

**Отзыв на автореферат кандидатской диссертации Д.П. Ускова  
«ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫСОКОПРОЧНЫХ  
КОМПЛЕКСНОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ОБСАДНЫХ ТРУБ В  
ХЛАДОСТОЙКОМ И КОРРОЗИОННО-СТОЙКОМ ИСПОЛНЕНИЯХ»**

Освоению запасов нефти и газа с осложненными условиями добычи требует повышения эксплуатационных свойств обсадных и насосно-компрессорных труб в скважинах: наряду с высокой прочностью и пластичностью материал должен обладать повышенными характеристиками хладостойкости при температуре минус 60°C и стойкостью к сульфидному коррозионному растрескиванию. Традиционно используемые среднеуглеродистые хромомолибденовые стали после термической обработки путем термоулучшения позволяют выполнить современные требования к обсадным трубам, но в условиях конкуренции возникает вопрос об экономической целесообразности выбора химических составов сталей. В связи с этим актуальной становится задача комплексного исследования зависимости ключевых свойств сталей этого класса от содержания молибдена и дополнительного легирования ниобием и ванадием, а также режимов термической обработки, чему и посвящена диссертационная работа Д.П. Ускова.

При проведении указанного комплексного исследования диссертант получил ряд новых научных результатов. Показал положительное влияние молибдена на стойкость высокопрочных трубных сталей к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением за счет повышения устойчивости переохлажденного аустенита с формированием преимущественно мартенситной структуры при закалке и замедления роста карбидов типа  $Me_3C$  при отпуске, что позволяет проводить его максимально близко к температуре  $A_{c1}$  с достижением заданной прочности при низкой плотности дислокаций, снижая чувствительность к водородному охрупчиванию. Установил необходимое количество молибдена для легирования трубных сталей с пределом текучести более 758 МПа в хладостойком до температур эксплуатации минус 60 °С исполнении (0,30÷0,35 мас.%) и в коррозионно-стойком исполнении с пороговым напряжением 85 % от минимально нормируемого предела текучести в водном растворе, насыщенном сероводородом, (0,70÷0,80 мас.%). Определил влияние микролегирующих добавок на микроструктуру и свойства среднеуглеродистых хромомолибденовых сталей после улучшающей термообработки, при этом ниобий в количестве 0,02÷0,03 мас.% позволяет получить наследственное аустенитное зерно не более 12 мкм и повысить стойкость к разрушению как при пониженных температурах, так и в средах, насыщенных сероводородом, а ванадий в количестве 0,03÷0,05 мас.% способствует повышению прочности, но снижает ударную вязкость. Показал, что требуемая стойкость к сульфидному растрескиванию под напряжением достигается в сталях, легированных 0,70÷0,80 мас.% молибдена, с 0,02÷0,04 мас.% ниобия и 0,03÷0,05 мас.% ванадия благодаря формированию после закалки с температур  $A_{c3}+(50÷60)$  °С и отпуска при температурах 680÷700 °С с продолжительностью не менее 1,5 часа мелкодисперсной однородной микроструктуры, обладающей минимальной плотностью дислокаций, с субмикронными частицами цементита, легированного молибденом и хромом, и наноразмерными специальными карбидами на основе ниобия и ванадия

Практическая значимость результатов диссертации заключается в том, что на их основе впервые в отечественной практике произведены бесшовные горячедеформированные трубы группы прочности С110 в коррозионно-стойком и группы прочности Q125 в хладостойком исполнениях, предназначенных для обустройства нефтяных скважин, работающих в средах, содержащих сероводород, и в условиях Крайнего Севера в соответствии с современными требованиями, обеспечив полное импортозамещение в данном сегменте. Результаты работы также использованы при разработке стандарта, устанавливающего требования к химическому составу сталей для производства труб на предприятиях Группы ТМК. Внедрение результатов работы позволило за период с 2018 по 2022 год выпустить более 20 тыс. т. обсадных труб в

хладостойком исполнении и более 5 тыс. т. высокопрочных труб в коррозионностойком исполнении, что обеспечило суммарный экономический эффект свыше 325 млн руб.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. В автореферате не обсуждается важное влияние содержания углерода, уменьшение его содержания, что можно видеть из сравнения разработанной опытной более рационально легированной стали марки 26ХМФБ с содержанием углерода 0,23 мас.% по сравнению с промышленными сталями 26ХМФБ-1 и 26ХМФБ-2 с содержанием углерода 0,24 и 0,27 мас.% соответственно. Также не обсуждается влияние уменьшения содержания вредной примеси фосфора с 0,0073 мас.% у промышленной стали 26ХМФБ-1 до 0,0052 мас.% у опытной стали 26ХМФБ (таблица 1).

2. В конце стр. 19 автореферата написано: «...сравнительный расчет плановой себестоимости производства единицы продукции показал, что в результате замены серийной стали марки 25ХМ1ФБА на более рационально легированную сталь марки 26ХМФБ было достигнуто снижение себестоимости изготовления одной тонны трубной заготовки на 4976 руб/т (на 20 13,5 %).» Однако химический состав серийной стали 25ХМ1ФБА в автореферате не приводится. В таблице 1 приведен химический состав промышленной стали 25ХМФБ-1. Может быть, это одна и та же сталь, но с неправильным обозначением 25ХМ1ФБА на стр. 19?

Однако эти замечания не имеют существенного значения. Диссертация Д.П. Ускова выполнена на высоком научном уровне и имеет важное практическое значение.

Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года. Автор диссертации, Усков Дмитрий Петрович, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Зав. кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», Самарского государственного технического университета, профессор, доктор физико-математических наук (01.04.17 – Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва)

 Амосов Александр Петрович

Телефон: (846) 242-28-89. E-mail: [egundor@yandex.ru](mailto:egundor@yandex.ru).  
443110, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус.

25.03.2024

Подпись А.П. Амосова зав. кафедрой  
Ученый секретарь ФГБОУ  
государственный технический  
доктор технических наук





Ю.А. Малиновская

