент K , определяемый как отношение потери массы эталона и исследуемого образца в

соответствии с ГОСТ 27674 – 88:
$$K = \frac{M_{\text{э}}}{M_{\text{обр}}}$$

Так как мы исключили в данном исследовании влияние различного структурного состояния матрицы, то рост износостойкости следует отнести именно за счет увеличения количества карбидов. Высокая износостойкость наблюдается при содержании углерода близком к эвтектическому составу (3%). Что же касается содержания хрома, то наиболее высокой износостойкости соответствует 18 – 20% (рис. 1).

Коэффициент относительной износостойкости, K

Хром, мас. доля %

Рисунок 1 - Относительная износостойкость высокохромистых чугунов
1 – 2,0% углерода; 2 – 2,5% углерода; 3 – 3,0% углерода

Выводы. Дальнейшее повышение содержания хрома и углерода нецелесообразно вследствие выделения крупных и хрупких заэвтектических карбидов и переход к эвтектике $A + Me_{23}C_6$ [4].

ЛИТЕРАТУРА

1 Кузьменко А.Ю., Платонов Е.О., Сердюков П.В., Федоров Г.С. Металлознавство та обробка металів, 1–2. – 1998. – 19-23с.

2 Криштал М.А. Диффузионные процессы в железных сплавах. – Металлургиздат, 1963. – 125с.

3 Гарбер М.Е. Отливки из белых износостойких чугунов. – М.: Машиностроение. – 1972. – 111с.

4 Жуков А.А., Сильман Г.И., Фрольцов М.С. Износостойкие отливки из комплекснолегированных белых чугунов. – М.: Машиностроение, 1984. – 103с.

Статья поступила 20.10.2006 г.
Рекомендовано к печати д.т.н., проф.
Пельх С.Г.