

©Петренко А.Н.

## **ИЗНОСОСТОЙКИЙ НАПЛАВЛЕННЫЙ МЕТАЛЛ СИСТЕМЫ С-В-Ti-Ni**

### **1. Постановка проблемы**

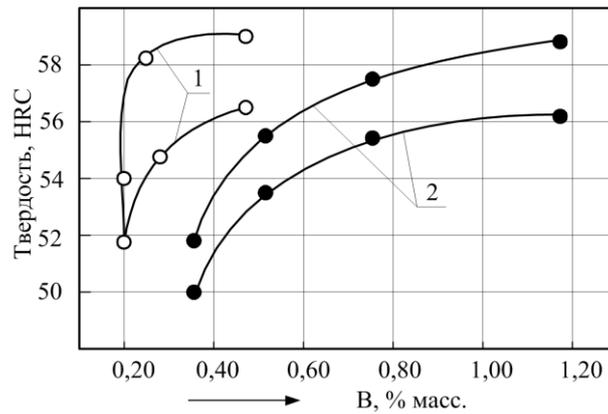
Согласно литературным данным, бор образует с альфа-железом твердый раствор замещения, а с гамма-железом – внедрения (1), при этом растворимость Fe<sub>2</sub>B при 1179 К в гамма-железе ниже, чем в альфа-железе. Мнения о влиянии бора на протяженность гамма-области противоречивы: расширяет гамма-область или почти не изменяет положение т.Ас3. Бориды железа образуются при концентрации бора более 9...16% - соответственно Fe<sub>2</sub>B и FeB.

**2. Цель работы** – изучение влияния легирования бором и титаном на свойства наплавочных сталей предназначенных для условий абразивного изнашивания.

### **3. Основное содержание и результаты работы**

Исследованные в настоящей работе наплавочные материалы можно разделить на две группы: «р» - варьирование концентрацией бора в наплавленном металле и «рт» - при соответственном варьировании содержанием бора и титана.

Качественно влияние повышения содержания бора на фазовый состав наплавленного металла обеих групп одинаково, как в сплавах без титана, так и при легировании этим элементом. При этом доля борсодержащей эвтектики растет, а мартенситно-аустенитной матрицы соответственно уменьшается (рис. 1.). Отчетливо проявляется влияние количества углерода связанного в карбиды (TiC) на микротвердость эвтектики и интегральную твердость для наплавов с минимальной (0,3...0,35%) концентрацией бора.



**Рис. 1** – Зависимость твердости наплавленного металла от концентрации бора и титана:

1 – 1,7% С; 1,55% Ti; 0,45% Si; 1,2% Mn

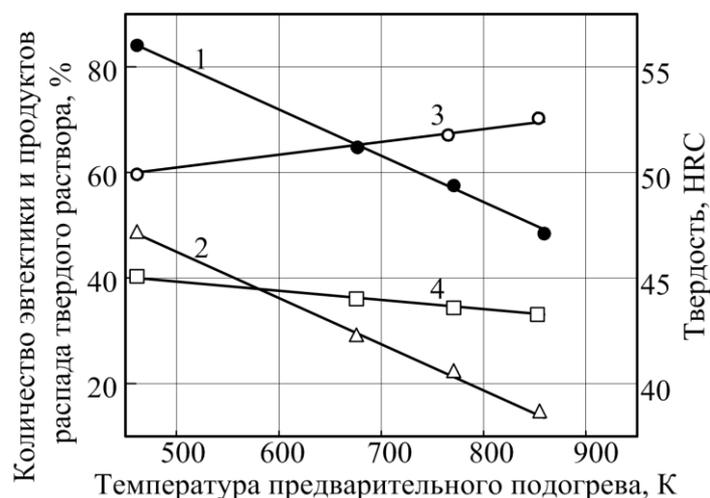
2 – 1,75% С; 2,9% Ti; 0,8% Si; 1,4% Mn

(однопроходная наплавка без предварительного подогрева)

С увеличением содержания бора до 0,60...0,70% твердость сплавов, легированных титаном, а также микротвердость эвтектики и продуктов распада твердого раствора повышается менее интенсивно, чем в наплавках группы «р» (рис. 1), что можно связывать с наличием карбидов TiC. Возможность образования заметного количества нитридов титана мала, так как концентрация азота для однослойных и двухслойных валиков составляет соответственно 0,008...0,022% и 0,033...0,038%.

