

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ГРАФИТИЗАЦИЮ ЧУГУНА ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКЕ

Богущий В.Б., Шрон Л.Б.

Севастопольский государственный университет, г.Севастополь

Ключевые слова: чугун, наплавка, ультразвуковые колебания, кристаллическая структура, графитизация.

Аннотация. Отмечается, что изменение термического цикла наплавки приводит к изменению количества и формы графитовых выделений, а, следовательно, твердости и износостойкости наплавленного слоя. Показано, что воздействие ультразвуковых колебаний на расплавленный металл приводит к увеличению количества графитовых выделений; при этом увеличивается и площадь, занятая графитом. Таким образом ультразвук увеличивает количество центров графита за счет активации примесей и дробления графитовых кристаллов.

ON THE INFLUENCE OF ULTRASONIC VIBRATIONS ON THE GRAPHITIZATION OF CAST IRON DURING INDUCTION SURFACING

Bogutskiy V.B., Shron L.B.

Sevastopol State University, Sevastopol

Keywords: cast iron, surfacing, ultrasonic vibrations, crystal structure, graphitization.

Abstract. It is noted that a change in the thermal cycle of surfacing leads to a change in the amount and shape of graphite precipitates, and, consequently, the hardness and wear resistance of the deposited layer. It is shown that the effect of ultrasonic vibrations on the molten metal leads to an increase in the amount of graphite secretions, while the area occupied by graphite also increases. Therefore, the ultrasound increases the number of graphite by the activation of impurities and crushing of the graphite crystals.

Одним из наиболее эффективных способов продления срока службы деталей машин, за счет повышения их стойкости против истирания, повышенных температур, коррозии и других видов разрушения, является наплавка. В то же время в работах многих авторов [1-4] отмечается, что при наплавке чугунных деталей возникает ряд проблем, связанных с процессами, происходящими в чугуне при термическом воздействии в процессе наложения необходимого слоя металла на поверхность детали.

Графитизация чугуна является частным вопросом кристаллизации. Свойства наплавленного износостойкого чугуна определяются не только твердостью, кристаллической структурой, наличием пор, но во многом зависят от количества и вида графитовых включений. В структуре белого наплавленного чугуна углерод находится в связанном состоянии в виде цементита, однако даже при больших скоростях охлаждения в период кристаллизации содержится некоторое количество свободного углерода в виде графита. С изменением термического цикла наплавки изменяется количество и форма графитовых выделений, а, следовательно, твердость и износостойкость наплавленного слоя.

В задачу данного исследования входило определить влияние ультразвуковых колебаний на количество выделившегося графита в зависимости

от периода ввода ультразвука, скорости охлаждения и амплитуды колебаний [5]. При вводе ультразвуковых колебаний большой интенсивности с амплитудой 15 мкм и более наблюдалось увеличение графита, особенно при малой скорости охлаждения в период кристаллизации.

В то же время при этих режимах озвучивания увеличивалась пористость наплавленного металла, что можно объяснить развитием процессов кавитации и другими эффектами ультразвука в жидком металле. Уменьшение пористости наплавленного чугуна и измельчение его кристаллического строения было при малых амплитудах колебаний (до 5...10 мкм).

Исследование проводилось по методике активного планирования экспериментов, ультразвуковые колебания с амплитудой 5 и 10 мкм вводились в разные периоды процесса наплавки чугуна. Параметры наплавки изменялись в следующих пределах: скорость охлаждения x_1 : (+1) – охлаждение водой, (-1) – на воздухе; период ввода ультразвука x_2 : (+1) – в период жидкого состояния, (-1) – в период жидкого состояния и кристаллизации; амплитуда колебаний x_3 : (+1) – 10 мкм, (-1) – 5 мкм. Выходными параметрами являлись: площадь, занятая графитом, % и количество графитовых выделений, шт/мм².

Наплавка чугуна состава С – 3,2%; Si – 2,3%; Cr – 0,9%; Mn – 0,6%; Ni – 0,55% производилась на экспериментальной установке, состоящей из высокочастотного ультразвукового генератора и магнитострикционного преобразователя. Наплавляемые образцы из стали 35 крепились к ультразвуковому инструменту по резьбе.

В результате проведенных экспериментов были получены следующие уравнения регрессии:

$$y_1 = 2,1 - 1,1x_1 + 0,52x_2 + 0,047x_3,$$

$$y_2 = 127,6 - 34,3x_1 + 35x_2 + 2,2x_3,$$

где y_1 – площадь, занятая графитом, %; y_2 – количество графитовых выделений, шт/мм².

Из приведенных уравнений следует, что наибольшее влияние на площадь, занятую графитом, оказывает скорость охлаждения. С уменьшением скорости охлаждения количество графита увеличивается.

Воздействие ультразвуковых колебаний на расплавленный металл приводит к значительному увеличению количества графитовых выделений [6]; при этом увеличивается и площадь, занятая графитом. Значит, ультразвук увеличивает количество центров графита за счет активации примесей и дробления графитовых кристаллов, а также интенсифицирует диффузию углерода к центрам кристаллизации.

Уменьшение графита при дополнительном озвучивании в период кристаллизации можно объяснить сокращением периода затвердевания за счет более быстрого снятия перегрева во всем объеме, вследствие большого расхода тепла на расплавление прорастающих кристаллов при перемешивании. В таких условиях создается более быстрое переохлаждение и образование графита подавляется.

Изменение амплитуды колебаний от 5 до 10 мкм не сказывается на количестве и площади, занятой графитом (коэффициенты, при x_3 незначимы).

Таким образом, воздействие ультразвуковыми колебаниями с различной амплитудой неодинаково влияет на графитизацию чугуна: при амплитуде колебаний 15 мкм и более наблюдается значительное увеличение графита; введение колебаний с амплитудой 5...10 мкм в расплав увеличивает количество графита, а при кристаллизации – уменьшает.

Список литературы

1. Shveev I.A. Displaying structural property and inheritance of cast iron surfacing on steel base// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 134 (2016) 012037 doi:10.1088/1757-899X/134/1/012037.
2. Safonov E.N. Structure and hardness of cast iron after surface hardening // Metal Science and Heat Treatment. Vol.47, 2005. P. 434-439.
3. Гордеева Э.С., Резинкина Г.П., Шрон Л.Б., Богуцкий В.Б. Исследование операций термического упрочнения деталей из спецчугунов // Механики XXI века. 2016. №15. С.259-262.
4. Швеев И.А., Астащенко В.И., Явление структурной наследственности и свойства чугуна при наплавке на стальную основу // Путь науки. 2014. №8(8). С. 80-84.
5. Щицын Ю.Д., Неулыбин С.Д., Белинин Д.С., Никулин Р.Г., Карунакаран К.П. Влияние ультразвукового воздействия в процессе цикла наплавки на свойства и структуру наплавленного металла из стали 12Х18Н10Т // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2019. Т. 21, № 2. С. 23-30.
6. Аристов С.В., Руссо В.Л. Кристаллизация металла шва при низкочастотных колебаниях расплава // Сварочное производство. – 1982. – № 11. – С. 42-44.

Сведения об авторах:

Богуцкий Владимир Борисович – к.т.н., СевГУ, г. Севастополь;

Шрон Леонид Борисович – к.т.н., СевГУ, г. Севастополь.