

В представленной статье акцент сделан на изученность процессов, происходящих с частицами в «пылевой» плазме в результате фундаментальных исследований, что позволяет выйти на технологическое применение. Неравновесная плазма для модифицирования поверхностей волокон в промышленных масштабах уже нашла широкое применение. И это большой успех российской науки. В порошковой металлургии все обстоит скромнее. И потому мы приняли на себя труд применения преимуществ неравновесной плазмы в порошковой металлургии, которая практически уже исчерпала возможности традиционных технологий в повышении качества изделий. Причиной тому является, прежде всего, окружающий поверхность каждой частицы слой адсорбированных загрязнений. Этот слой при компактировании и спекании играет основную роль при образовании вещества межчастичных границ, роста их толщины и, в конечном итоге, является основным фактором влияния на физические свойства изделия. Очистка поверхности от этого слоя позволяет создать при компактировании условия для взаимодействия поверхностных свободных электронных связей смежных частиц, во многом облегчить протекание диффузионных процессов. Межчастичные границы при этом становятся существенно тоньше, снижая свой вклад в свойства изделий. Естественно, что после очистки частиц от адсорбированных загрязнений нет смысла в операциях на воздухе. В случае применения неравновесной плазмы вопросы чистоты поверхностей частиц и качества перемешивания компонентов шихт решаются автоматически благодаря физическим аспектам конструкции реактора. И это решение одних из самых главных задач в порошковой металлургии. Затем следует решение задач компактирования и получения аномально быстрых параметров диффузии при спекании компактов, что также позволяет управлять качеством изделий [1]. С уменьшением фракций порошков до наноразмеров обычные трудности превращаются в неразрешимые проблемы. Речь идет не только о влиянии поверхностных загрязнений частиц, очистка от которых традиционными методами не приносит успеха, но и качество перемешивания фракций, которое также становится проблемой, и создание устойчивых агрегатов, которое может нивелировать все преимущества ультрадисперсных частиц. На этом фоне очевидна востребованность результатов фундаментальных исследований в области низкотемпературной плазмы, в частности, пылевой плазмы для нужд технологии. Применение в технологии низкотемпературной плазмы помогает решить ряд проблем: качественное перемешивание фракций ввиду случайного воздействия электрических сил в вакууме, очистка электронной бомбардировкой поверхностей частиц порошков, оптимальное протекание диффузионных процессов на операциях компактирования и спекания, снижение энергосиловых затрат в случае применения импульсных технологий, значительное повышение качественных параметров готовых изделий, выход на рынок

конкурентоспособных товаров. Но платой за это является перевод технологии на другой качественный уровень – создание технологических линий. Предлагается к рассмотрению следующая схема технологической линии с использованием плазменного реактора, изображенная на рис.1 [2]. Важным фактором, стимулировавшим разработку нижеприведенного устройства, является изученность процессов, происходящих в плазменном реакторе, что позволило выполнить расчеты основных параметров устройства [3]. Расчеты проводили для порошка тантала, одного из наиболее тугоплавких металлов. Задавались размером частиц менее 5мкм. На рис.1 представлена опытная схема технологической линии, плазменный реактор которой выполнен на базе трубки кварцевого стекла диаметром 26мм, толщиной стенки 1мм и длиной 1150мм. Рис. 1 - Схема технологической линии для изготовления изделия методом порошковой металлургии В верхней части реактора находится оголовок, в котором находится бункер с исследуемым порошком и дозатор, объединенный с устройством деагрегатирования, которое необходимо в случае применения в технологии ультрадисперсных порошков, склонных к созданию агрегатов. Из дозатора частицы падают в реакционную зону, образованную неравновесной ВЧ – плазмой. Здесь должна происходить очистка поверхностей частиц от адсорбированных загрязнений. Очистить полностью поверхности частиц от загрязнений очень трудно, особенно если на поверхности уже возникли энергетически устойчивые соединения, например, окислы. Известно, что для побуждения к отрыву атомов кислорода с окисленной поверхности титана, требуются очень высокие температуры электронов – от 22,4 до 33,6 эВ [4]. Известно стимулирование этого процесса активацией атомов тонкого слоя поверхности разными способами. В нашем случае принято решение применить СВЧ-поле для нагрева тонкого слоя поверхности частиц в процессе продвижения их под действием силы тяжести. Двигаясь по каналу плазменного реактора порошки подвергаются интенсивному перемешиванию под действием сил тяжести и электрического воздействия, - согласно [5], наиболее эффективным и экономичным способом, - при этом заряженные частицы не соприкасаются, образуя межчастичные пространства, заполненные буферным газом, с которым загрязнения, оторванные с поверхностей частиц, направляются в систему очистки вакуумпровода. Перемешанные частицы порошков попадают через шлюзовой узел в накопительную камеру, откуда подаются в прессовый узел и подвергаются компактированию. Поскольку разрабатывается новый технологический процесс на передовых достижениях науки, то и компактирование предполагается проводить магнитно-импульсным способом с подведением импульсного тока для сваривания частиц между собой. В зависимости от чистоты поверхностей частиц последние еще в накопительной камере могут начать создаваться конгломераты, а в матрице узла компактирования при сжатии реализуются сдвиговые деформации,

дополнительно способствующие возникновению металлических связей. Очистка поверхностей, образующих межчастичные границы, оптимальное усреднение по объему компонентов шихты при перемешивании, использование импульсных деформирующих и токовых воздействий способствуют уменьшению толщин границ контакта, что позволяет снизить энергосиловые параметры при компактировании, ускорить процессы диффузии при спекании и повысить качественные параметры готовых изделий. Таким образом, открывается возможность разработки технологий изготовления изделий из порошков без смачивающих веществ, в том числе, неметаллических и многокомпонентных, что для настоящего уровня технологий является весьма сложной проблемой. Кроме того, эффективное перемешивание в вакууме дает возможность использовать в шихтах порошки различного фракционного состава, в том числе, ультрадисперсных, что обещает управляемое повышение качественных параметров изделий. Предложенная в данной работе схема может быть использована в различных видах технологий и покрывает обширный круг задач порошковой металлургии: от порошковых электролитических конденсаторов, с их зависимостью от удельной емкости и удельной поверхности используемых порошков, но и от исходной чистоты поверхностей последних, до твердосплавных изделий, спекание которых до сих пор не реализовано без смачивающих веществ, причем свойства последних являются зачастую определяющими в части стойкости, например, режущих кромок при механической обработке материалов. Универсальным узлом данной и всех остальных схем является плазменный реактор, позволяющий реализовать использование различных способов воздействия на частицы и являющийся обязательным агрегатом любой аппаратной технологической схемы, построенной для изготовления изделий с повышенными качественными параметрами и использующей порошки в качестве исходного материала. В поисках технологий, позволяющих получать конкурентоспособные изделия со все более высокими параметрами качества и экономики, - а современные представления предусматривают использование в этих целях ультрадисперсные порошки, как в качестве основного, так и подшихтовочного материала, - технолог - конструктор обязательно должен будет обратить внимание на те возможности, которые открывает перед ним неравновесная плазма