

СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ИЗ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ 12X18H10T И 316L, ИЗГОТОВЛЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СПЛАВЛЕНИЕМ

Жуков А.С., Деев А.А., Кузнецов П.А.

(ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург, Россия)

тел. +7(812)2743796, факс +7(812)7103756; E-mail: mail@crism.ru

Abstract: The paper is related to the selective laser melting of austenitic steels 316L and 12X18H10T powders. Hardness and toughness of the specimens were estimated. The admissibility of the application of these steels for the high-precision parts with complex shapes' manufacturing was concluded.

Key words: Selective laser melting. Powdered metal materials. Austenitic stainless steel.

Аддитивные технологии появились сравнительно недавно – в конце прошлого века – и долгое время носили лабораторный характер. Благодаря широким исследованиям в настоящее время наиболее известными являются аддитивные технологии послойного прототипирования изделий из металлопорошковых или полимерных композиций с использованием лазерного излучения и управляемые компьютером по заранее спроектированной 3D-модели.

На сегодняшний день востребованы аддитивные технологии, которые в качестве строительного материала используют металлопорошковые композиции различных сплавов, а рабочим инструментом является лазерное излучение. Такие технологии относят к области прецизионной порошковой металлургии и служат в ряде случаев единственным инструментом реализации преимуществ при автоматизированном создании, восстановлении и обработке объемных материалов и изделий практически любой формы, и степени сложности, используя процессы объемного спекания и наплавки металлопорошковых композиций под действием лазерного излучения. Следует еще раз подчеркнуть, что процессы являются преимущественно безотходным и реализуется за один технологический цикл [1-5].

В настоящей работе сравниваются структура и свойства образцов, изготовленных из порошков аустенитных сталей 12X18H10T и 316L методом селективного лазерного сплавления (СЛС) на установке EOSINT M270 (рисунок 1) при мощностях лазера 175, 185 и 195 Вт.

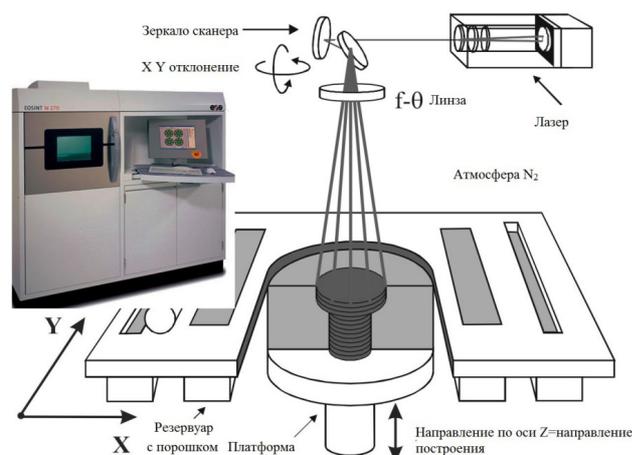


Рис. 1. Принципиальная схема и внешний вид установки EOSINT M270

В качестве исходных материалов использовались: порошок аустенитной стали

12X18H10T производства ОАО «Полема», Россия, и порошок аустенитной стали 316L производства Höganäs, Швеция. Заявленный размер частиц обоих порошков составлял менее 50 мкм.

На растровом электронном микроскопе (РЭМ) VEGA 3 TESCAN получены изображения порошков (рисунок 2). На установке Malvern Mastersizer 2000 методом лазерной дифракции с использованием приближения Фраунгофера проведен гранулометрический анализ порошков (рисунок 3).

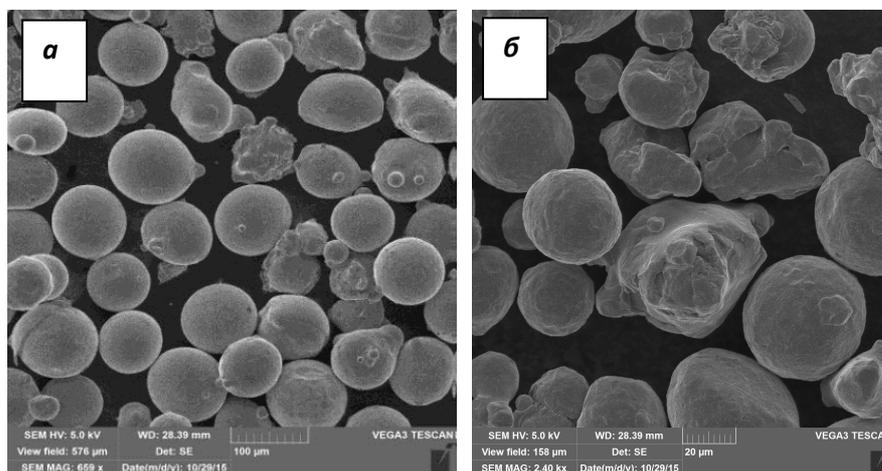


Рис. 2. Изображение частиц порошковых материалов на основе сталей 12X18H10T (а) и 316L (б), полученные с помощью РЭМ

Из данных изображений видно, что в порошке российской стали преобладают более мелкие частицы, в то время как частицы в шведском порошке обладают размерами строго в диапазоне от 20 до 50 мкм.

