



УДК 621.92.042

## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВЫСОКОМАРГАНЦЕВОГО НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

И. А. РЯБЦЕВ, И. А. КОНДРАТЬЕВ, Я. П. ЧЕРНЯК, Г. Н. ГОРДАНЬ, кандидаты техн. наук,  
Т. Г. СОЛОМИЙЧУК, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),  
Н. Ф. ГОДЗЫРА, д-р техн. наук (Ин-т проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины)

Исследовано влияние шихтовых материалов, содержащих ультрадисперсные карбиды, на свойства металла, наплавленного порошковой проволокой ПП-АН105. Установлено, что применение ультрадисперсных карбидов приводит к измельчению структуры наплавленного металла и более равномерному распределению легирующих элементов, при этом повышается его наклепываемость и износостойкость.

*Ключевые слова:* дуговая наплавка, порошковые проволоки, высокомарганцевый наплавленный металл, свойства наплавленного металла, микроструктура, ультрадисперсные карбиды

Высокоуглеродистая высокомарганцевая сталь Гадфильда 110Г13 широко применяется для отливки зубьев и ковшей экскаваторов, черпаков драг, землечерпалок, шек, конусов дробилок, железнодорожных крестовин и других подобных деталей [1, 2], что объясняется ее способностью подвергаться действию ударных нагрузок. В результате наклепа твердость поверхностного слоя стали повышается с *НВ* 180...250 до 450...500, и он хорошо противостоит абразивному изнашиванию при интенсивных ударных нагрузках. Чисто аустенитную структуру и способность наклепываться сталь 110Г13 приобретает после закалки (нагрев до 950...1100 °С, охлаждение в воде). Отливки из стали 110Г13 имеют, как правило, крупнозернистую структуру, что отрицательно сказывается на трещиностойкости, а также механических и эксплуатационных свойствах стали [3].

Для наплавки деталей из стали 110Г13 в ИЭС им. Е. О. Патона разработана порошковая проволока ПП-АН105, обеспечивающая получение наплавленного металла, который по химическому составу примерно соответствует основному металлу, дополнительно легированному никелем для повышения устойчивости аустенита [4]. Однако нагрев и замедленное охлаждение при температуре 800...500 °С при наплавке (сварке) деталей из стали 110Г13 приводит к распаду аустенита и выделению карбидной фазы на границах зерен, что снижает ее трещиностойкость, а также механические и эксплуатационные свойства [1, 2]. Использование специальной техники наплавки (наплавка узких валиков с минимальным тепловложением и их последующая проковка) позволяет предотвратить выделение карбидной фазы на гра-

ницах зерен, но избежать формирования крупнозернистой столбчатой структуры наплавленного металла практически не удается.

По результатам проведенных нами исследований [5] установлено, что применение в шихте порошковых проволок ультрадисперсных карбидных композиций способствует измельчению структуры наплавленного металла, соответствующего инструментальным сталям. Целью настоящей работы было исследование влияния ультрадисперсных карбидных композиций, вводимых в шихту порошковой проволоки ПП-АН105, на структуру и свойства аустенитного наплавленного металла типа 110Г13Н. Ультрадисперсные карбидные композиции получали путем высокотемпературной обработки в углекислом газе смеси порошков металлического марганца, железного порошка и природного коллоидного графита. В результате порошок содержал 3,7 мас. % С; 12,6 мас. % Mn; остальное — Fe.

Самозащитными порошковыми проволоками с шихтой, содержащей обработанный порошок ПП-АН105оп, и стандартной шихтой ПП-АН105 наплавливали образцы для исследования структуры и износостойкости наплавленного металла. Наплавку выполняли в четыре слоя проволоками диаметром 2 мм на одинаковом режиме ( $I = 230...240$  А;  $U_d = 24...26$  В).

При исследовании наклепываемости металла, наплавленного обеими проволоками, сначала определяли твердость наплавленного металла по Бринеллю, а затем в полученной лунке выполняли замер твердости по Роквеллу. Установлено, что металл, наплавленный стандартной проволокой ПП-АН105, непосредственно после наплавки имел твердость *НВ* 163...170, а после наклепа — *HRC* 34...36, а металл, наплавленный опытной проволокой ПП-АН105оп, — соответственно *НВ* 179...187 и *HRC* 38...40.

