

In the work the research of influence of the complex alloy addition as well as the additional microalloying by ligature NbVA, by zirconium nitride and ferrotitanium on the structure, mechanical and cavitation-erosive qualities of steels.

М. И. КАРПЕНКО, В. М. КАРПЕНКО, О. Д. КУДРЯВЦЕВ, ГГТУ им. П.О. Сухого

УДК 621.74:669.13-27

КОМПЛЕКСНО-ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ С ПОВЫШЕННЫМИ КАВИТАЦИОННО-ЭРОЗИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Для деталей, работающих в условиях интенсивного кавитационно-эрозионного изнашивания, часто используют высоколегированные хромоникелевые стали аустенитного класса типа 17X18H9 и 10X17H13M3T. Совместное легирование сталей Cr, Ni и Mo используют для изготовления многих деталей в гидротурбостроении. Однако такое легирование является дорогостоящим и оправдано для сталей при работе в условиях высокой электрохимической коррозии и кавитационной эрозии. Эти стали закаляют с температуры 1150 °С в воде. Коррозионная стойкость этих сталей в растворе HNO₃ при температуре 20 °С не превышает 0,05–0,1 мм/год. При снижении температуры с +20 °С до –40 °С ударная вязкость KCU уменьшается с 35–45 до 26–31 Дж/см. Кавитационно-эрозионная стойкость стали 17X18H9 составляет 160–175 мг/(м²·гс).

Для деталей, работающих в условиях кавитационно-эрозионного изнашивания, часто используют высокомарганцевую сталь 110Г13Л, содержащую 0,9–1,3% С и 11,5–14,5% Mn. Структура этой стали после литья состоит из аустенита и избыточных карбидов (Fe, Mn)₃C, выделяющихся по границам зерен, что снижает прочность и вязкость стали. В связи с этим такие литые изделия, как траки некоторых гусеничных машин, детали землеройных механизмов, гидроциклонов и гидронасосов, закаляют с нагревом до

1100°С и охлаждением в воде. При таком нагреве растворяются карбиды и повышаются механические свойства стали, устойчивость аустенитной структуры и сопротивляемость изделий изнашиванию. Предел прочности стали достигает 800–1000 МПа, предел выносливости – 176–196 МПа, твердость – 186–229 НВ, KCU при +20 °С – 240–320 Дж/см и при –40 °С – 220–300 Дж/см². Глубина коррозии марганцевых сталей более высокая и в 3%-ном растворе NaCl составляет 0,05–0,09 мм/год. В связи с ограниченностью ресурсов никеля и молибдена и высокой стойкостью в условиях ударных и микроударных нагрузок Cr-Mn-сталей в работе проведено исследование влияния комплексного легирования на структуру, механические свойства и кавитационно-эрозионные свойства ряда сталей, содержащих 0,1–0,7% С; 5,1–13% Cr; 5,1–11,5% Mn; 0,03–0,3% N; Fe и технологические примеси – остальное.

Плавку производили в индукционных печах емкостью 200 кг. При комплексном легировании использовали азотированный феррохром, нитриды ванадия, алюминия и циркония, азотированные лигатуры АВТУ (ТУ 48-4-441-83) и Н8ВА (ТУ 43-9514-31-84), сплав на основе никеля ЭТНА-1 с содержанием 12% Ti и 6,5% Al и др. В таблице приведены механические и кавитационно-эрозионные свойства ряда комплексно-легированных сталей после термической обработки.

Свойства комплексно-легированных литейных сталей

| Марка стали | Микролегирующая добавка | Термообработка | Структура | Механические свойства | | | Кавитационно-эрозионная стойкость, мг/(м ² гс) |
|-------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|---|
| | | | | σ _b , МПа | Твердость НВ | Износ по ГОСТ 23.212-82 | |
| 20X10Г7АЛ | Азотированный феррохром | Закалка, отпуск | Аустенит, мартенсит (15%) | 710–730 | 215–225 | 431–490 | 131–135 |
| 12X7Г10АЛ | Нитриды ванадия | Закалка, отпуск | Аустенит | 750–810 | 230–241 | 381–395 | 123–128 |
| 12X7Г10АЛ | Нитриды алюминия | Закалка, отпуск | Аустенит | 710–727 | 217–228 | 412–427 | 141–147 |
| 10X9Г10АЛ | Нитриды циркония | Нормализация | Аустенит, мартенсит (18%) | 775–830 | 235–247 | 343–367 | 121–126 |

Испытания сталей на изнашивание при ударных нагрузках в условиях низких температур проведены в соответствии с ГОСТ 23.212-82. Абразивная лента изготовлена из тканевой шлифовальной шкурки типа 2 по ГОСТ 5009-82 с абразивным материалом из нормального электрокорунда марки 15А зернистостью 16-П по ГОСТ 3647-80, нанесенным электрическим методом. Износ образцов диаметром 10 и длиной $20 \pm 0,05$ мм определяли путем взвешивания. Коррозионно-механическую стойкость рассчитывали на скоростных гидроабразивных установках (рис. 1), содержащих электродвигатель 1, защитный экран 2, металлические диски 3 и 5, промежуточный резиновый диск 4, стягивающие болты 6, втулки 7, испытываемые образцы 8, гидроабразивную пульпу 9. В качестве охлаждающей среды при испытании сталей при низких температурах использовали жидкий азот, при комнатных температурах – простую воду.

