

90 лет БНТУ

The influence of surface-active component of complex modifier on structure of low-carbon steel is shown. It is determined that the complex modifier, containing carbide-forming and surface-active components, influences more effectively on macro- and microstructure of low-carbon steel.

О. С. КОМАРОВ, БНТУ, В. И. ВОЛОСАТИКОВ, Д. О. КОМАРОВ,
ГП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

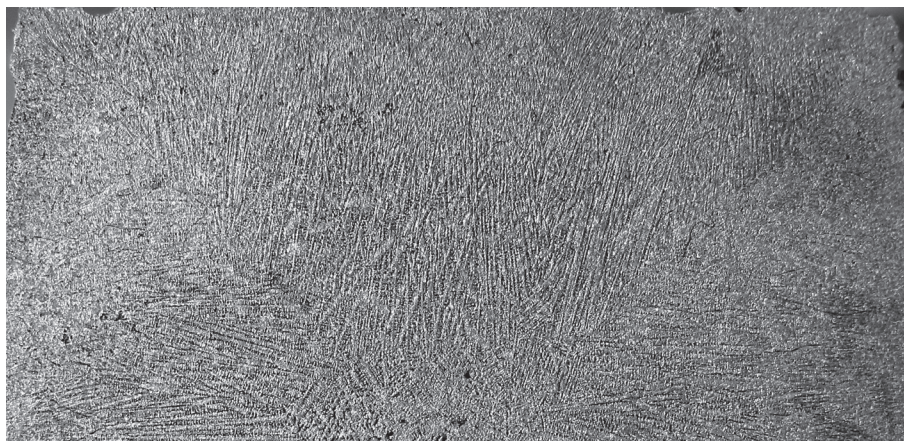
УДК 621.74; 699.13

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО КОМПОНЕНТА КОМПЛЕКСНОГО МОДИФИКАТОРА НА СТРУКТУРУ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

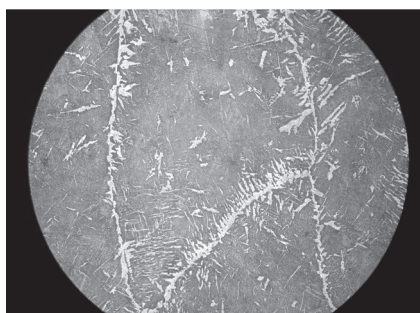
В практике литейного производства нашло широкое применение введение в сталь химически-активных элементов (Са, Al, PЗМ) для ее раскисления [1, 2]. Применение модификаторов, содержащих эти элементы, приводит к уменьшению зоны транскристаллитной макроструктуры, измельчению зерна на 2–3 балла, а следовательно, к улучшению прочностных свойств отливок. Введение в сталь карбидообразующих элементов (V, В, Ti и др.) [3, 4], нитридов и карбонитридов [5, 6] приводит к такому же результату.

Некоторые авторы считают, что поверхностно-активные элементы (Te, Bi, Sb) в составе комплексных модификаторов должны увеличить модифицирующий эффект [7]. В то же время комплексное модифицирование стали не получило распространения. При этом остается не исследованным влияние количества поверхностно-активных элементов на эффективность модифицирования стали комплексными добавками.

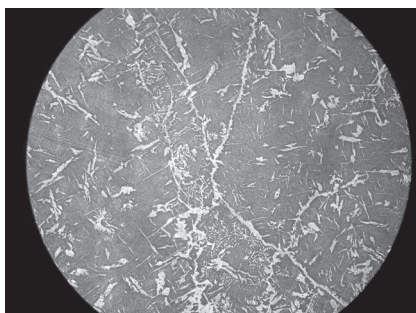
Цель приведенных исследований – изучение влияния количества поверхностно-активного ком-



