

5th the International Conference
on Science and Technology 2015

ENGINEERING AND TECHNOLOGY

Barabonova I.A., Ratkevich G.V., Afanasieva L.E.

EFFECT OF COLD TREATMENT IN THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF TOOL STEEL AFTER GAS LASER CUTTING

Barabonova I.A., Russia, Tver State Engineering
University, Candidate of Technical Sciences,
Ratkevich G.V., Russia, Tver State Engineering
University, Post-graduate full-time studies,
Afanasieva L.E., Russia, Tver State Engineering
University, Candidate of Physico-Mathematical Sciences

Abstract

A study is made of the phase composition, microstructure and microhardness distribution of welded tool steel R2M8 after gas laser cutting and cold treatment. The effect of cold treatment on the completeness of residual austenite to martensite transformation is estimated. According to x-ray phase analysis the amount of residual austenite decreases after cold treatment from 50-60% to 7-9%. The time delay of up to 3 hours between gas laser cutting and cold treatment has no effect on the completeness of the residual austenite – martensite transformation.

Keywords: high-speed steel, microhardness, microstructure, laser hardening.

Введение

Одним из способов экономного использования высоколегированных инструментальных сталей является изготовление биметаллического инструмента с применением наплавки. Однако широкое применение наплавки в инструментальном производстве сдерживается высокой трудоемкостью механической обработки наплавленного металла

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

с твердостью 60... 65 HRC. Припуски на механическую обработку возможно удалять газолазерной резкой, которая сочетает высокие показатели производительности процесса с точностью и высоким качеством реза [1-5]. Газолазерная резка быстрорежущих сталей является не только разделительной, но и упрочняющей операцией, так как происходит повторная закалка в поверхностных слоях реза. Анализ литературных данных и экспериментальные исследования показали, что в зоне оплавления и зоне закалки из твердой фазы происходит насыщение аустенита углеродом и легирующими компонентами за счет растворения карбидов. В результате в структуре возможно повышенное содержание количества остаточного аустенита. В переходной зоне, где нагрев ниже точки A_{c1} , происходит снижение микротвердости и разупрочнение мартенсита, связанное с образованием структур отпуска. Основное упрочнение высоколегированные инструментальные стали получают при дисперсионном твердении мартенсита при отпуске [6], поэтому после закалки сталь подвергают многократному высокотемпературному отпуску с нагревом в термической печи для превращения остаточного аустенита и протекания процессов дисперсионного твердения. Однако применение классического отпуска для закаленной лазером стали приведет к разупрочнению стали в переходной зоне. Эффективный способ превращения остаточного аустенита в мартенсит при сохранении легирующих компонентов в твердом растворе – обработка холодом [7, 8]. Этот вид обработки представляет собой продолжение процессов закалки за счет возобновления мартенситного превращения остаточного аустенита при охлаждении стали ниже температур M_s . Основное назначение обработки холодом – повышение твердости и износостойкости режущего инструмента, штампов и измерительного инструмента, а также стабилизация размеров изделий. Цель исследования - оценить эффективность применения обработки холодом наплавленной быстрорежущей стали P2M8 после газолазерной резки.

Материалы и методы исследования

На заготовки из конструкционной стали 30ХГСА проводили наплавку быстрорежущей стали. Для наплавки применяли порошковую проволоку диаметром 1,2 мм ROBODUR K AR, группы компаний Welding Alloys Ltd (Великобритания), с химическим составом, близким к быстрорежущей стали P2M8. Наплавку выполняли на ОАО «Тверской вагоностроительный завод» на аппарате фирмы Fronius модели TPS 4000 (Trans Puls Synergic). Режимы

5th the International Conference on Science and Technology 2015

наплавки (ток 180-200 А, напряжение 20 В, скорость наплавки 10 м/ч) позволили получить наплавленный металл со структурой закалки. После наплавки заготовки подвергали низкотемпературному отпуску при $t=200^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 1 час для снижения уровня остаточных напряжений и предотвращения образования холодных трещин. Газолазерную резку полученных образцов выполняли на лазерном комплексе BySprint 3015 компании Bystronic на режимах, обеспечивающих минимальные параметры шероховатости поверхности реза. Резку выполняли с продувкой азотом. Обработку холодом выполняли сразу после газолазерной резки, с временным интервалом 15 минут, 30 минут, 3 часа, 24 часа, 1 месяц, погружая партию образцов в жидкий азот на 15 минут. Глубину закаленного слоя оценивали по микротвердости наплавленного металла в зоне лазерного воздействия с использованием отечественного прибора ПМТ-3 согласно ГОСТ Р 8.748-2011 (ИСО 14577-1:2002). Исследование микроструктуры стали выполняли методами оптической и растровой электронной микроскопии на универсальном микроскопе JEOL 6610LV (Япония). Фазовый состав стали определяли методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-4-07 с использованием монохроматизированного кобальтового K_{α} -излучения.

Результаты и обсуждение

Специфической особенностью зоны лазерного воздействия является ее слоистое строение [4, 5]. Она состоит из зоны закалки из жидкой фазы, зоны закалки из твердой фазы и переходной зоны к основе, остающейся без изменений. После газолазерной резки наплавленная быстрорежущая сталь содержит различное количество остаточного аустенита по глубине зоны лазерного воздействия: на поверхности максимальное количество, в переходной зоне остаточный аустенит отсутствует или содержится в незначительном количестве. По данным рентгеноструктурного фазового анализа в зоне закалки количество остаточного аустенита превышает 50 ... 60% (рис. 1, а). Обработка холодом, выполненная через 30 минут после газолазерной резки, позволила снизить количество остаточного аустенита до 7-9% (рис. 1, б).

