

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФИДСТОКОВ

К.В.ТУРДУБАЕВА¹, С.Н.КУЛЬКОВ^{1,2}

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

E-mail: karinakypchak@gmail.com

Металлические порошки находят широкое применение во многих современных технологиях, в том числе используются в качестве наполнителей для получения разного рода композитов. При этом в последнее время в ряде случаев порошки металлов предварительно подвергаются механической активации. Улучшая совместимость порошкообразного наполнителя с матрицей, механическая активация может существенно изменять его физико-химические свойства, что может приводить к изменению свойств композита. В то же время влияние механической активации на физико-химические (и, в частности, на теплофизические) свойства металлических порошков изучено совершенно недостаточно. Данная работа посвящена исследованию структуры порошков на основе железа после механической активации для получения фидстоков. При создании металлополимерных композиций для изготовления деталей по МММ технологии, состав смеси порошок–связующее (фидсток), используемых в металлическом инжекционном формовании (МММ) играет решающую роль в изготовлении бездефектных деталей. Порошок–связующее отделения в требуемом фидсток несет ответственность за дефекты, такие как пустоты, трещины, или искажения в спеченная часть, поэтому требует тщательного смешивания компонентов, т.е. механической активации. Металлический порошок должен быть равномерно смешан, обладать однородностью, равными размерами частиц. Т.к. из интересующих сплавов, это сплавы на основе железа, титана и углерода, которые получают только сплавлением, но чтобы получить деталь методом формования следует подготовить металлический порошок методом МА.

В качестве объекта исследования были подготовлены смеси порошков на основе Fe, Ti=5% и C=0,1,5,10%: m-0-0, m-1-0, m-5-0, m-10-0; первая цифра означает содержание углерода в образце, а вторая указывает на время механической активации.

Механическая активация проводилась на планетарной мельнице АГО-2 в течение 1 мин, 5 мин, 10 мин и 20 мин с частотой вращения 1820 об./мин. Морфология порошков исследовалась с помощью растрового электронного микроскопа TESCAN Vega3. Размер частиц определяли с помощью ПО JmicroVision. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре с монохроматическим $\text{CoK}\alpha$ излучением. Рентгенограммы снимались по точкам с шагом сканирования 0.05 и набором числа импульсов, обеспечивающим статистическую точность не хуже 0.5%.

На рисунке 1 представлено РЭМ изображение образцов после 20 минут механической активации, которое было получено на РЭМ Tescan Vega3. Можно заметить Fe представлено сферическими частицами, и также Ti и C имеют неправильную форму и развитую поверхность частиц. РЭМ изображения, полученные после механической обработки смесей, показали, что исходный фазовый состав сохраняется, т.е. реакций между компонентами порошковой смеси не происходит, рисунок 1.

Измеренные значения параметра решетки железа составили $a=2,86138 \text{ \AA}$ (до МА) и $a=2,85895 \text{ \AA}$ (после 20 минут МА), соответственно. Сравнение значений параметров показало, что в процессе механической активации наблюдается уменьшение параметров решетки Fe на 0.085%. Такие изменения могут быть обусловлены наличием сжимающих микроискажений, действующие в частицах, после МА.

Анализ уширения пиков соответствующих железу по методу «Вильямса – Холла» позволил определить значения областей когерентного рассеяния (ОКР) и микроискажений решетки (ϵ). Построение Вильямса-Холла приведено на рисунке 3.

