

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АЗОТИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Ригина Л.Г.<sup>1</sup>, Костина М.В.<sup>2</sup>, Орлов В.В.<sup>1</sup>, Косырев К.Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ОАО «НПО ЦНИИТМАШ»,  
Москва, Шарикоподшипниковская ул., 4  
[LGRigina@cniitmash.com](mailto:LGRigina@cniitmash.com)

<sup>2</sup> ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,  
Москва, Ленинский пр-кт, 49  
[mvk@imet.ac.ru](mailto:mvk@imet.ac.ru)

Рассмотрены физико-химические, физико-механические и эксплуатационные свойства ряда современных легированных азотом сталей, с равновесной и сверхравновесной концентрацией азота. В том числе, уделено внимание композициям Fe-Cr-N, Fe-Cr-Mn-N, Fe-Cr-Ni-Mn-N, Fe-Cr-Ni-N разработанных, либо уже применяющихся сталей. Приведены оптимальные интервалы легирования их азотом и оценен вклад азота в формирование структурно-фазового состояния и комплекса их свойств.

При легировании сталей азотом важным является: определение максимально возможного уровня его растворимости в металле, создание условий для его введения в жидкий металл и сохранения азота в твердом металле. Различие в содержании азота в жидком и твердом металле учитывается с использованием понятия композиционно устойчивого содержания азота и коэффициента композиционной устойчивости. Рассмотрены основные термодинамические факторы, влияющие на растворимость азота в стали: ее химический состав, температура и давление при которых протекает процесс легирования.

Уделено внимание достоинствам и недостаткам производства азотированных сталей в открытых печах. Рассмотрены основные технологии электрошлакового переплава. Отмечено, что электрошлаковый процесс позволяет сохранить азот в процессе переплава азотированных сталей, обеспечить равномерное его распределение по высоте и сечению слитка, получить слитки с хорошей поверхностью и плотной структурой с радиально-осевой направленностью без дефектов усадочного характера. ЭШП позволяет снизить в металле содержание серы в 2-3 раза, кислорода в 3-7 раз, неметаллических включений (НВ) в 2,5-3 раза, что способствует повышению пластичности и ударной вязкости азотсодержащей стали, улучшению её технологичности.

Рассмотрены, в т.ч. на конкретных примерах, особенности метода электрошлакового переплава под давлением (ЭШПД), в том числе, его возможности, позволяющие: - получить содержание азота в металле выше равновесного (при стандартных условиях) и обеспечить его сохранение в процессе кристаллизации; - получить более плотную структуру слитка и менее развитую дендритную структуру (особенно при высоких концентрациях азота); - уменьшить содержание НВ (особенно оксидных); - уменьшить угар легирующих элементов (практически до нуля) и обеспечить практически идеальную экологию производства.