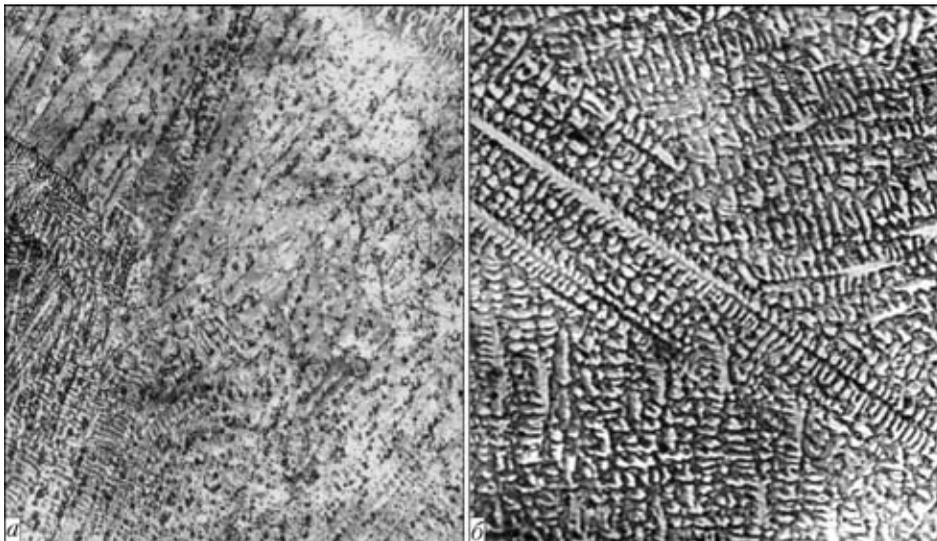


Рис. 1. Микроструктуры (X200) четвертого слоя наплавленного металла, полученного при наплавке порошковыми проволоками ПП-АН105оп (а) и ПП-АН105 (б)

Оценивали также микроструктуру металла, наплавленного проволоками обоих типов. Образцы для металлографических исследований изготавливали из темплетов по стандартной методике. Для выявления микроструктуры их протравливали в 20%-м водном растворе хромовой кислоты. Микротвердость наплавленного металла определяли на твердомере М-400 фирмы «LECO» при нагрузке 1 Н, содержание δ-феррита — на ферритометре FERRITGEHALTME SSER-1.053.

Установлено, что в обоих случаях наплавленный металл имеет аустенитную структуру с незначительным содержанием δ-феррита. Микротвердость аустенитной матрицы металла, наплавленного опытной проволокой, составляет HV 01 264...292, а стандартной проволокой — HV 01 258...285 МПа. Металл, наплавленный опытной проволокой (рис. 1, а) по сравнению с наплавленным стандартной проволокой (рис. 1, б), имеет более мелкозернистую структуру.

Металл, наплавленный опытной проволокой, содержит 1,0...1,5 мас. % δ-феррита, а стандартной — 0,2...0,3 мас. % δ-феррита. Известно, что при сварке хромоникелевых аустенитных сталей наличие в структуре стали 2,0...3,0 мас. % δ-феррита позволяет успешно бороться с кристаллизационными трещинами [6]. По-видимому, и при наплавке аустенитной стали 110Г13 δ-феррит должен сыграть свою положительную роль.

Однородность распределения основных легирующих элементов в наплавленном металле определяли с помощью микрорентгеноспектрального анализатора «Сamebax SX50» на глубине примерно 70 мкм от поверхности наплавленного металла параллельно ей в автоматическом режиме с интервалом примерно 1,01 мкм (рис. 2).

Распределение легирующих элементов в металле, наплавленном опытной проволокой ПП-

АН105оп (рис. 2, а), более равномерное, чем в наплавленном проволокой ПП-АН105 со стандартной шихтой (рис. 2, б). Особенно это заметно на примере основного легирующего элемента — марганца.

Износостойкость образцов металла, наплавленного порошковыми проволоками ПП-АН105оп и ПП-АН105, определяли при сухом трении металла по металлу при комнатной температуре по схеме вал–плоскость (рис. 3). Образцы размером 3×15×25 мм вырезали из наплавленного металла так, чтобы испытываемая плоскость попадала в верхние слои наплавленного металла. Вал–контртело диаметром 40 мм изготавливали из стали 45 и закачивали до твердости HRC 42. В процессе испытаний образец прижимается к контртелу плоскостью, которая имеет в плане размер 3×25 мм. В результате на испытываемой плоскости образуется лунка, а на контртеле — дорожка. При этом выб-

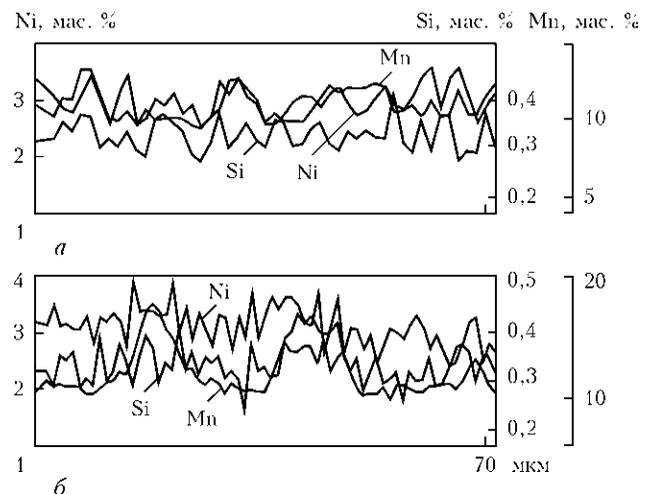


Рис. 2. Распределение легирующих элементов в металле, наплавленном порошковыми проволоками ПП-АН105оп (а) и ПП-АН105 (б)

