

## ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ Ti НА СОСТАВ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫДЕЛЕНИЯ КАРБОНИТРИДОВ Nb И V В ОТЛИВКАХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

В упрочнении низкоуглеродистых микролегированных сталях значительную роль играют процессы выделения карбидов и карбонитридов из твёрдого раствора. Применяемые при модифицировании сталей растворимые порошковые модификаторы на основе карбидов и нитридов Ti, Nb и V помимо воздействия на процессы кристаллизации оказывают микролегирующий эффект. Следовательно, теоретический расчёт карбонитридообразования представляет научный и практический интерес. В данном исследовании с применением математического конечноразностного моделирования оценено влияние различных содержаний титана на выделение карбонитридов Nb и V в стали состава: C – 0,1 %, Mn – 1,5 %, Si – 0,25 %, Al – 0,03 %, Nb – 0,02 %, V – 0,02 %, N – 0,005 %.

Из приведенных на рис.1 графиков видно, что изменение содержания Ti оказывает влияние на характер изменения состава карбонитридов Nb и V по мере их выделения при снижении температуры металла.

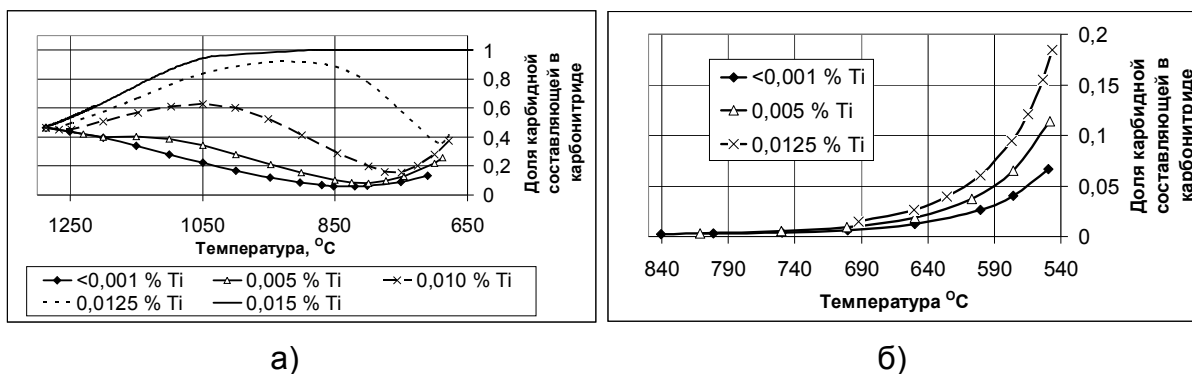


Рис.1 – Влияние содержания Ti на температурную зависимость состава карбонитридов Nb и V: а) карбонитрид Nb; б) карбонитрид V

Титан имеет сильное сродство к N, и доля C в карбонитриде Nb с ростом содержания Ti увеличивается. На кривой появляется максимум, с возрастанием содержания Ti (до 0,0125 %) становящийся более выраженным (рис.1а). Наличие его объясняется изменением количества выделяющихся нитридов Ti и изменением расхода N на их формирование: вначале Ti забирает большие количества N, и доля нитридной составляющей в карбонитриде Nb падает, когда

значительная часть Ti израсходована, доля N в карбонитрида Nb вновь возрастает. При повышении содержания Ti до значений  $\geq 0,015\%$  наступает момент, когда N оказывается связан и начинается выделение карбидов. При меньших содержаниях Ti в низкотемпературной области наступает момент, при котором, N становится настолько мало, что доля карбидной составляющей начинает возрастать, что объясняет минимум на кривых. Температура начала выделения карбонитрида Nb не зависит от содержания Ti в рассмотренных пределах. Влияние Ti на изменение состава карбонитридов V (рис.1б) имеет иной характер: доля карбидной составляющей монотонно повышается по мере снижения температуры и возрастает по мере увеличения содержания Ti. При содержании Ti  $\approx 0,015\%$ , N оказывается связан до начала выделения соединений V. В этом случае V образует карбид при температурах ниже 480 °C (на графике не обозначен). Температура начала выделения карбонитрида V зависит от содержания Ti и снижается от 840 °C (0 % Ti) до 690 °C (0,0125 % Ti). Температура выделения VC при содержании Ti  $\geq 0,015\%$  мало зависит концентрации Ti.

На рис. 2 приведены графики, описывающие влияние Ti на изменение состава твёрдого раствора при выделении карбонитридов Nb и V.

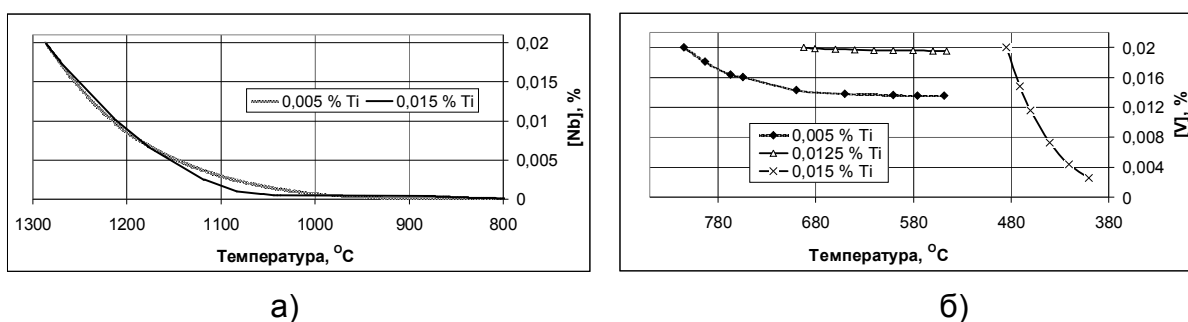


Рис.2 – Влияние Ti на температурную зависимость состава твёрдого раствора:  
а) карбонитрид Nb; б) карбонитрид V

При температурах ниже 1000 °C большая часть Nb связывается в карбонитриды, и количество более низкотемпературных его соединений мало. Изменение содержания титана практически не влияет на процесс (рис 2а).

Повышение концентрации Ti в пределах 0,005...0,0125 % снижает количество выделившегося карбонитрида V и увеличивает его остаточное содержание в твёрдом растворе (рис. 2б). Повышение концентрации Ti до  $\geq 0,015\%$ , стимулируя выделение низкотемпературного VC, приводит к образованию значительного его количества и заметному снижению остаточного содержания V.

Полученные результаты позволяют повысить эффективность карбонитридного упрочнения при модифицировании качественных сталей.