

УДК 669-155.2

**ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДУПЛЕКСНЫХ СТАЛЕЙ,
МИКРОЛЕГИРОВАННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ И
КОБАЛЬТОМ**

Марина Олеговна Низиенко

Студентка 4 курса,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Научный руководитель: А.Е.Смирнов,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»

В настоящее время duplexные стали находят широкое применение в машиностроении. Перспективной сталью из этой группы является новая duplexная аустенитно-ферритная сталь с системой легирования Cr-Ni-Co-Ve, микролегированная редкоземельными металлами (РЗМ).

Цель работы: исследовать результаты насыщения duplexной стали при химико-термической обработке (ХТО), такой как цементация и азотирование.

Образцы подвергали закалке с температуры 950 °С в воду, старению при температуре 500 °С в течение 2 часов. Вакуумную цементацию проводили при температуре 940 °С в атмосфере ацетилена в течение 1; 2 и 4 часов с последующей закалкой и низким отпуском.

Результаты измерения твердости после закалки и закалки со старением приведены на рис. 1.

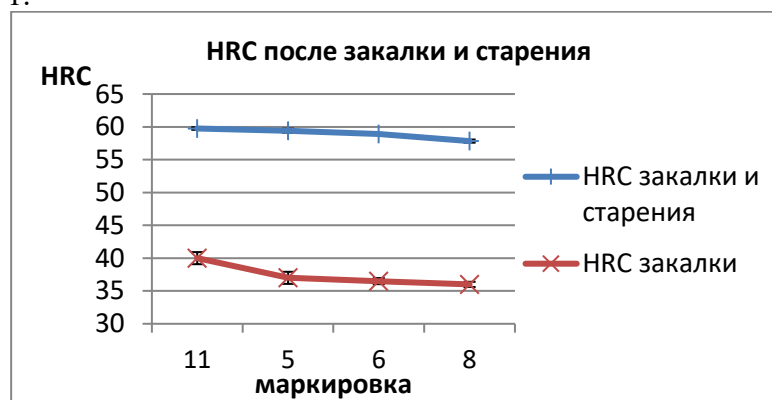


Рис.1. Твердость HRC образцов после термической обработки:

11 - без Co с минимальным содержанием РЗМ; 5 - с Co и со средним содержанием РЗМ; 6 - с Co и с большим содержанием РЗМ; 8 - с Co и с очень большим содержанием РЗМ

Представленные результаты показывают, что после закалки наблюдается пониженная твердость 36-41 HRC. Это объясняется образованием пересыщенного твердого раствора легирующих элементов в Fe. При старении реализуется интерметаллидный механизм упрочнения, что проявляется в выделении интерметаллидов, например, таких как Ni₃Al, Ni₃Ve и ряда других (рис.2). При этом твердость увеличивается до 58-60 HRC. Увеличение концентрации Co уменьшает твердость после закалки, что можно объяснить влиянием кобальта на стабильность аустенита. При этом влияние количества РЗМ на твердость небольшое. Тенденцию уменьшения твердости после закалки и при старении можно объяснить влиянием концентрации РЗМ на скорость массопереноса.

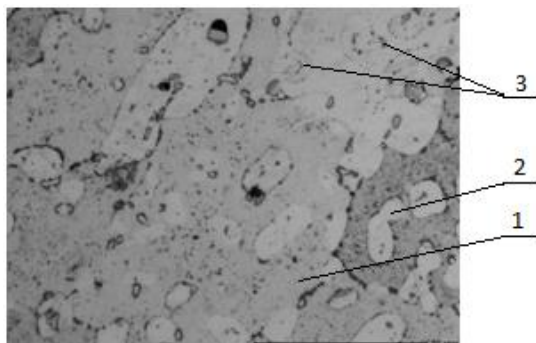


Рис 2. Микроструктура образца 8 после закалки и старения: 1- аустенит, 2-феррит, 3-интерметаллиды; $\times 500$

Анализ распределения микротвердости после ХТО по сечению образца (рис. 3.) дает возможность сделать следующее предположение. Разупрочнение диффузионного слоя связано со сменой интерметаллидного механизма упрочнения карбидным. Для проверки этого предположения целесообразно провести рентгенфазовый анализ

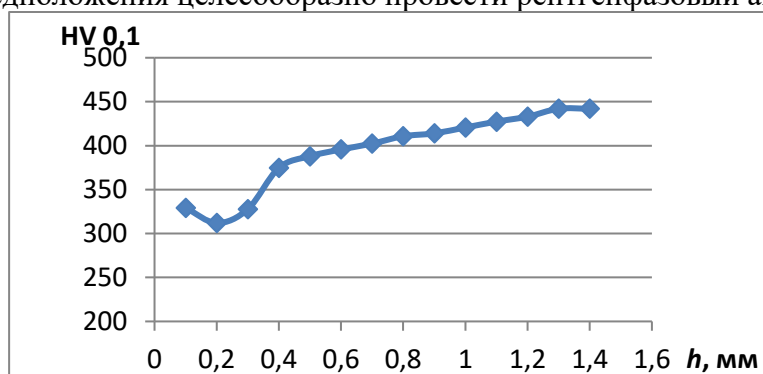


Рис. 3. Распределение микротвердости по толщине h диффузионного слоя образца 6 после вакуумной цементации в течение 2 часов и последующей упрочняющей термической обработки

Заключение: выполнена термическая и химико-термическая обработка образцов с различной концентрацией Со и РЗМ. Выявлено, что после закалки твердость изменяется от 36 до 41, что связано с образованием пересыщенного твердого раствора легирующих элементов в Fe. После старения твердость образцов увеличивается 59-60 HRC, что можно объяснить интерметаллидным механизмом упрочнения. После ХТО наблюдается разупрочнение диффузионного слоя, что может быть связано со сменой интерметаллидного механизма упрочнения карбидным

Литература:

- 1) Смирнов А.Е., Фахуртдинов Р.С., Семенов М.Ю., Громов В.И., Курпякова Н.А., Севальнёв Г.С. Применение комплексной химико-термической обработки для упрочнения высокопрочной дисперсионно-твердеющей теплостойкой стали, микролегированной РЗМ // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 2018. - №7. - С. 38-42.
- 2) Смирнов А.Е., Семенов М.Ю. Применение вакуумной термической и химико-термической обработки для упрочнения тяжело нагруженных деталей машин, приборов и инструмента. *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн.* – 2014. – № 2. – DOI: 10.7463/0214.0700036 (дата обращения 15.05.2016).
- 3) Сидоров В.В., Тимофеева О.Б., Калищев В.А., Горюнов А.В. Влияние микролегирования РЗМ на свойства и структурно-фазовые превращения в интерметаллидном сплаве ВКНА-25ВИ // *Авиационные материалы и технологии.* - 2012. - №4. - С. 8-13.