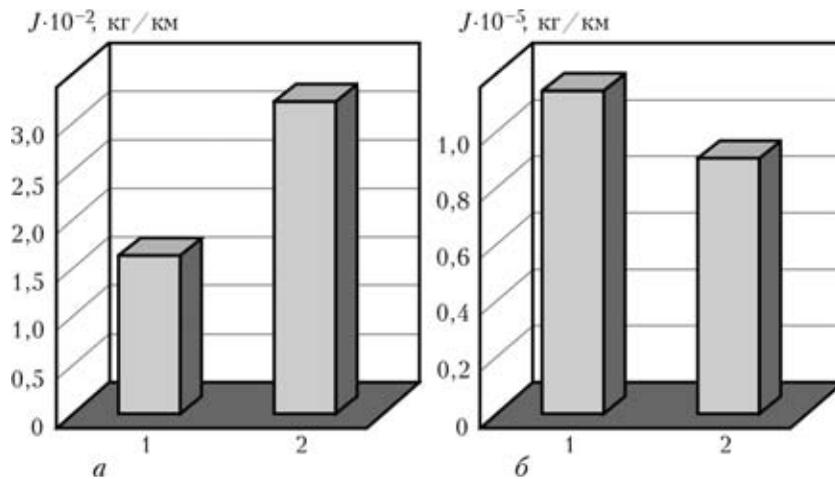


Рис. 3. Износ  $J$  образцов (а) и контртел (б), наплавленных порошковыми проволоками ПП-АН105оп (1) и ПП-АН105 (2)

ран следующий режим испытаний: скорость скольжения 1 м/с; нагрузка 30 Н; частота вращения контртела 30 об/мин. Этот режим обеспечивал стабилизацию триботехнических характеристик всех исследованных образцов. Использование системы позиционирования позволяло повторять испытания каждого наплавленного образца не менее трех раз на новых участках поверхности трения образца и дорожке трения контртела.

Испытания показали, что износ металла, наплавленного опытной проволокой ПП-АН105оп, примерно вдвое меньше, чем у наплавленного стандартной проволокой ПП-АН105 (рис. 3, а). Износ колец-контртел, которые испытывали в паре с образцами, наплавленными опытной проволокой ПП-АН105оп, в 1,2 раза выше чем у тех, которые испытывались с образцами, наплавленными стандартной проволокой ПП-АН105 (рис. 3, б). Однако суммарная износостойкость пары трения опытный наплавленный металл–кольцо-контртело была выше, чем у пары трения стандартный наплавленный металл–кольцо-контртело.

Таким образом, применение в порошковой проволоке ПП-АН105 шихтовых материалов, содержащих ультрадисперсные карбиды, приводит к измельчению структуры наплавленного металла

типа 110Г13Н и более равномерному распределению в ней легирующих элементов.

При сухом трении скольжения металл, наплавленный порошковой проволокой ПП-АН105, шихта которой содержит ультрадисперсные карбиды, подвержен наклепу в большей степени и в результате характеризуется в 2 раза более высокой стойкостью, чем металл, наплавленный стандартной проволокой ПП-АН105.

1. *Металлургия высокомарганцевой стали* / М. И. Гасик, Ю. Н. Петров, И. А. Семенов и др. — Киев: Техніка, 1990. — 136 с.
2. *Житнов С. В., Давыдов Н. Г., Братчиков С. Г.* Высокомарганцевые стали. — М.: Металлургия, 1995. — 302 с.
3. *Астафьев А. А.* Влияние размера зерна на свойства марганцовистой аустенитной стали 110Г13Л // *Металловедение и терм. обработка металлов.* — 1997. — № 5. — С. 18–20.
4. *Рябцев И. А., Кондратьев И. А.* Механизированная электродуговая наплавка деталей металлургического оборудования. — Киев: Екотехнологія, 1999. — 62 с.
5. *Влияние шихтовых материалов порошковых проволок, содержащих ультрадисперсные карбиды, на свойства наплавленного металла типа инструментальных сталей* / И. А. Рябцев, И. А. Кондратьев, Н. Ф. Годзыра и др. // *Автомат. сварка.* — 2009. — № 6. — С. 13–16.
6. *Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением* / Под ред. Б. Е. Патона. — М.: Машиностроение, 1974. — 768 с.

Effect of the charge materials containing ultra-dispersed carbides on properties of metal deposited with flux-cored wire PP-AN105 was studied. It was established that utilisation of ultra-dispersed carbides leads to refining of structure of the deposited metal and more uniform distribution of alloying elements, thus increasing its cold workability and wear resistance.

Поступила в редакцию 14.07.2009