Количество вводимых азотированных ферросплавов и микролегирующих добавок, вводимых в стопорные разливочные ковши, составляет 0,35–1,0%. Заливку сталей производили в сухие жидкостекольные формы. Механические и эксплуатационные свойства получены после термической обработки отливок и образцов.

На рис. 2 показано влияние на гидроабразивный износ (при температуре гидроабразивных пульп $+20$ °С) нитридов алюминия (кривая 1), нитридов титана (кривая 2), нитридов ванадия (кривая 3) и нитридов циркония (кривая 4) при содержании их до 0,3 мас.% в сплаве 60 Х7Г9АЛ, обладающем высокой стойкостью при циклическом контактно-ударном и кавитационно-эрозионном изнашивании. Испытания показали, что при микролегировании сталей, содержащих 9,0–11% Mn, 7,5–10,5% Cr, лигатурой НδВА, нитридом циркония и ферротитана более 0,3%, снижаются механические свойства и кавитационно-эрозионная стойкость, так как они преимущественно располагаются по границам зерен.

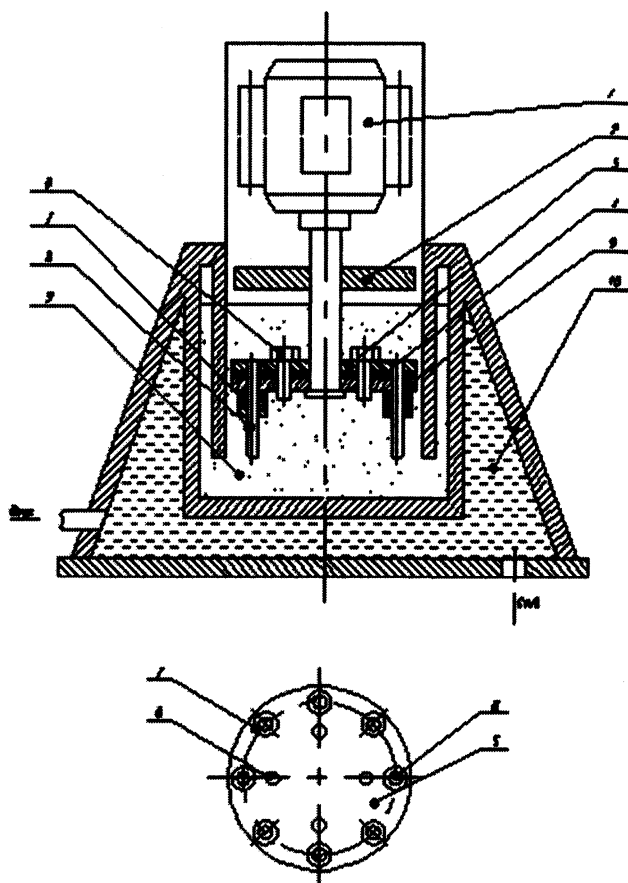


Рис. 1. Скоростная гидроабразивная установка

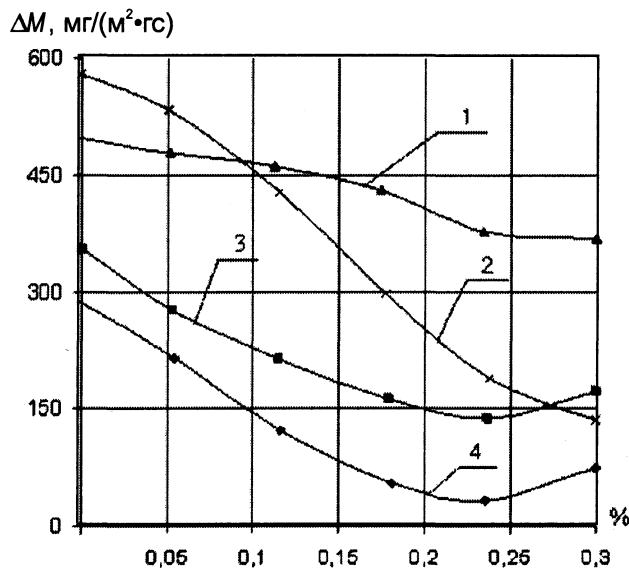


Рис. 2. Содержание нитридов в стали