

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Лыкова Павла Александровича «РАЗРАБОТКА
ГИДРОПНЕВМОАГРЕГАТОВ МАШИН ПО ПРОИЗВОДСТВУ
МИКРОПОРОШКОВ ИЗ ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.04.13 – Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты

Диссертационная работа посвящена исследованию процессов при распылении жидких металлов в производстве металлических порошков, используемых в производстве деталей методом селективного лазерного спекания (SLS-Selective Laser Sintering). Одной из сложностей применения данной технологии является высокая стоимость используемых порошков, обусловленная жесткими требованиями по гранулометрическому составу и форме частиц.

Выявление закономерностей между технологическими параметрами процесса (давление наддува камеры, температура металла, природа и скорость струи распыляющего газа) и характеристиками получаемого материала является **актуальной задачей**. Детальное исследование гидродинамики взаимодействия потоков высокотемпературной жидкости и газа в гидропневмоагрегатах машин по производству микropорошков и изучение влияния параметров процесса распыления на свойства порошков позволит с более высокой точностью задавать свойства продукции.

Во введении диссертации обоснована актуальность темы, степень ее разработанности, определены цели и задачи исследования, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены основные методы получения металлических порошков, проанализированы их достоинства и недостатки с точки зрения изготовления материалов, пригодных для использования в технологиях селективного лазерного спекания. На основе анализа определено, что наиболее подходящим методом получения порошков, является распыление жидких металлов.

Во второй главе описаны и рассчитаны механизм вытеснения высокотемпературной жидкости из герметичной рабочей полости плавильного агрегата и механизм распыления жидкости в газовой струей. Определены сочетания технологических параметров установки распыления, позволяющие получать порошки с пиком на кривой распределения частиц по размерам в области 50 мкм.

В третьей главе описано оборудование, на котором была реализована опытная часть работы, и методика исследования свойств микropорошков. Проведено исследование свойств порошка Stainless Steel Powder 316L (SSP 316L), рекомендованного для использования в технологиях селективного лазерного спекания.

В четвертой главе работы проводится анализ результатов экспериментов по распылению жидких меди и чугуна газовой струей. Определено влияние давления наддува плавильной камеры, температуры металла, вида и скорость струи распыляющего газа на характеристики получаемых порошков. Показано, что форма порошков, полученных распылением чугуна, несколько отличается от формы порошка SSP 316L. В то же время, форма частиц, полученных распылением меди, по основным параметрам превосходит SSP 316L.

Научная новизна полученных автором результатов заключается в установлении экспериментальных зависимостей между параметрами процесса получения порошков распылением жидких металлов газовой струей и характеристиками получаемого порошка, разработке новой установки по получению порошков с заданными характеристиками методом распыления жидких металлов газовой струей и методики расчета диаграмм технологических режимов работы ее гидропневмоагрегатов.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается применением фундаментальных законов механики жидкости и газа при разработке математических моделей и проведении расчетов. А также согласованием расчетов и результатов моделирования с экспериментальными данными.

Практическая значимость работы заключается в полученных результатах исследований, методике выбора режимов работы оборудования в зависимости от требований, предъявляемых к получаемым порошкам, также в разработке новой установки по получению порошков с заданными характеристиками на основе метода распыления жидкого металла газовой струей. Кроме того, результаты работы могут быть использованы, как на действующих предприятиях по производству металлических порошков, так и при проектировании установок по распылению жидких металлов.

Результаты исследований в диссертации и автореферате изложены грамотным научно-техническим языком. Работа содержит четкие выводы. Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Содержание диссертации достаточно полно отражено в публикациях, в том числе в пяти статьях в журналах из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

К диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. Вызывает возражения оценка времени кристаллизации капли по всей ее массе, особенно в сравнении со временем деформации, т.к. при охлаждении капля должна начинать кристаллизоваться с поверхности. Таким образом, время деформации корректнее сравнивать со временем начала кристаллизации поверхности капли. (стр. 61)

2. На рисунках 4.1, 4.2, 4.5, 4.6, 4.9, 4.10 приведены точки и линии, причем линии обозначенные цифрой 2 названы границами доверительного интервала, линия 1 – результатами эксперимента, а точки не обозначены вообще. В то же время складывается впечатление, что точки и есть

результаты эксперимента при разных варьируемых параметрах на различных графиках, а линии 1 – не что иное, как аппроксимации результатов экспериментов, функциональные зависимости для которых приведены в конце главы.

3. На стр.88 отмечается, что увеличение наддува увеличивает расход металла (т.е. его скорость через форсунку) и ведет к укрупнению получаемого порошка, что автор связывает с уменьшением удельного расхода газа-распылителя. В то же время в теории взаимодействия струй с потоками газов и жидкостей используется отношение скоростных напоров, а в этом случае, т.к. скоростной напор прямо пропорционален перепаду давления, аппроксимационные зависимости для доли фракции <50 мкм от давления наддува (рисунки 4.5, 4.6, выражения 4.3, 4.4) должны быть линейными.

4. Стр.93, первый абзац: «...проводилось моделирование процесса распыла жидкой меди в струе воздуха...», далее на рисунке 4.14 приведено сравнение гранулометрического состава по расчету и эксперименту. Из текста диссертации не понятно, каким образом проводилось моделирование, т.к. приведенные в диссертации зависимости позволяют оценить лишь средний диаметр капли, но никак не гранулометрический состав.

5. На рис.4.15 приведены фотографии двух вариантов форсунок. И, в общем-то, по фотографиям сложно оценить в чем их существенное различие.

Указанные замечания не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку работы.

Диссертация Лыкова П.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые результаты исследования процессов получения порошков распылением жидких металлов газовой струей, представлена новая методика выбора технологических режимов оборудования. Представленные результаты могут быть полезны для организаций, занимающихся производством металлических порошков. Работа соответствует п.7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация «Разработка гидропневмоагрегатов машин по производству микропорошков из жидких металлов» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Лыков Павел Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.13 – Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты.

Ведущий научный сотрудник ИМ УрО РАН,
доктор технических наук, доцент

М.А.Корепанов

Подпись М.А.Корепанова заверяю
Ученый секретарь
ИМ УрО РАН, к.ф.-м.н.



А.В.Северюхин