

## Влияние карбидных выделений на упрочнение низкоуглеродистых Ti – Mo микролегированных сталей ферритного класса

А. И. Зайцев<sup>1,2</sup>, А. В. Колдаев<sup>1</sup>, Н. А. Арутюнян<sup>1,2</sup>,  
И. А. Краснянская<sup>1</sup>, С. Ф. Дунаев<sup>2</sup>, Б. М. Могутнов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: aizaitsev1@yandex.ru.

<sup>2</sup>Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва.

Выполнено исследование влияния микроструктуры и наноразмерных выделений карбидов на упрочнение низкоуглеродистой микролегированной 0,048 C – 0,20 Mo – 0,130 Ti стали в зависимости от условий окончания горячей прокатки. На основе обобщения с результатами предыдущих исследований показано, что при увеличении скорости охлаждения после завершения горячей прокатки до температуры смотки происходит смена типа карбидных выделений с межфазного на ферритный. При быстром охлаждении реализуются, в основном, механизмы дислокационного и зернограничного упрочнения. При замедлении — повышается вклад дисперсионного твердения за счет образования межфазных выделений.

Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь, сталь ферритного класса, микролегирование, механизмы упрочнения, дисперсионное твердение, межфазные выделения, ферритные выделения

The influence of the microstructure and nanosized carbide precipitates was studied on the strengthening of the low-carbon micro-alloyed (0.048pct C – 0.20 pct Mo – 0.130 pct Ti) steel depending on the conditions of the hot rolling end. On the basis of generalization with the results of previous studies, it has been shown that with an increase in the cooling rate after completion of hot rolling to the coiling temperature, the type of carbide precipitates changes from interphase to ferritic. On rapid cooling, the mechanisms of dislocations and grain boundary strengthening are mainly realized. During deceleration the contribution of precipitation strengthening increases due to the formation of precipitates.

Keywords: low-carbon steel, ferritic steel, microalloying, strengthening mechanisms, precipitation strengthening, interphase precipitates, ferritic precipitates.

### Введение

Разработанные в последнее время высокопрочные низкоуглеродистые микролегированные стали ферритного класса характеризуются высоким комплексом трудносочетаемых показателей технологических, служебных свойств [1 – 3] и явля-

ются перспективными для широкого применения в транспорте, строительстве, машиностроении, других отраслях современной техники и промышленности. В частности, они обладают одновременно высокой прочностью, пластичностью, штампуемостью, усталостной и коррозионной стойкостью при хорошей свариваемости. Эффективное повышение