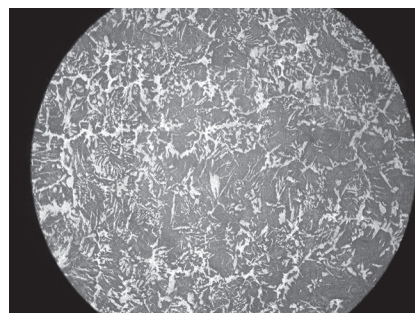
a



б



в

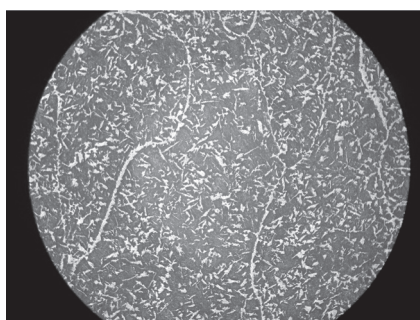


г

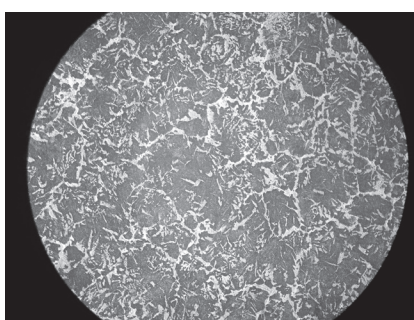
Рис. 1. Макро- (a) и микроструктура исходного слитка (б–г): б – номер зерна 1; в – номер зерна 2; г – номер зерна 3. $\times 100$



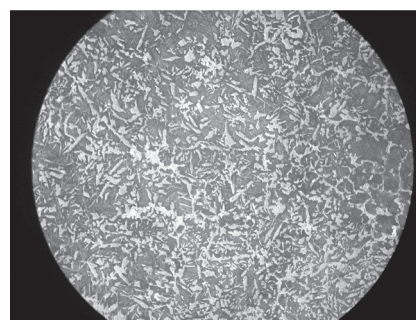
a



б

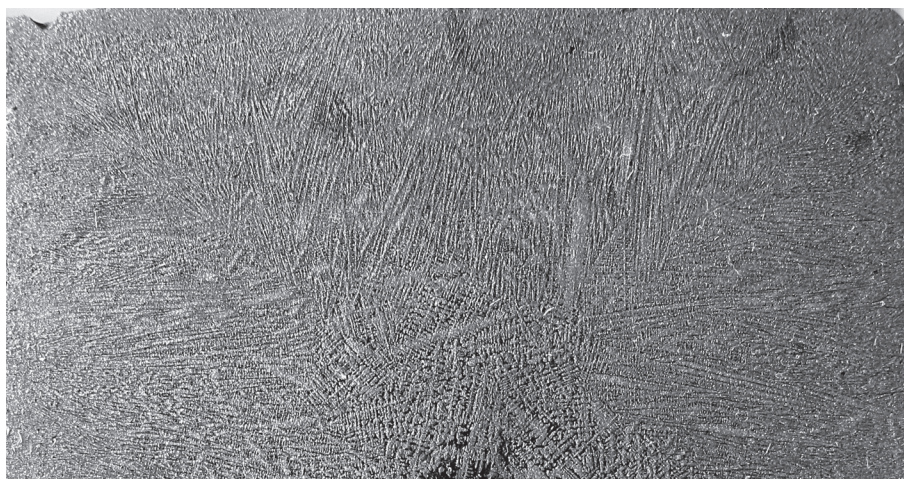


в

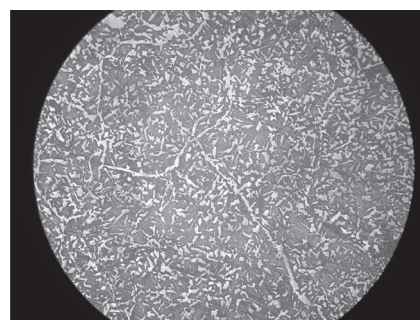


г

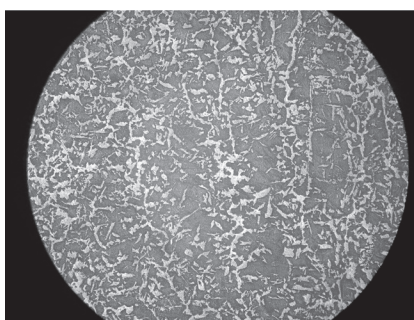
Рис. 2. Макро- (*a*) и микроструктура слитка с дополнительной добавкой Al, Ti, 0,006% карбидообразующего и 0,005% поверхностно-активного элемента (*б-г*): *б* – номер зерна 4; *в* – номер зерна 5; *г* – номер зерна 6