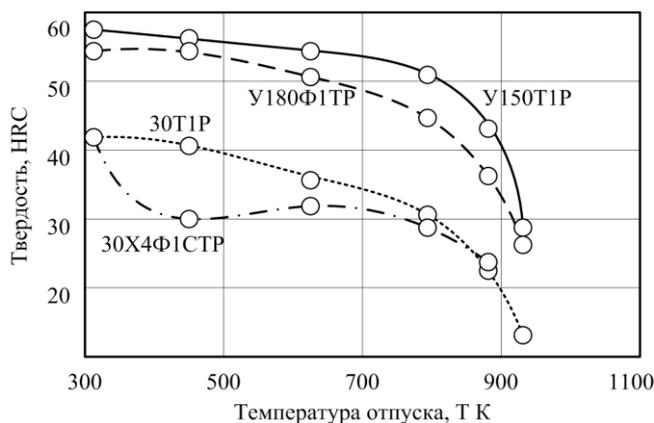
Обнаруженные электронным зондированием цементита незначительные концентрации не растворенных в нем титана, ванадия связаны, вероятно, с наличием дисперсных карбидов титана и ванадия.

Влияние теплового режима на фазовый состав наплавки сказывается при заметном увеличении температуры предварительного подогрева (рис. 2). Резкое снижение твердости обусловлено как изменением структуры продуктов распада твердого раствора, так и некоторым уменьшением доли эвтектики.



**Рис. 2** – Зависимость фазового состава и твердости наплавленного металла типа 90ТР от температуры предварительного подогрева:

- 1, 2 – твердость исходная и после 4-х кратного отпуска (853 К);
- 3, 4 – количество продуктов распада и эвтектики соответственно.



**Рис. 3** – Влияние четырехкратного отпуска ( $t = 84$  ч) на твердость наплавленного металла

Для сплавов с более высоким уровнем легирования (бором и титаном) характерны меньшие изменения структуры и твердости после наплавки с предварительным подогревом до указанных температур.

Доля эвтектики, от которой существенно зависят механические свойства, а также износостойкость наплавленного металла, определяется, как

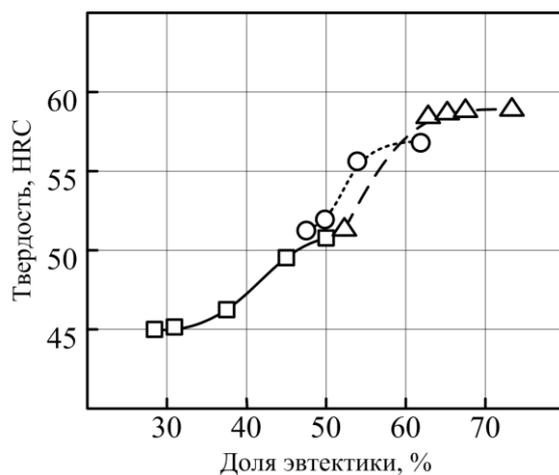
$$S_E = \frac{C - C_E}{C - C_C}$$

где:  $C$ ,  $C_s$ ,  $C_e$  – соответственно концентрации углерода в наплавленном металле, эвтектике, насыщенном аустените, % (масс.),

