

УДК 669

Качество деталей, изготовленных модифицированным PIM-методом при воздействии центробежной силы

Русланцев А.Н.¹, Первушин А.В.²

^{1,2}Студенты, кафедра «Ракетно-космические композитные конструкции»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Научный руководитель: Семенов Б.И., д.т.н., профессор кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

МГТУ им. Н.Э. Баумана

andreiruslantsev@gmail.com

Порошковая металлургия служит для массового производства изделий из металлических и неметаллических порошков. В общем виде технология порошковой металлургии состоит из пяти основных этапов (производство порошков, смешивание, уплотнение (прессование, брикетирование), спекание, механическая обработка), позволяя производить высококачественные изделия с высокой точностью. Основной недостаток – очень низкий выход годного при производстве фасонных изделий. PIM-технологии сохраняют преимущества порошковой технологии, однако лишены многих ее недостатков.

Классические PIM-технологии (Powder injection molding), чаще всего реализуемые как литье под давлением – это технологии массового производства сложных и точных изделий из металлических (MIM), керамических или интерметаллидных (CIM) порошков микронных, субмикронных и наноразмеров. Они объединяют низкотемпературное инъекционное формование пластмасс и высокотемпературную технологию спекания порошков, позволяя получать детали сложной геометрической формы в многоцветной металлической оснастке и снизить или совсем устранить необходимость дальнейшей механической обработки. При массовом или серийном производстве мелких изделий сложной геометрической формы это дает возможность получать дешевые детали с высокими механическими характеристиками

из самых различных конструкционных материалов. Разрабатываемая нами модифицированная РИМ-технология реализуется в четыре стадии (рис. 1) и включает: подготовку и производство фидстока, нагрев фидстока до состояния суспензии, запрессовку материала в литейную форму, удаление связующего, спекание. Однако запрессовка суспензии происходит под воздействием центробежной силы, исключая из технологической цепи экструдер (рис.1).

