

Повышение микротвердости жаропрочных сталей путем лазерной термической обработки

Increasing the microhardness of high-temperature steels by laser heat treatment

Шлякова Е.В.

канд. техн. наук, доцент кафедры физико-математических дисциплин Омского автобронетанкового инженерного института
e-mail: elena6500462@yandex.ru

Shlyakova E.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of physical and mathematical disciplines, Omsk Automobile and Armored Engineering Institute
e-mail: elena6500462@yandex.ru

Безруков Д.А.

курсант Омского автобронетанкового инженерного института

Bezrukov D.A.

Cadet, Omsk Tank-Automotive Engineering Institute

Аннотация

В статье приведены результаты исследования влияния лазерного облучения на микротвердость поверхностей жаропрочных сталей. Описана методика выполнения эксперимента. Доказано, что использование лазерной термообработки без оплавления поверхности сплава позволяет существенно повысить ее микротвердость, определены оптимальные режимы лазерного воздействия.

Ключевые слова: жаропрочные стали, лазерная термообработка, микротвердость.

Abstract

The article presents the results of a study of the effect of laser irradiation on the microhardness of the surfaces of heat-resistant steels. The method of performing the experiment is described. It is proved that the use of laser heat treatment without melting the alloy surface can significantly increase its microhardness, and the optimal modes of laser action are determined.

Keywords: heat-resistant steels, laser heat treatment, microhardness.

В результате экспериментальных исследований [1-4] установлено, что лазерная термообработка в режимах, не приводящих к оплавлению металлических поверхностей, значительно повышает устойчивость жаропрочных сталей и сплавов к коррозии в агрессивных средах при высоких температурах. Представляет интерес исследование прочностных свойств поверхностей жаропрочных сталей и сплавов после лазерной термообработки с целью определения режимов лазерного воздействия, при которых сочетание всех поверхностных свойств сталей и сплавов будет оптимальным.

Исследование выполнялось на образцах жаропрочных сталей 38ХВФЮА и 45Х22Н4М3. Перед экспериментом для повышения поглощательной способности

поверхность образцов протравливалась спиртовым раствором азотной кислоты с массовой долей 3%. Обработка образцов исследуемых сталей проводилась путем наложения «пятен» без перекрытия и с перекрытием 50% при различных значениях плотности мощности лазерного излучения (от $2 \cdot 10^4$ Вт/см² до $9 \cdot 10^4$ Вт/см²). Микротвердость определена прибором ПМТ-3 с использованием четырехгранной пирамиды с алмазным наконечником (рис. 1).

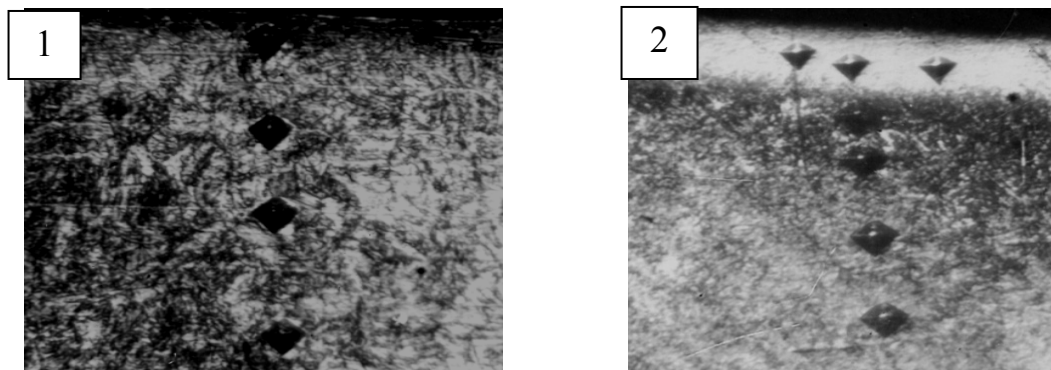


Рис. 1. Определение микротвердости сталей 38ХВФЮА (1), 45Х22Н4МЗ (2) вдавливанием четырехгранной пирамиды

По результатам проведенного эксперимента построены графические зависимости микротвердости поверхности образцов сталей 38ХВФЮА и 45Х22Н4МЗ от плотности мощности лазерного излучения представлены (рис. 2, 3).

Выполненные исследования показывают, что лазерная термообработка приводит к увеличению микротвердости образцов исследованных сталей. Полученные эффекты обусловлены образованием в обработанном слое мартенситных структур [5]. Твердость мартенсита зависит, главным образом, от содержания углерода в твердом растворе и структуры. Ряд ученых связывают [6] увеличение микротвердости со скрытокристаллической формой мартенсита, который, помимо высокой микротвердости, характеризуется низкой травимостью в растворах кислот и значительной износостойкостью. Такая структура в ряде работ названа «белым слоем» [5-7]. «Белый слой» на поверхности стали 38ХВФЮА показан на рис. 4.

