

# КИНЕТИКА ФОРМИРОВАНИЯ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ ПРИ КАРБОНИТРАЦИИ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

*Степанчукова А.В.<sup>1</sup>, Приймак Е.Ю.<sup>1</sup>, Яковлева И.Л.<sup>2</sup>, Терещенко Н.А.<sup>2</sup>.*

*Руководитель - гл. научный сотрудник, д.т.н. Яковлева И.Л.*

ОАО «Завод бурового оборудования», г. Оренбург  
Институт физики металлов УрОРАН, г. Екатеринбург  
annastep56@zbo.ru

Проблема повышения ресурса бурильных труб становится все более актуальной, что связано с ужесточением условий эксплуатации ввиду большей глубины залегания пород. При проведении спуско-подъемных операций, в результате многократного свинчивания, под действием высоких удельных давлений в сопряжении витков происходит постепенное изнашивание резьбы и поверхности упорных торцев, в результате чего снижается несущая способность, увеличивается шероховатость поверхности, а в соединении прогрессирует отрицательный натяг.

На предприятии ОАО «Завод бурового оборудования» (г. Оренбург) в качестве способа поверхностного упрочнения резьбовых соединений на протяжении многих лет используется химико-термическая обработка – карбонитрация, заключающаяся в насыщении поверхности деталей азотом и углеродом в результате нагрева в расплаве солей на основе цианата и карбоната калия при температуре 540...580 °С, с различными временными параметрами [1].

В данной работе был проведен анализ кинетики роста карбонитридного слоя на образцах из сталей, предназначенных для производства бурильных труб и замковых соединений, 40Г2, 38ХМА, 40ХН2МА, предварительно подвергнутых термическому улучшению.

В ходе карбонитрации на поверхности сталей образовался упрочненный слой (рис.1).

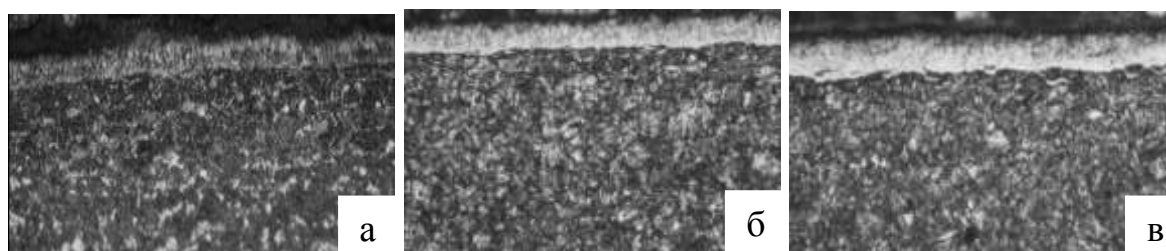


Рисунок 1 – Микроструктура карбонитридного слоя, образованного на исследуемых сталях после карбонитрации при температуре 560 °С в течение 60 минут: а – 40Г2, б – 38ХМА, в – 40ХН2МА, × 400

По данным электронно-микроскопического исследования стали 38ХМА в объеме карбонитрированного слоя присутствуют богатые азотом фазы типа  $Fe_3(N,C)$ , рис. 2 и  $Fe_4(N,C)$ , плотность распределения которых чрезвычайно велика.

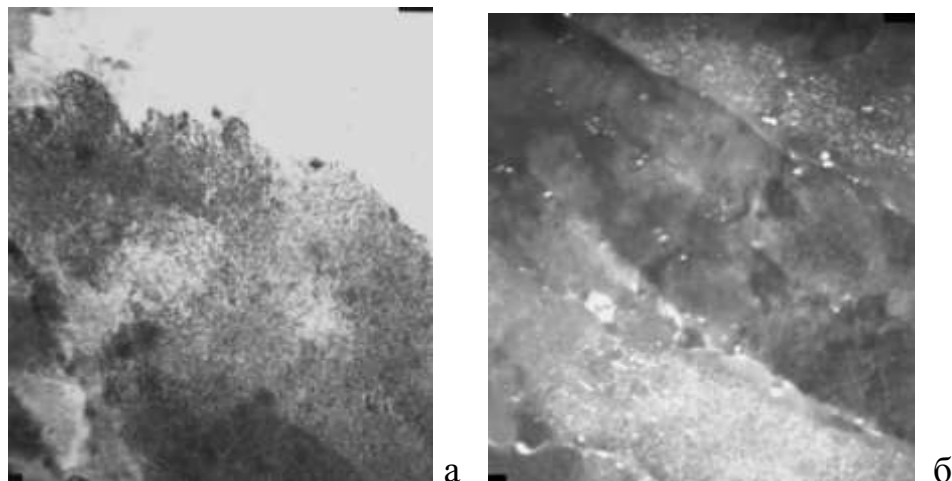


Рисунок 2 – Тонкая структура приповерхностного слоя в стали 38ХМА после карбонитрации, ув. 73000: а – светлопольное изображение; б – темнопольное изображение в рефлексе (111)  $Fe_4(N,C)$ .