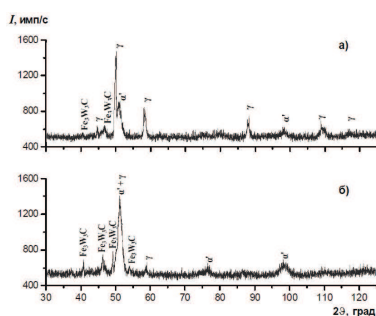


Рис. 1. Дифрактограммы быстрорежущей стали в зоне закалки: а) после газолазерной резки; б) после газолазерной резки и обработки холодом

Температура окончания мартенситного превращения M_k легированных сталей изменяется в широких пределах, поэтому при обработке холодом их охлаждают от -40 °С до -196 °С (температуры жидкого азота) [6, 7, 8]. При обработке холодом быстрорежущих сталей продолжается мартенситная реакция и после охлаждения до $-70 \div 80$ °С. При обработке закаленной стали холодом превращение аустенита в мартенсит происходит только в процессе охлаждения до температуры M_k . Дальнейшее понижение температуры не приводит к более полному превращению аустенита в мартенсит. Тем не менее, в последнее время все чаще стали на практике применять обработку в жидком азоте и других жидких газах. Это связано с тем, что в результате шокового охлаждения происходят процессы дестабилизации стабилизированного аустенита [7, 8]. В работе изучали влияние величины промежутка времени между газолазерной резкой и обработкой холодом на полноту фазового превращения остаточного аустенита в наплавленной быстрорежущей стали P2M8. Выявлено, что временной интервал до 3 часов между газолазерной резкой и обработкой холодом не влияет на полноту фазового превращения. Увеличение временного интервала до 1 месяца приводит к снижению микротвердости на 500 МПа, что свидетельствует о некоторой стабилизации аустенита (рис. 2).

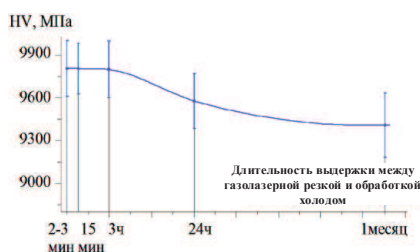


Рис. 2. Влияние величины промежутка времени между газолазерной резкой и обработкой холодом на полноту фазового превращения остаточного аустенита

Результаты измерения микротвердости наплавленной быстрорежущей стали P2M8 в зоне лазерного воздействия после газолазерной резки и обработки холодом представлены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение микротвердости в наплавленной быстрорежущей стали P2M8 в зоне лазерного воздействия после газолазерной резки и обработки холодом

Область измерения микротвердости	Микротвердость HV после газолазерной резки, МПа	Микротвердость HV после газолазерной резки обработки холодом, МПа
Оплавленная зона	8300 ± 188	10000 ± 170
Зона закалки	9000 ± 126	9600 ± 123
Зона отпуска	7750 ± 69	8020 ± 71
Основной металл	7980 ± 290	8300 ± 275

В стали марки P2M8 после газолазерной резки и обработки холодом выявлено значительное повышение микротвердости во всех участках зоны лазерного воздействия и в основном металле. Это объясняется тем, что при обработке холодом произошло превращение остаточного аустенита в мартенсит не только в зоне оплавления и закалки, но и в зоне отпуска и основном металле. Для прохождения процессов дисперсионного твердения в быстрорежущей стали после обработки холодом рекомендуется выполнить лазерный отпуск.

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

Выводы

При газолазерной резке наплавленной быстрорежущей стали в поверхностных слоях реза формируется зона термического влияния, имеющая слоистое строение. Содержание остаточного аустенита в зоне закалки достигает 50-60%. По данным рентгеноструктурного фазового анализа количество остаточного аустенита после обработки холодом путем погружения образцов в жидкий азот снижается до 7-9%. Временной интервал до 3 часов между газолазерной резкой и обработкой холодом не влияет на полноту превращения. Увеличение временного интервала до 1 месяца приводит к снижению микротвердости на 500 МПа, что свидетельствует о процессах стабилизации аустенита.

References:

- [1] Steen W.M. Laser Material Processing, Springer, London, 2003.
- [2] Daley W. W. Laser processing and analysis of materials. Chapter 1: Lasers and Laser Radiation. 1983.
- [3] Dowden J. The Theory of Laser Materials Processing. Springer, 2009.
- [4] Afanas'eva L.E., Barabonova I.A., Zubkov N.S., Razumov M.S. Strength of deposited high-speed steel in the process of gas laser cutting // Metal Science and Heat Treatment. 2009. V. 51. № 7-8. P. 352-355.
- [5] Razumov M.S., Zubkov N.S., Afanas'eva L.E. Effect of diamond smoothening on the structure and properties of the deposited metal in the laser-affected zone // Metal Science and Heat Treatment. 2009. V. 51. № 11-12. P. 606-609.
- [6] Geller Y. A. Tool Steels [in Russian], Metallurgiya, Moscow, 1983.
- [7] Dasa D., Duttab A.K., Rayc K.K. Correlation of microstructure with wear behavior of deep cryogenically treated AISI D2 steel // Wear. 2009. V. 267. P. 1371-1380.
- [8] Dasa D., Rayb K.K., Dutta A.K. Influence of temperature of sub-zero treatments on the wear behavior of die steel // Wear. 2009. V. 267. P. 1361-1370.