

**ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СТАЛИ 110Г13Л НА СРЕДНИЙ РАЗМЕР ЗЕРЕН И  
ВКЛЮЧЕНИЙ**

Т.В. Демент

Научный руководитель: к.т.н. Н.А. Попова, д.ф-м.н. И.А. Курзина  
Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003  
E-mail: tarasevi416@mail.ru

**EFFECT OF MODIFICATION ON STEEL 1,1C-13Mn-Fe ON AVERAGE SIZE OF GRAIN AND  
INCLUTIONS**

T.V. Dement

Scientific Supervisor: PhD N.A. Popova, Doctor of Physico-Mathematical Sciences I.A. Kurzina  
Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003  
E-mail: tarasevi416@mail.ru

***Abstract.** In this paper, was studied the effect of ultrafine powder  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $Na_3AlF_6$  and cryolite on the microstructure of steel 1,1C-13Mn-Fe. Quantitatively were studied inclusions and grain sizes. The average grain size in the non-modified samples was  $\sim 120 \mu m$ , the average size of inclusions along the grain boundaries  $\sim 12 \mu m$  in grain  $\sim 11 \mu m$ . The average grain size in the modified samples was  $\sim 99 \mu m$ , the average size of inclusions along the grain boundaries  $\sim 2,6 \mu m$  in grain  $\sim 9,6 \mu m$ .*

**Введение.** Увеличение эксплуатационного периода быстроизнашивающихся деталей машин является одной из главных проблем современного машиностроения. Продление срока службы таких деталей является важной целью в горнорудной, угольной, цементной и других отраслях промышленности, связанных с переработкой высокоабразивного минерального сырья (руды, угля, песка и др.). Период эксплуатации деталей машин и других изделий, их надежность и долговечность во многих случаях обеспечивается высокими показателями износостойкости материалов, из которых они изготовлены [1, 2].

В настоящее время одним из наиболее широко используемых материалов, обладающим высокой износостойкостью, является марганцовистая аустенитная сталь Гадфильда (110Г13Л), служащая для изготовления деталей, износ которых сопровождается ударами, большими давлениями и постоянными нагрузками. Введение модификатора, несомненно, влияет на микроструктуру, фазовый состав, и, как следствие, на свойства стали. Таким образом, детальное изучение стали 110Г13Л до и после модифицирования является актуальной задачей. В работах [3, 4] был исследован фазовый состав материалов. Однако большую роль при модификации физико-механических свойств материалов играет размер и состояние границ зерен, а также распределение неметаллических включений и их размеры. Данные исследования являются актуальными и ранее не проводились.

Целью настоящей работы является выявить влияние модифицирования на границы зерен, зеренное состояние и локализацию неметаллических включений в стали 110Г13Л.

**Материал и методы исследования.** В качестве модифицирующей смеси (МС) использовали ультрадисперсные порошки  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  и  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ . Оксидные материалы  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZrO}_2$  были получены термохимическим методом из растворимых солей редких металлов на производственных мощностях ООО «Лазерхим» (г. Донецк, Украина). В качестве поверхностно-активного вещества использовали криолит технический. Однородная смесь была получена механически смешением компонентов.

Исследованы серии образцов крестовин из высокомарганцевой стали марки 110Г13Л, изготовленных на ОАО «Новосибирском стрелочном заводе» в двух состояниях: 1) немодифицированные образцы, полученные по обычной заводской технологии; 2) модифицированные образцы (после введения ультрадисперсной модифицирующей смеси). Модифицирующая смесь (МС) состояла из ультрадисперсных порошков  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  (с содержанием примесей Nb, Hf, Mo, Mg, Fe, Cr, Al, Cu не более 5 %) и криолита, средний размер частиц составлял  $\sim 1$  мкм [3]. Модифицирование высокомарганцевой стали проводили в ковше с добавлением модификатора в количестве 0,4% от массы расплава. Полученные образцы крестовин имели следующий химический состав: 1) исходный: 1,2% C; 14,7% Mn; 0,5% Si; 0,03% P; 0,001% S; 2) модифицированный: 1,2% C; 14,1% Mn; 0,5% Si; 0,03% P; 0,001% S.

Основными методами структурных исследований отливок в работе являлись просвечивающая электронная дифракционная микроскопия (электронный микроскоп ЭМ-125 при рабочем увеличении 25000 крат) – ПЭМ, и оптическая микроскопия (микроскоп металлографический инвертированный Метам ЛВ– 34, при увеличениях 100, 200, 400 крат).

**Результаты и их обсуждение.** По изображениям, полученным методом оптической металлографии (рис.1) проанализирован размер зерен до и после введения модифицирующей смеси в расплав.