$$C_C = 4,26 - 0,3(Si + P) - 0,4S + 0,03Mn - 0,07Ni - 0,07Cr, \quad \%$$

$$C_E = 2,01 - 0,15Si - 0,3P + 0,04(Mn - 1,7S) - 0,09Ni - 0,07Cr, \quad \%$$

Нашими экспериментами подтверждена удовлетворительная сходимость доли эвтектитки, определенной расчетом по формулам и методом количественной металлографии. Исследование проведено на сравнительно тонких (толщиной 12 мм) пластин из доэвтектических среднелегированных чугунов системы C-Cr-Mn-Si-Ti. Отливка велась с использованием массивных медных форм, что обеспечивало скорость охлаждения, близкую к характерным ее значениям при дуговой наплавке. Кривые зависимости твердости металла от количества эвтектики каждой трех групп, сопрягаясь, создают общую зависимость  $HRC=f(\Xi)$  (рис. 4).



**Рис. 4** – Зависимость твердости HRC литых чугунных пластин от количества эвтектики

Возможность использования расчетных выражений для ориентировочного определения количества эвтектики в наплавленном металле, косвенно подтверждается сходством структуры: тонко разветвленная стержневая структура дендритов и дисперсность цементита. Структура наплавленного металла – мартенсит либо бейнит, остаточный аустенит и карбиды.

Проведенные экспериментальные исследования подтверждают удовлетворительную сходимость расчетной величины доли эвтектики, определенной по приведенным формулам, и методом количественной металлографии.

### **Выводы**

1. После многократного отпуска твердость высокоуглеродистой боротитановой наплавки несколько выше твердости наплавленного металла типа «Сормайт №1»;

2. Твердость боротитанового наплавленного металла (У15ТР, У20Т2Р и др.) при кратковременных испытаниях в интервале 293...923 К примерно равна твердости наплавки «Сормайт №1»;

3. Стойкость к абразивному износу наплавленного металла типа У15ТР примерно равна, а наплавки У25НРТЗ несколько выше стойкости образцов наплавленных сормайтом.

### **Список использованных источников:**

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – М.: Металлургия, 1968. – 477 с.

2. Гудермон Э. Специальные стали / Э. Гудермон. – М.: Металлургиздат, 1960. – 685 с.

3. Кальянов В.Н. Теплостойкость и износостойчивость боротитанового наплавленного металла / В. Н. Кальянов, В. А. Муратов, А. В. Почепцов // Сварочное производство. – 1970. – № 6. – С. 21–23.

4. Лившиц Л.С. Основы легирования наплавленного металла / Л. С. Лившиц, Н. А. Гринберг, Э. Г. Куркумелли. – М.: Машиностроение, 1969. – 188 с.

*Петренко А.Н.* «Износостойкий наплавленный металл системы С-В-Ti-Ni».

Рассмотрено несколько вариантов экономнолегированных, наплавочных сталей, предназначенных для деталей и инструмента, работающего в условиях абразивного изнашивания. В статье рассмотрены некоторые структурные

особенности сталей и их связь с механическими свойствами и износостойкостью.

**Ключевые слова:** абразивное изнашивание, наплавка, фазовый состав, бор.

**Петренко А.М.** «Зносостійкий наплавлений метал системи С-В-Ті-Ні».

Розглянуто кілька варіантів економнолегованих, наплавочних сталей, призначених для деталей та інструмента, що працюють в умовах абразивного зношування. У статті розглянуті деякі структурні особливості сталей та їх зв'язок із механічними властивостями і зносостійкістю.

**Ключові слова:** абразивне зношування, наплавлення, фазовий склад, бор.

**Petrenko A.N.** «Wear-resistant deposited metal of C-B-TI-NI alloying system»

This article deals with several variations of economically alloyed, wear-resistant, practically feasible building up steels. The steels mean for details and implements operating at the wear conditions. Moreover, some structural features and interconnections with mechanical properties and wear-resistance have been studied.

**Key words:** abrasive wearing, surfacing, phase structure, boron.

Стаття надійшла до редакції 14 травня 2012 р.