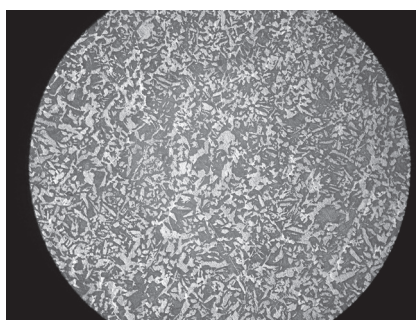
a



б



в



г

Рис. 3. Макро- (*a*) и микроструктура слитка с дополнительной добавкой Al, Ti, 0,006% карбидообразующего и 0,02% поверхностно-активного элемента (*б-г*): *б* – номер зерна 5; *в* – номер зерна 6; *г* – номер зерна 7

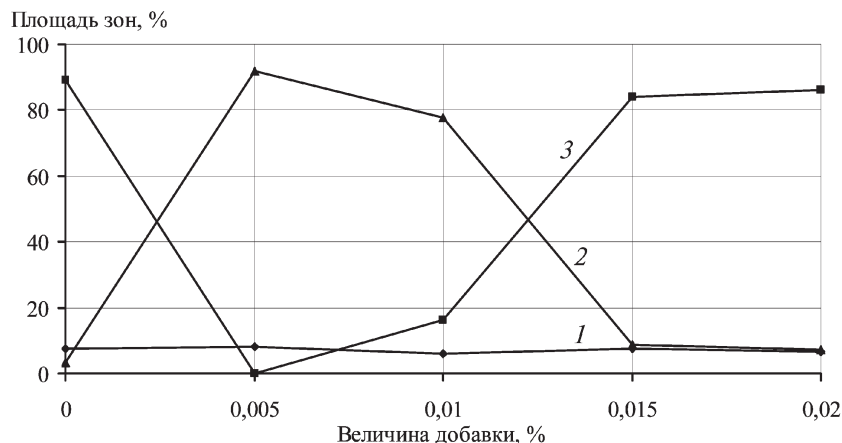


Рис. 4. Влияние величины добавки на соотношение зон: 1 – замороженные кристаллы; 2 – транскристаллитная зона; 3 – равноосная зона

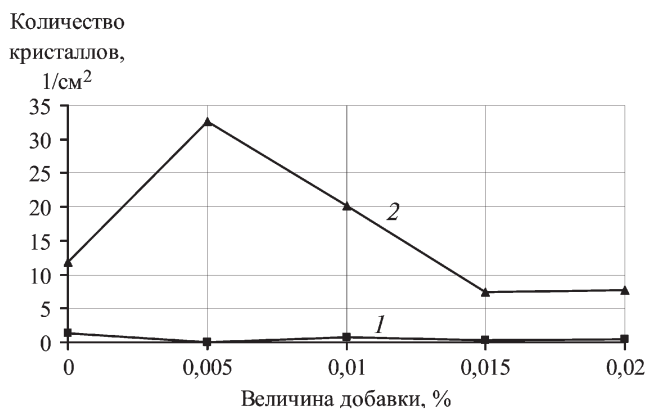


Рис. 5. Влияние величины добавки на количество дендритов: 1 – транскристаллитная зона; 2 – равноосная зона

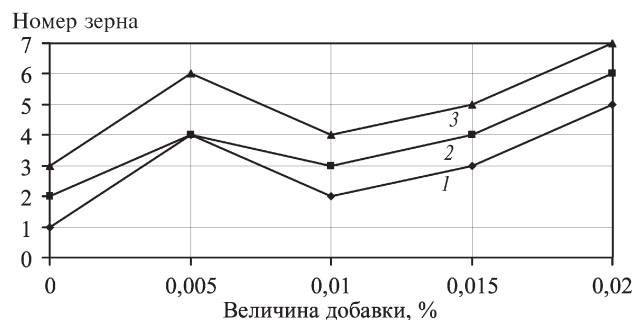


Рис. 6. Зависимость номера зерна от добавки поверхностно-активного элемента: 1 – 8 мм от поверхности; 2 – 16; 3 – 24 мм

понента в составе комплексного модификатора на макро- и микроструктуру низкоуглеродистой стали.

