

Е.И. БЕЛЬСКИЙ, Е.И. ПОНКРАТИН,  
В.М. РОМАНОВСКИЙ

### СВОЙСТВА СТАЛЕЙ ТИПА 5ХНМ, ЛЕГИРОВАННЫХ ВАНАДИЕМ, ТИТАНОМ, БОРОМ И АЛЮМИНИЕМ

В настоящее время при изготовлении штампов для крупносерийного производства используется преимущественно сталь 5ХНМ. Достоинствами ее являются достаточно высокие пластичность и ударная вязкость при удовлетворительной прочности. Однако наряду с этим сталь характеризуется невысокой теплостойкостью, что ограничивает возможность ее применения в условиях интенсификации производства. Кроме того, сталь 5ХНМ имеет неудовлетворительную прокаливаемость.

Для повышения теплостойкости и прочности стали 5ХНМ при сохранении высокой ударной вязкости, а также для повышения износостойкости и теплостойкости азотированного слоя сталь легировали ванадием, титаном, бором и алюминием в различных сочетаниях. В работе использовался метод математического планирования. Выплавку сталей осуществляли в соответствии с матрицей планирования типа  $2^{5-2}$ .

Исследования показали, что использованный комплекс легирования позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики сталей. Стали, содержащие ванадий, склонны к вторичному твердению после отпуска 550...600 °С, с повышением температуры закалки твердость после отпуска 600 °С достигает 52 HRC<sub>3</sub>. Стали, содержащие ванадий и алюминий, обладают высокой отпускостойчивостью (40 HRC<sub>3</sub> после отпуска 680 °С) и теплостойкостью (45 HRC<sub>3</sub> после дополнительного нагрева в течение 4 ч при температуре 640 °С). Стали, содержащие ванадий, титан, алюминий и бор, кроме высокой теплостойкости и прочности, имеют достаточно высокую ударную вязкость.

Можно отметить положительное влияние бора на твердость сталей в горячем состоянии. Так, стали, содержащие ванадий и бор, имеют наибольшую твердость при температуре испытаний 600 °С, равную 1,7 ГПа.

Исследование азотированных слоев показало, что максимальное влияние на их теплостойкость оказывают алюминий, титан. Можно отметить положительное влияние бора. Причем с повышением температуры испытаний влияние бора на теплостойкость азотированного слоя возрастает. Так, к примеру, микротвердость азотированного слоя сталей после нагрева до 640 °С в течение 4 ч составляет 10...12 ГПа.

Таким образом, в результате легирования стали 5ХНМ ванадием, титаном, бором и алюминием можно получить экономнолегированную сталь, которая по своим свойствам не уступает сталям с большим содержанием легирующих элементов, таким как 4Х5МФС и 4Х5В2ФС.