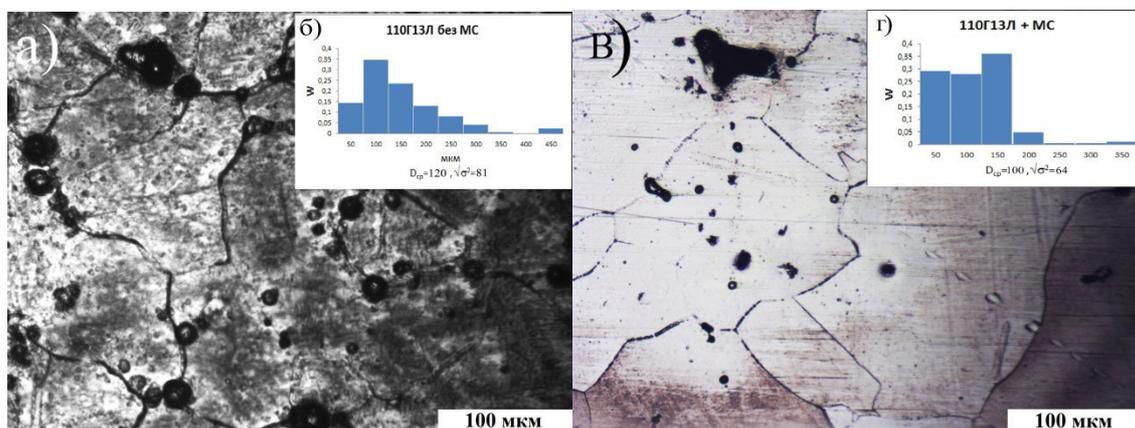


Рис.1. Изображения, полученные методом оптической металлографии (а, в), и распределения зерен по размерам (б, г) до (а, б) и после (в, г) модификации

Установлено, что размеры основной части зерен в исходном (до модификации) состоянии находятся в диапазоне от  $\sim 50$  мкм до  $\sim 450$  мкм, при этом основную фракцию представляют зерна с размером от  $\sim 50$  мкм до  $\sim 100$  мкм ( $\sim 35\%$ ), средний размер зерен составляет  $\sim 120$  мкм (рис.1б). После модификации размеры основной части зерен находятся в диапазоне от  $\sim 50$  мкм до  $\sim 350$  мкм, при этом основную фракцию представляют зерна с размером от  $\sim 100$  мкм до  $\sim 150$  мкм ( $\sim 36\%$ ), средний размер

зерен составляет ~99 мкм (рис.1з). Таким образом, введение модификатора повлияло на размер зерен, а именно, основная часть зерен (более 90%) имеет меньшие размеры по сравнению с немодифицированным образцом (меньше 150 мкм). Это подтверждается распределениями зерен по размерам, представленными на рис. 1б и рис. 1г.

На рис. 1а,в видно, что по всему объему как исходного образца, так и модифицированного присутствуют неметаллические включения вторичных фаз. Проведенные измерения показали, что в исходном образце на границах зерен находятся в основном крупные неметаллические включения, в теле зерен локализуются более мелкие включения. Средний размер включений по границам зерен составляет ~12 мкм, средний размер включений внутри зерен составляет ~11 мкм. Это хорошо видно на изображениях и подтверждается распределениями, представленными на рис.2а-б.

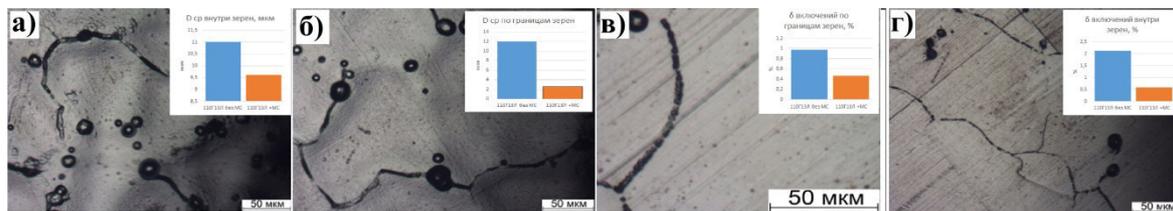


Рис. 2. Изображения, полученные методом оптической микроскопии, и распределения включений по размерам до и после модификации

После модификации по всему объему образца также присутствуют неметаллические включения (рис. 1в). Однако обнаружено, что по границам зерен локализуются мелкие включения, средний размер которых составляет ~2,6 мкм. Крупные неметаллические включения находятся теперь в теле зерен. Средний размер крупных включений составляет ~9,6 мкм. Подтверждением этому служит рис.2 в-г. Введение модифицирующей смеси существенно повлияло на размеры неметаллических включений, размер которых уменьшился более чем в 4 раза по границам зерен, но при этом увеличилось их количество.

**Заключение.** Проведенные исследования методом оптической микроскопии показали, что модификатор повлиял на локализацию, размеры и объемную долю неметаллических включений, а именно:

- 1) средний размер включений по границам зерен уменьшился более чем в 4 раза, объемная доля уменьшилась в 2 раза;
- 2) включения равномерно локализовались по границам зерен;
- 3) средний размер включений внутри зерен практически не уменьшился, при этом объемная доля уменьшилась в 4 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богачев И.Н., Еголаев В.Ф. Структура и свойства железомарганцевых сплавов. – М.: Металлургия, 1973. – 295с.
2. Цуркан Д.А., Корзунин Ю.К., Расщупкин В.И. Повышение эксплуатационной надёжности машин. // Омский научный вестник. – 2010. – №2. – С. 113-115.
3. Zykova A.P., Kurzina I.A., Novomejsky M.Y. et al. Morphology and Topology of Coherent Scattering Regions of the Fe-Mn-C Steel Fine Structure // Adv. Mater. Res. – 2015. – V. 1085. – P.84-90.