Изменение твердости по глубине образованного слоя на исследуемых сталях (рис.3). Измерения производились на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке на индентор 200 гс.

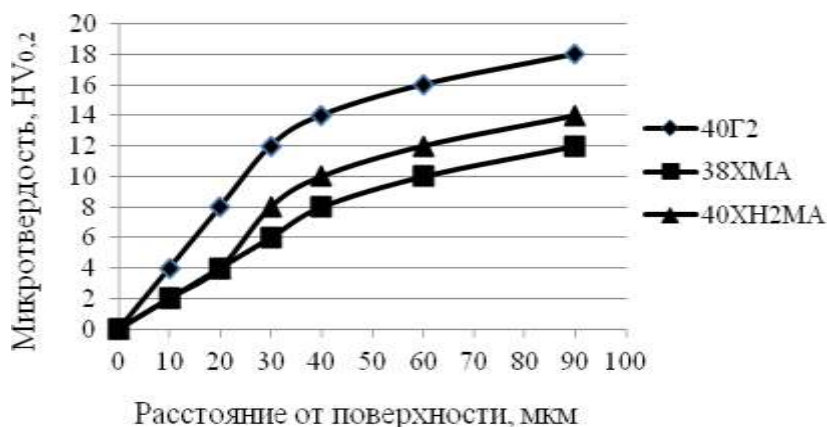


Рисунок 3 – Распределение микротвердости по глубине карбонитрированного слоя исследуемых сталей (560 °С, 60 минут)

Как видно из графика по мере удаления от поверхности происходит плавное снижение твердости упрочненного слоя. Однако твердость сталей 38ХМА и 40ХН2МА несколько выше при меньшей протяженности диффузионной зоны. Это можно объяснить присутствием более активных

карбидо- и нитридообразующих элементов в данных сталях (Cr и Mo), повышающих поверхностную твердость вследствие образования мелкодисперсных частиц карбидов и нитридов. Кроме того, образующиеся частицы влияют и на диффузионную подвижность атомов N и замедляют их проникновение вглубь стали.

На рисунке 4 приведены зависимости величины слоя карбонитрации от времени выдержки в насыщающей среде. Согласно полученным результатам интенсивность роста и толщина слоя, образующегося на стали 40Г2 несколько выше по сравнению с другими исследуемыми марками стали. При этом наблюдается и интенсивный рост пористой зоны.

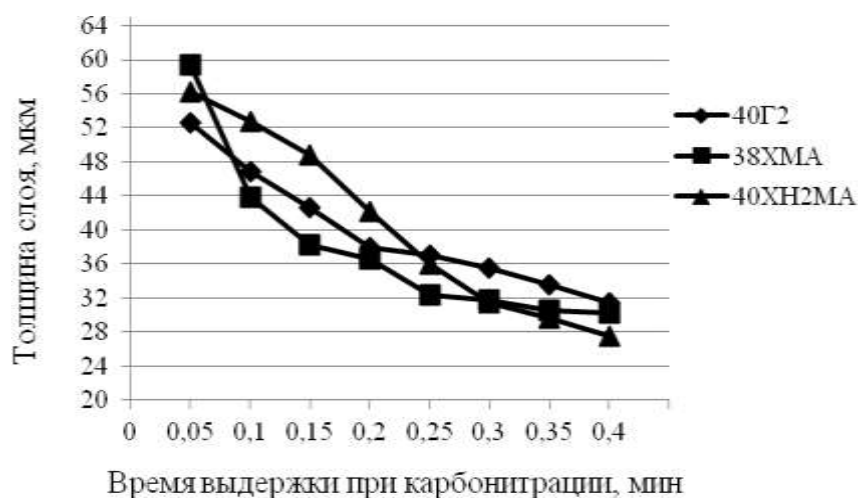


Рисунок 4 – Кинетика формирования карбонитрированного слоя на разных марках стали в зависимости от времени

Полученные результаты свидетельствуют о влиянии легирующего комплекса на структуру и свойства карбонитридного слоя. Исходя из этого, на дальнейшем этапе исследований предполагается оценка износостойкости образующихся слоев и усталостной прочности, т.е. комплекса свойств, характеризующих долговечность и эксплуатационную надежность бурильной колонны.