ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/228

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ТРУБНЫХ Cr-Mo СТАЛЕЙ,
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СЕРОВОДОРОДСОДЕРЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ**

¹Путилова Е.А., ¹Задворкин С.М., ¹Горкунов Э.С., ²Веселов И.Н., ²Пышминцев И.Ю.

¹*ИМАШ УрО РАН, Екатеринбург*

²*ОАО «РосНИТИ», Челябинск*

В нашей стране разведано значительное количество месторождений нефти и газа сосредоточенных в Арктической зоне: это месторождения на Ямале, Штокмановское в Баренцевом море и др. На шельфе содержится четверть разведанных в России запасов нефти и половина запасов газа. Однако если нефть залегает на глубинах 2000-3000 м, то природный газ накапливается на больших глубинах и зачастую содержит существенные количества агрессивных примесей, в том числе сероводорода и диоксида углерода. По мере увеличения глубины залегания углеводородов к материалам для обустройства скважин предъявляются требования все более высокой прочности в сочетании со стойкостью к воздействию агрессивных сред. Однако, как известно, чем выше прочность стали, тем выше склонность к сульфидному растрескиванию под напряжением (СРН).

Для нефтепромысловых труб, эксплуатируемых на больших глубинах и в условиях агрессивных коррозионных сред, традиционно применяют стали, разработанные на базе известных композиций машиностроительных сталей типа AISI 4130 (0,3 масс. % С; 1,0 масс. % Cr; 0,2 масс. % Mo). Стойкость стали к воздействию сероводородсодержащих сред обеспечивается в результате формирования дисперсной (мелкозернистой) однородной структуры с равномерно распределенными карбидами и, по возможности, низкой плотностью дислокаций. С точки зрения стойкости к СРН дисперсионное упрочнение предпочтительнее дислокационного, поскольку дислокации имеют повышенную способность улавливать и удерживать водород, что может привести к охрупчиванию материала. Признанным путем создания такой структуры является закалка на мартенсит во всем сечении и последующий длительный высокотемпературный отпуск. Как показывает опыт, в этом случае, в сталях с высоким содержанием молибдена (до 0,8 масс. %), микролегированных сильными карбидообразующими элементами ванадием и ниобием, формируются специальные карбиды, а достижение требуемого уровня прочности обусловлено их дисперсностью при низкой плотности дислокаций в отпущенной структуре, что обеспечивает достаточную стойкость против охрупчивающего воздействия сероводорода (водорода).

В докладе приведены результаты исследования структуры и физико-механических свойств высокопрочной малоуглеродистой низколегированной хромомолибденовой стали для нефтегазопромысловых труб, эксплуатирующихся в экстремальных климатических условиях.

Благодаря правильно подобранному химическому составу и уровню микролегирования, а также режиму термической обработки, позволяющему добиться упрочнения материала не путем дислокационного механизма упрочнения, а дисперсионного, в результате получили сталь с уровнем механических свойств, соответствующих трубным сталям класса прочности C110 ($\sigma_{0,2} = 805$ МПа, $\sigma_B = 840$ МПа, $\delta = 13,6$ %, $\psi = 41$ %, HV 0.05 300).

После закалки получили структуру отпущенного мартенсита с размером исходных аустенитных зерен 2-12 мкм. Отпущенный мартенсит представляет собой структуру с мелкими зернами неправильной формы. Последующий длительный высокотемпературный отпуск приводит к образованию сорбита отпуска, перегруппировке и уменьшению количества дислокаций в структуре стали и выделению карбидных фаз глобулярной формы, как в теле зерна, так и по его границам. Подобная структура является оптимальной для получения хорошего соотношения прочности и сопротивления сульфидному растрескиванию под напряжением.

С целью определения информативных параметров, которые могли бы быть использованы для осуществления контроля напряженно-деформированного состояния труб в

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

процессе эксплуатации, проводили определение магнитных характеристик не только в исходном состоянии, но и в процессе нагружения образца. Таким образом, было установлено, что остаточная индукция изменяется однозначно во всем диапазоне приложенных нормальных напряжений, и ее можно использовать как информативный параметр при магнитном контроле напряженно-деформированного состояния материала труб, который должен выдерживать большой вес обсадной колонны и обладать достаточным сопротивлением давлению горных пород.

При выполнении работы использовано оборудование ЦКП «Пластометрия».