Также была измерена насыпная плотность порошков. Для 12X18H10T она составила 4.78 г/см^3 , а для 316L – 4.49 г/см^3 , что подтверждает данные с РЭМ (более мелкий порошок обладает большей плотностью).

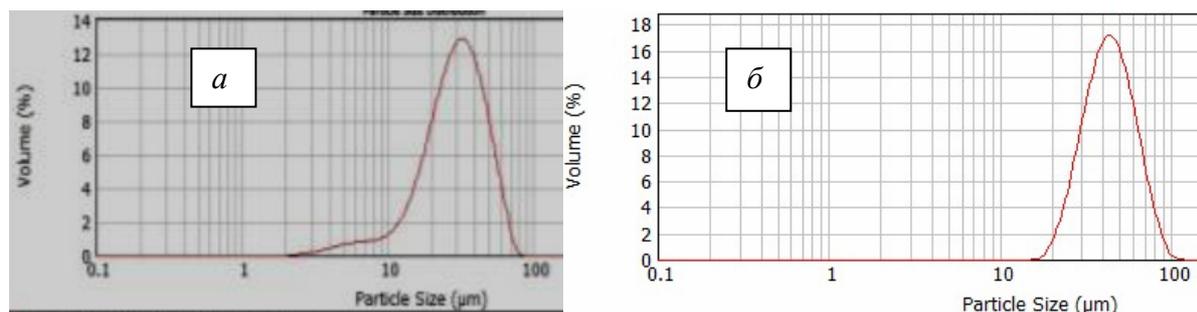


Рис. 3. Результаты гранулометрического анализа порошковых материалов на основе сталей 12X18H10T (а) и 316L (б)

На установке EOSint M270 из исследуемых порошков аустенитных сталей в защитной атмосфере азота методом селективного лазерного сплавления построены стандартные образцы (рисунок 4) для испытаний на растяжении (по ГОСТ 1497) и ударную вязкость (по ГОСТ 9454). В работе сравнивались образцы, полученные при различных мощностях лазера: 175, 185 и 195 Вт, но с одинаковой скоростью сканирования 800 мм/с. Формирование объемного изделия осуществлялось поэтапно

путем последовательного формирования слоев толщиной 40 мкм при периодической подаче исходного порошка на платформу в зону сплавления.

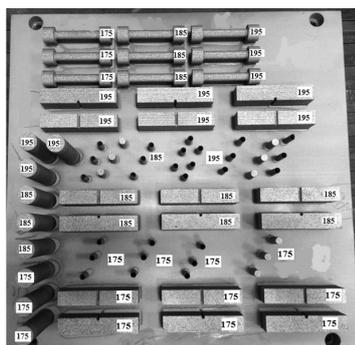


Рис. 4. Внешний вид образцов, выращенных на платформе в установке EOSint M270 из порошков на основе сталей 12X18H10T и 316L

Механические свойства и ударная вязкость определялись при комнатной температуре на универсальной испытательной машине Zwick/Roell Z250 и копке Metrosom-300, соответственно, а измерение твердости образцов проводилось на установке Zwick/Roell ZHU 750 top. На полученных образцах были измерены: твердость по Бринеллю в двух плоскостях – в плоскости надреза, и на боковой поверхности при нагрузке 750 кгс (рисунок 5), а также ударная вязкость (рисунок 6).

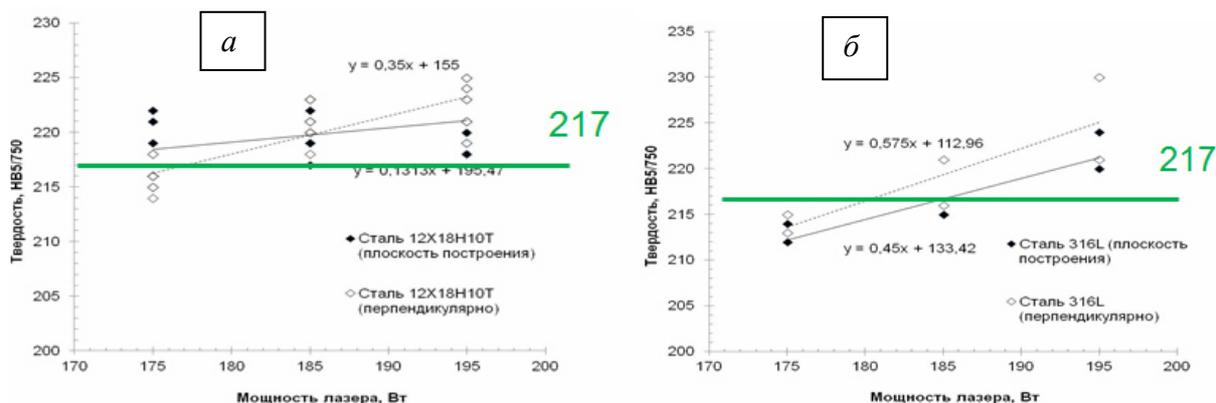


Рис. 5. Испытания на твердость образцов из порошков сталей 12X18H10T (а) и 316L (б)

