

## Исследование неметаллических включений и структуры трубной стали, микролегированной бором

© Бабенко\* Анатолий Алексеевич, Сельменских Наталья Ильинична  
и Уполовникова<sup>+</sup> Алена Геннадьевна

Лаборатория пирометаллургии цветных металлов. Институт металлургии УрО РАН.  
ул. Амундсена, 101. г. Екатеринбург, 620016. Свердловская область. Россия.  
Тел.: (343) 232-91-62. E-mail: [upol.ru@mail.ru](mailto:upol.ru@mail.ru)

\*Ведущий направление; <sup>+</sup>Поддерживающий переписку

**Ключевые слова:** трубная сталь, бор, сера, марганец, неметаллические включения, структура, механические свойства.

### Аннотация

Исследование количества и состава неметаллических включений показало, что при введении бора увеличивается объемная доля оксидных и оксисульфидных включений, и значительно уменьшается объемная доля сульфидных включений. При этом легирование стали бором увеличивает до 98.7% долю включений размером не более 5 мкм против 80.6% на сравнительном металле. В опытном металле доля неметаллических включений размером более 10 мкм не превышает 0.6% против 13.6% в металле без бора. Исследования неметаллических включений показали, что в опытном металле, содержащем 0.006% бора самостоятельные борсодержащие включения не были выявлены.

Не обнаружен бор и в составе исследуемых неметаллических включений. В образцах металлопроката опытных и сравнительной плавок неметаллические включения представлены преимущественно оксидными, оксисульфидными и сульфидными включениями. Фазовый состав неметаллических включений в сравнительном образце без бора, содержащем в % масс.: 1.4 Mn и 0.005 S, представлен оксидными и оксисульфидными включениями сложного состава и отдельными сульфидными включениями. В опытном образце трубной стали, содержащей в % масс.: 0.006 B, 1.4 Mn и 0.003 S, наиболее распространенными являются мелкие включения, имеющие в 99% случаев размер не более 5 мкм и представленные большим количеством силикатных стекол с оксидами железа и марганца размером 1-2 мкм и округлыми оксисульфидами. Микролегирование стали бором сопровождается образованием дисперсной ферритно-бейнитной структуры, которая состоит из мелкозернистого феррита с участками бейнита. О повышении дисперсности структуры опытного образца стали свидетельствует уменьшение размера ферритного зерна с 8.7 до 7.2 мкм.

Микролегирование трубной стали бором практически не повлияло на размер аустенитного зерна. Микротвердость феррита и перлита, в сравнительном образце стали без бора, не превышает в среднем 180 и 214 HV<sub>10</sub> соответственно. Присутствие бора в опытном образце стали в количестве 0.006% увеличивает микротвердость феррита до 260 HV<sub>10</sub> и бейнита до 314 HV<sub>10</sub>. Это обусловлено, по-видимому, тем что бор, являясь достаточно активным элементом, сегрегирует первым на межфазных границах, что способствует увеличению концентрации и равномерности распределения углерода в объеме зерен и приводит к повышению дисперсности и твердости исследуемых структур опытного металла.