

УДК 669.1.017

## **Разработка состава хладостойких сталей для износостойких деталей**

А.А. Перегудов, Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Научный руководитель докт. техн. наук С.А. Вологжанина, Университет ИТМО, Санкт-Петербург

На работоспособность рабочего оборудования горнодобывающей техники большое влияние оказывает износ. Неудовлетворительная стойкость литых деталей при низких температурах приводит к большим простоям техники и большим экономическим потерям.

**Цель** данной работы – провести исследования по разработке состава сталей для износостойких деталей, работающих в условиях высоких контактных нагрузок и низких температур.

Химический состав опытных сталей выбирался в соответствии с требованиями обеспечения высокой абразивной стойкости и стойкости к хрупкому разрушению. Анализ российских и зарубежных износостойких материалов показал, что перспективной может быть композиция стали, включающая в том числе ванадий, молибден, марганец и хром.

Дополнительное введение никеля целесообразно с точки зрения повышения вязкости стали. При этом проблема комплекса износостойкость – вязкость может быть решена путем подбора термической обработки, обеспечивающей получение мелкозернистой структуры с дисперсными включениями карбидов.

В работе был проведен расчет требуемого количества легирующих элементов в составе стали. Твердость и износостойкость, как известно, определяются мартенситной составляющей в стали. Была рассчитана температура начала мартенситного превращения.

Для обеспечения наилучшего сочетания механических свойств желательно обеспечить наличие в структуре бейнита, для чего также была рассчитана температура начала бейнитного превращения.

В связи с тем, что детали имеют конкретные геометрические размеры, а заданная структура должна обеспечиваться и в теплоинерционных точках деталей, то есть по всему сечению, производят корректировку состава стали с учетом заданной прокаливаемости. Для этой цели, кроме температуры начала мартенситного превращения необходимо знать и величину прокаливаемости, которую оценивали по термокинетической диаграмме распада переохлажденного аустенита. Кроме того, по зависимостям Инагаки рассчитывали инкубационный период начала ферритного, перлитного и бейнитного превращений. В результате было установлено, что углеродный эквивалент должен составлять не менее 0,57.

Введение в сталь Mn в количестве до 1,5 % увеличивает как значения прочности, так и ударной вязкости. Эффективно совместное введение в сталь марганца и ванадия. Это объясняется тем, что выделение карбидов ванадия при охлаждении происходит с области температур фазового превращения. Повышение устойчивости аустенита, легированного марганцем, расширяет температурный интервал выделения карбонитридов. Снижение скорости диффузии углерода при этом способствует повышению степени дисперсности выделяющихся карбонитридов ванадия. Таким же образом может сказываться и влияние хрома, повышающего устойчивость переохлажденного аустенита.

Эффективность действия карбонитридообразующих элементов зависит от их растворимости в аустените. Определяя предельную растворимость, можно установить, какое количество может раствориться, а затем выделиться в виде дисперсной фазы. Расчеты показали, что оптимальна концентрация ванадия в низкоуглеродистой стали должна составлять до 0,12 %.

Введение молибдена до 0,5 % существенно снижает порог хладноломкости. Это связано с тем, что молибден оказывает сдерживающее влияние на диффузионную подвижность фосфора и

образование им сегрегаций по границам зерен. Кроме того, молибден уменьшает отпускную хрупкость второго рода.

Никель ослабляет взаимодействие дислокаций с атомами внедрения и сопротивление кристаллической решетки движению свободных дислокаций, приводя к повышению пластичности и трещиностойкости стали. Действие никеля на хладноломкость особенно эффективно в сочетании с молибденом. Следует отметить, что никель и молибден, как и марганец, повышают устойчивость переохлажденного аустенита. А это, в свою очередь, повышает дисперсность продуктов его распада и увеличивает хладостойкость стали.

Окончательное раскисление литых сталей практически всегда осуществляют алюминием, который обеспечивает достаточно низкое содержание кислорода в стали и получение плотных отливок. Кроме того, алюминий, благодаря способности вступать в химическую реакцию с азотом, растворенным в стали, применяют в качестве регулятора размера зерна аустенита при производстве сталей с наследственно мелкозернистой структурой. Получение мелкозернистой структуры является эффективным средством упрочнения стали и повышения ее сопротивляемости хрупкому разрушению. Алюминий, хотя и не образует химических соединений с серой, оказывает влияние на форму и характер расположения сульфидных включений. В среднеуглеродистых низколегированных сталях оптимальная концентрация алюминия составляет 0,03-0,06 %.

Проведенный всесторонний анализ показал, что стали для дальнейшего исследования должны иметь следующее содержание, масс. %: углерода 0,30-0,40; марганца 0,50-0,80; кремния 0,20-0,60; хрома 1,20-1,80; молибдена 0,40-0,60; ванадия 0,08-0,12; никеля около 1.