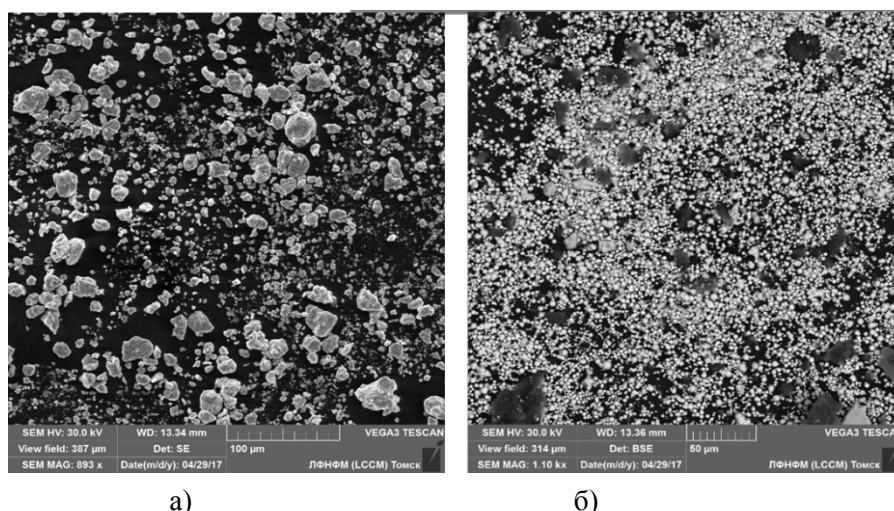


Рисунок 1 – Порошковая смесь после механической активации, образцы а) m-0-20 б) m-10-20

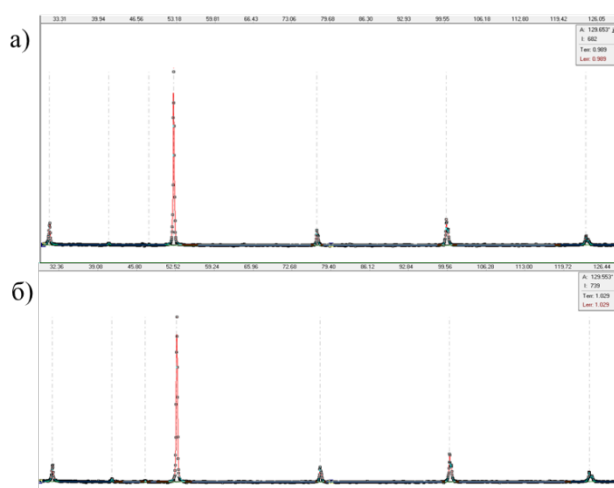


Рисунок 2 - Рентгенограмма порошковой смеси а) до и б) после 20 мин. механической активации

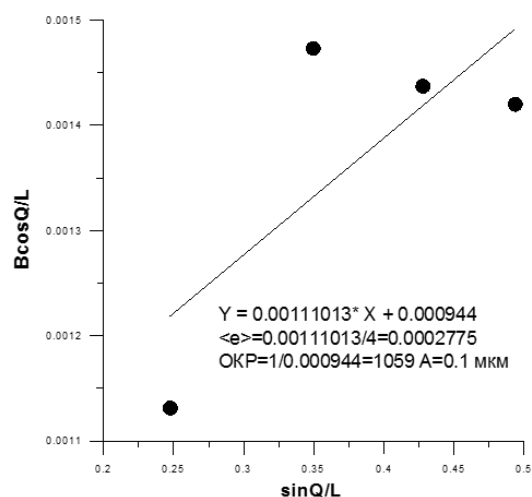


Рисунок 3 – Построение Вильямса – Холла для железа после 20 мин. механической активации

Таким образом, в работе показано, что при механической активации длительностью 1, 5, 10, 20 минут, достигается равномерное распределение частиц железа, титана и углерода, а дальнейшее увеличение продолжительности механической активации способствует агломерации частиц порошка. Введение углерода способствует увеличению дисперсности частиц и на релаксацию микронапряжений. При МА 20 минут образца m-0-20 ($C=0\%$) размеры частиц увеличиваются до $Fe \langle d \rangle = 3.75 \text{ мкм}$ с $SD=1.4 \text{ мкм}$; $Ti \langle d \rangle = 16.2 \text{ мкм}$ $SD=4.5$. Но после 20 минут МА у образца m-10-20 ($C=10\%$) средний размер Fe составил $1,52 \text{ мкм}$ с $SD=0.94 \text{ мкм}$, средний размер у $Ti = 6,5 \text{ мкм}$ с $SD=2,23 \text{ мкм}$ и $C=13.2 \text{ мкм}$ с $SD=5,98 \text{ мкм}$. Зависимость микроискажений кристаллической решетки (ϵ) и размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) немонотонная. Это изменение может быть обусловлено агломерацией-диагломерацией и разрушением частиц, вследствие механического наклепа и их охрупчиванием при МА. Порошковая смесь с содержанием углерода $C=10\%$ до МА- $\epsilon = 27,75$, при 1 мин МА- $\epsilon = 51,3$, 5 минут - $\epsilon = 117,7$ 10 минут - $\epsilon = 152,6$, 20 минут - $\epsilon = 1,8$.