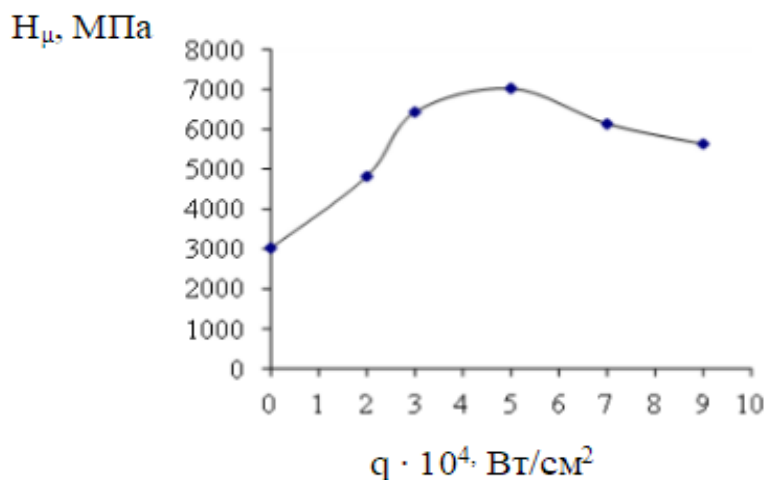


Рис. 2. Зависимость микротвердости поверхности образцов стали 38ХВФЮА от плотности мощности лазерного излучения

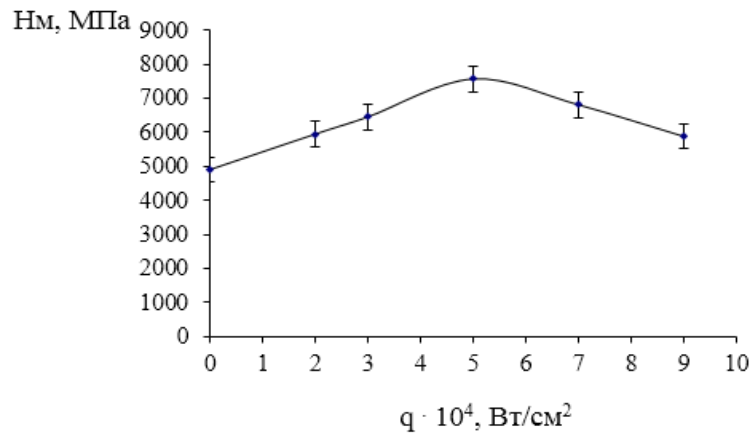


Рис. 3. Зависимость микротвердости поверхности образцов стали 45X22Н4М3 от плотности мощности лазерного излучения

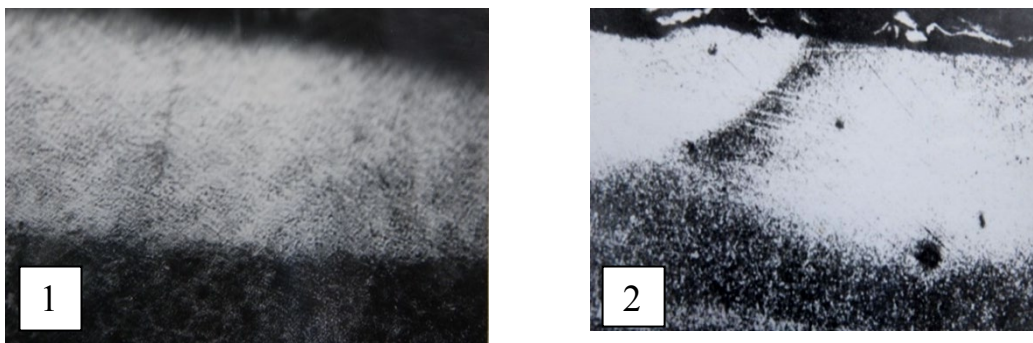


Рис. 4. Микрофотография поверхности стали 38ХВФЮА после лазерной термообработки с перекрытием (1) и без перекрытия «пятен» (2)

При лазерной термообработке в использованных режимах достигнуто увеличение микротвердости: для стали 38ХВФЮА – в 2,2 раза, для стали 45X22Н4М3 – в 1,6 раз, толщина упрочненного слоя составляет 50-70 мкм.

Представляет интерес исследование динамики микротвердости жаропрочных сталей при повторных нагревах и оценка влияния химического состава стали и ее предварительной термической обработки на конечную структуру и микротвердость поверхностного слоя при лазерной термообработке. Исследования проводились в режимах, указанных выше. Графики изменения микротвердости поверхностных слоев сталей после лазерной термообработки в зависимости от температуры отпуска показаны на рис. 5, 6.

