

УДК 629.78

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ЧАСТИЦ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ  
СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ**

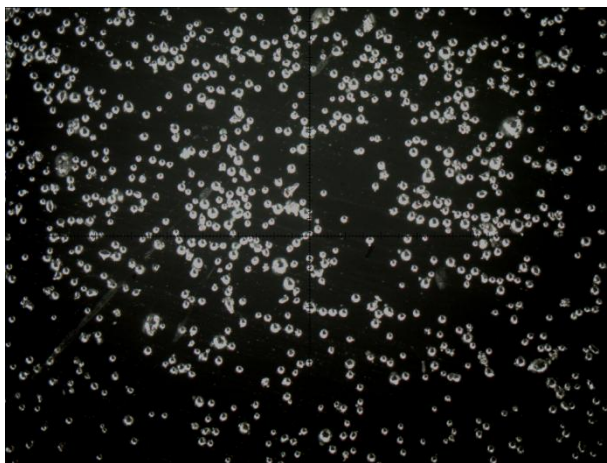
Сотов А. В., Агаповичев А. В., Красков М. А., Вдовин Р. А., Смелов В. Г.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Исследование морфологии частиц порошка стали 316L, взятого за основу, производили с помощью металлографического горизонтального микроскопа МИМ-8, работающего при увеличениях от 45 до 2000 раз.

Морфология частиц порошка, его размерное распределение, шероховатость поверхности частиц, а также микроструктура могут оказывать влияние на качество получаемых изделий.

Морфология порошка исследовалась по микрофотографиям, полученным на сканирующем микроскопе. Для исследования было сделано несколько фотографий с различными увеличениями. При небольшом увеличении (100x) производили исследование общей морфологии всех частиц, размерных и геометрических параметров (рисунок 1).



*Рис. 1. Микрофотография порошка стали 316L при увеличении 100x*

На этой микрофотографии видно, что преобладающее количество частиц имеет сферическую форму. Поверхность большинства частиц не гладкая, а покрыта большим количеством малых шариков. Эти шарики появились в результате столкновения частиц с каплями меньшего размера в процессе изготовления порошка. Эти капли могут влиять на получаемую плотность засыпки, как увеличивая её за счёт заполнения малых пор, если они будут отрываться от больших частиц, так и уменьшать её за счёт препятствия уплотнению частиц в случае, если они крепко закреплены на основных частицах.

По результатам измерения была построена гистограмма, изображённая на рисунке 2.

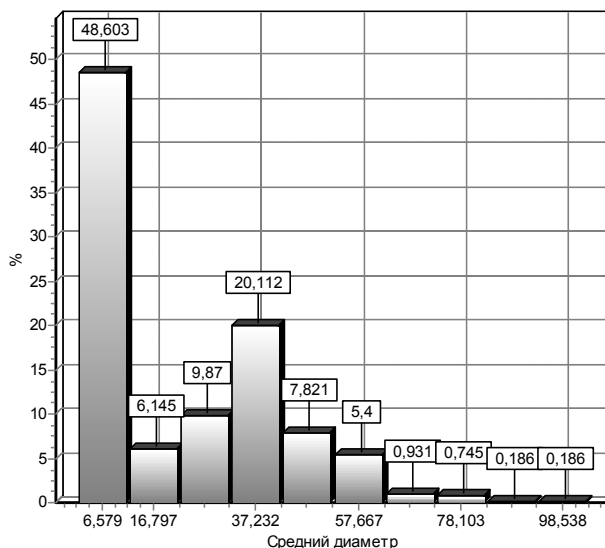


Рис. 2. Гистограмма гранулометрического распределения частиц стали 316L

Из-за выгорания элементов в процессе анализа производилась серия экспериментов и выбирался эксперимент с наибольшими значениями содержания элементов. Результаты измерения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Измеренный химический состав изделия из стали 316L

| Элемент | C    | Mn   | P      | S      | Si    | Cr   | Ni   | Mo   | Fe  |
|---------|------|------|--------|--------|-------|------|------|------|-----|
| Масс. % | 0,05 | 1,15 | 0,0146 | 0,0253 | 0,361 | 16,2 | 12,0 | 2,51 | Ост |

Было определено, что форма частиц существенно влияет на плотность засыпки: чем больше форма частиц приближается к сферической, тем большей плотности можно добиться.

В работе было определено, что для получения качественных изделий без пористости необходимо наличие частиц малого размера, поскольку при лазерном воздействии они начинают плавиться первыми, создавая тем самым благоприятные условия для плавления более крупных частиц. Также распределение частиц по размерам влияет на режимные параметры, которые отличаются для более крупных и более мелких частиц. Было установлено, что добавление 15% частиц меньшего диаметра позволяет добиться наибольшей теплопроводности порошка за счёт заполнения ими пор, а также увеличить плотность порошка, что в дальнейшем в процессе сплавления позволит уменьшить пористость получаемых изделий.

Было установлено, что при малых градиентах и скоростях затвердевания кристаллизация преимущественно идёт с появлением дендритной структуры. С увеличением градиента температур структура постепенно переходит в ячеистую, а затем и в плоский фронт. С увеличением скорости кристаллизации сначала преобладает кристаллизация с плоским фронтом, затем она переходит в преимущественно дендритную, а затем в ячеистую и снова в кристаллизацию с плоским фронтом.