Исследовали влияние комплексного модификатора на структуру стали следующего состава: 0,25% С, 0,4% Si, 0,55% Mn, 0,27% Cr. Плавку вели по стандартной методике в печи ИСТ 0,4 с кислой футеровкой. Расплав заливали в окрашенный дис-тенсилиманитовой краской (слой ≈0,5 мм) кокиль с толщиной стенок 25 мм. Размер получаемого слитка 50×50×125 мм. Для питания использовали чашу из стержневой смеси, равную объему слитка. Перед модифицированием расплав раскисляли добавкой 0,01% Al и 0,001% МИГ2, которая постоянно применяется при производстве стальных отливок на УПП «Универсал-Лит» (г. Солигорск).

На рис. 1, а показана макроструктура базового сплава, раскисленного 0,01%Al и 0,001% МИГ2, а на рис. 1, б–г – микроструктура на расстоянии 8, 16 и 24 мм от охлаждающей поверхности соответственно.

На рис. 2, 3 приведены аналогичные структуры, полученные при дополнительном введении комплексного модификатора, содержащего 0,005

и 0,02% поверхностно-активного компонента соответственно. Как видно из рис. 2, модифицирование комплексом элементов приводит к образованию мелкодисперсной дендритной структуры и изменяет размер зерна на 3–4 балла.

Для выявления зависимости структуры слитка от количества поверхностно-активного компонента комплексного модификатора проводили сравнение площадей зон макрошлифа, соответствующих «замороженной», столбчатой (транскристаллитной) и равноосной структуре. Из рис. 4 следует, что добавка 0,005% поверхностно-активного элемента приводит к максимальному снижению площади транскристаллитной макроструктуры.

Не менее показательным является количество, а значит, и размер дендритов на единице площади поверхности макрошлифа. На рис. 5 приведены результаты расчета числа дендритов для транскристаллитной и равноосных зон. Как видно из рисунка, наибольшее число соответствует добавке 0,005%. Увеличение либо уменьшение добавки вызывает рост размера макрозерна. Однако, как видно из рис. 3 и 6, при увеличении количества поверхностно-активного компонента до 0,02%

происходит измельчение микроструктуры на 4 балла.

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что комплексный модификатор, содержащий карбидообразующий и поверхностно-активный компоненты, оказывает более эффективное влияние на макро- и микроструктуры низкоугле-

родистой стали. Вместе с тем, для достижения желаемого результата модифицирования необходимо вводить строго определенную величину добавки поверхностно-активного элемента: для устранения транскристаллитной структуры – 0,005%, а для максимального измельчения микроструктурного зерна – 0,02% от массы раскисленной стали.

Литература

1. Андреев И. Д., Афонаскин А. В., Бажова Г. Ю., Дородный В. Д. Влияние технологических параметров модифицирования комплексными модификаторами на свойства отливок // Литейное производство. 2002. № 6. С. 13–15.
2. Муб Л. Г., Макаров В. В., Лялин О. П., Усманов Р. Г. Десульфурация стали 25 л с помощью комплексных модификаторов с РЗМ // Литейное производство. 2003. № 3. С. 31–32.
3. Горелов В. Г., Романенко Д. Г., Демидова Е. И. Макролегирование кислой стали с использованием ванадийсодержащих отходов // Литейное производство. 2002. № 2. С. 9.
4. Бор, кальций, ниобий и цирконий в чугунах и сталях / Под ред. С. М. Винарова. М.: Металлургия, 1961.
5. Еремин Е. Н. Закономерности комплексного модифицирования литого электрошлакового металла // Анализ и синтез механических систем. Омск: Изд-во ОмГТУ. 1998. С. 131–134.
6. Комшук В. П., Фойгт Д. Б., Черепанов А. Н., Амелин А. В. Модифицирование непрерывнолитой стали нанопорошками тугоплавких соединений // Сталь. 2009. № 4. С. 65–68.
7. Давыдов И. В. Технология наномодифицирования доменных и ваграночных чугунов // Заготовительное производство. 2005. № 2. С. 3–9.