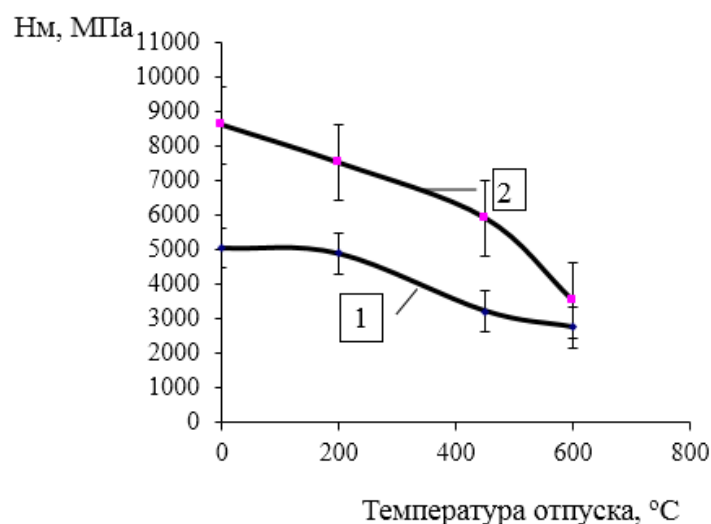


Рис. 5. Зависимость микротвердости стали 45X22H4M3 от температурного режима отпуска: 1 – до облучения, 2 – после облучения

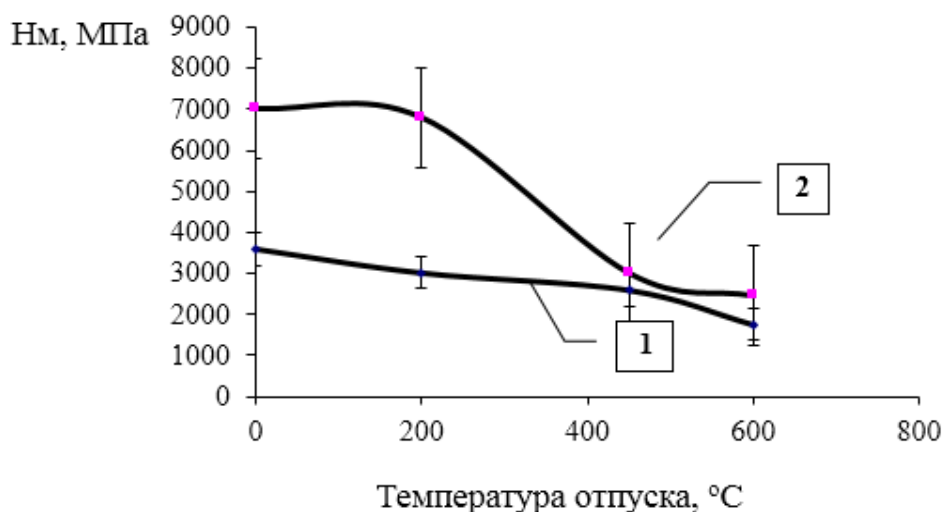


Рис. 6. Зависимость микротвердости стали 38XBFyO от температурного режима отпуска: 1 – до облучения, 2 – после облучения

Исследование структуры поверхностей образцов сталей после лазерной термообработки проводилось с использованием металлографического микроскопа МИМ-8 на поперечных шлифах. Установлено, что в данных сталях под воздействием лазерного излучения проходят значительные структурные изменения. Повышение микротвердости (более 7000 МПа) свидетельствует о значительном упрочнении поверхностного слоя за счет наличия в нем скрытокристаллического мартенсита. Полученные результаты в целом согласуются с данными исследований для других марок сталей [5, 8]. Микротвердость предварительно закаленных сталей 38XBFyO, 45X22H4M3 после лазерной обработки увеличивается в ~ 1,5 раза.

Литература

1. Шлякова Е.В., Кунаев И.В. Исследование влияния лазерной термообработки на склонность к межкристаллитной коррозии стали 45X22H4M3//Актуальные проблемы современной науки: материалы VIII Регион. науч.-практ. конф. с междунар. Участием. – Омск: ОмГТУ, 2019. – С. 58-61.

2. *Шлякова Е.В.* Лазерная термообработка как способ повышения стойкости коррозии стали 40Х9С2 //Гальванотехника и обработка поверхности. – 2019. – Т. 27. – № 3. – С. 26-32.
3. *Шлякова Е.В.* Исследование влияние лазерной термообработки на скорость коррозии стали 38ХВФЮА//Расплавы. – 2019. – № 5. – С. 458-468.
4. *Шлякова Е.В.* Исследование влияния лазерной термообработки на коррозионную стойкость сплава ХН70ВМТЮ//Вестник ТвГУ. Серия: Химия. – 2018. – № 4. – С.53-64.
5. *Григорьянц А.Г.* Упрочнение поверхности сплавов лазерным излучением / А.Г. Григорьянц, А.Н. Сафонов, В.М. Тарасенко и др.// Поверхность. Физика, химия, механика. – 1983. – № 9. – С.124-131.
6. *Григорьянц А.Г.* Методы поверхностной лазерной обработки. – Москва: Высшая школа, 1987. – 192 с.
7. *Сафонов А.Н.* Исследование упрочнения поверхности титановых сплавов с помощью излучения СО₂-лазера. – Изв. вузов. Машиностроение, 1985. № 11. – С. 75-78.
8. *Латыпов Р.Р.* Технология лазерной обработки конструкционных и инструментальных материалов в авиадвигателестроении. – Москва: Машиностроение, 2007. – С. 234.