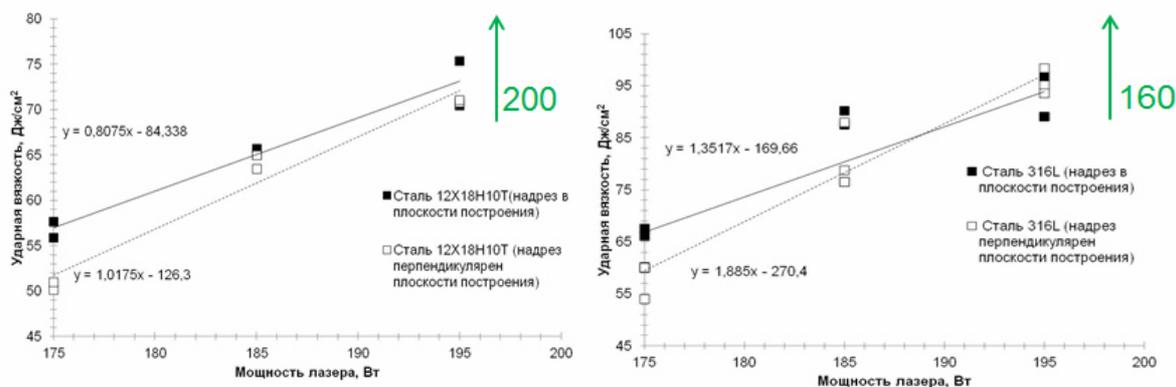


Рис. 6. Испытания на ударную вязкость образцов из порошков сталей 12X18H10T (а) и 316L (б)

По результатам измерений установлено, что ударная вязкость исследуемых образцов увеличивается с повышением мощности лазерного излучения с 175 до 195 Вт. Анализ изломов испытанных образцов показал отсутствие различий в механизмах разрушения: при любых режимах выращивания присутствовало вязкое разрушение с абсолютным преобладанием вязкой составляющей.

Однако стоит отметить, что у аустенитной стали 12X18H10T имеется большой запас пластичности ввиду высоких значений относительного удлинения, что может в свою очередь свидетельствовать об активации физико-химического взаимодействия более мелких сплавляемых частиц при увеличении мощности лазера. Наилучшая комбинация твердости, отражающей прочностные свойства, и ударной вязкости материала достигается при максимальной используемой мощности лазера 195 Вт.

Таким образом, результаты механических испытаний образцов в условиях одноосного растяжения и динамического изгиба показали, что нержавеющие аустенитные стали 316L и 12X18H10T, выращенные посредством технологии селективного лазерного сплавления из мелкодисперсного порошка, обладают повышенными прочностными свойствами и пластичностью при испытаниях при комнатной температуре. Это позволяет в дальнейшем использовать данные марки сталей при изготовлении высокоточных деталей сложной формы методом селективного лазерного сплавления. Таким образом, важнейшим преимуществом лазерных технологий является возможность управления формированием структуры и, следовательно, свойствами материала на локальных микроскопических масштабах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда по направлению «Проведение фундаментальных и поисковых исследований по приоритетным тематическим направлениям исследований» (проект № 15-19-00210).

Список литературы: 1. Орыщенко А.С., Кузнецов П.А., Бобырь В.В. и др.. Применение технологий селективного лазерного спекания и объемной лазерной наплавки для создания и восстановления деталей, используемых в машиностроении // Прогрессивные технологии и системы машиностроения, Донецк: 2013, т. 46, № 1,2. 2. Gideon N. Levy The role and future of the laser technology in the additive manufacturing environment // Physics Procedia, 2010, №5. 3. Самохин А.В., Алексеев Н.В., Цветков Ю.В. Плазмохимические процессы создания нанодисперсных порошковых материалов // Химия высоких энергий, 2006, т. 40, №2. 4. P. Ganesh, R. Giri, R. Kaul и др. Studies on pitting corrosion and sensitization in laser rapid manufactured specimens of type 316L stainless steel // Materials and Design, 2012, №39. 5. I.Y. Khalfallah, M.N. Rahoma, J.H. Abboud, K.Y. Benyounis. Microstructure and corrosion behavior of austenitic stainless steel treated with laser // Optics & Laser Technology, 2011, №43.