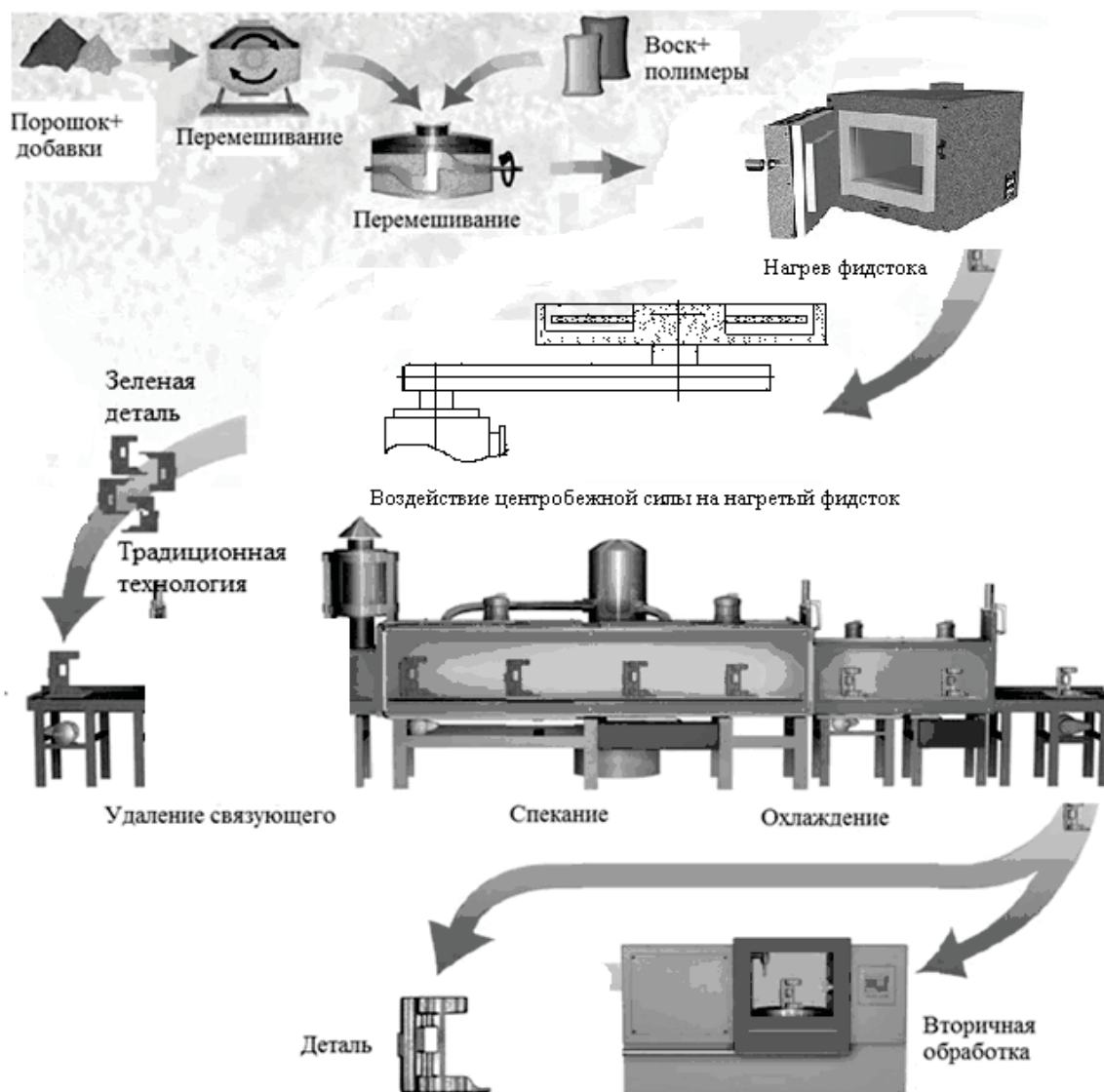


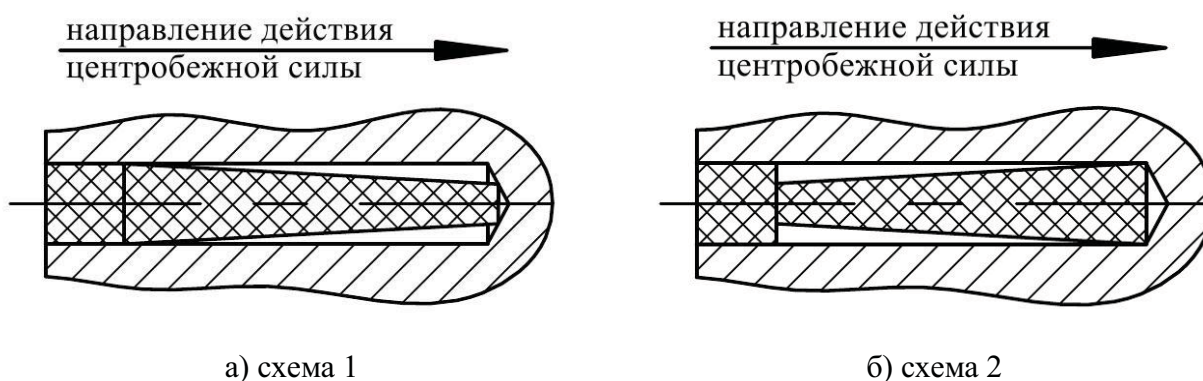
Рис. 1. Общая схема модернизированного РИМ-процесса

Замена усилия поршня при запрессовке порции материала на воздействие центробежной силы позволяет производить изделия, имеющие неоднородные, но управляемые характеристики микроструктуры, следовательно, и градиентные свойства. В традиционном процессе при увеличении объемного содержания порошка резко повышается кажущаяся вязкость суспензии, что затрудняет прессование. Использование центробежной силы позволяет повысить жидкотекучесть материала.

В работе решались следующие задачи:

- конструирование и изготовление специальной оснастки, пригодной для работы с материалом «зеленой» детали, подготовка центробежной машины к работе;
- определение режимов нагрева и охлаждения фидстока Catamold FN08 (легкоплавкий полимер, наполненный стальным порошком), обеспечивающих требуемую длительность его нахождения в суспензированном твердожидком состоянии;
- проведение предварительного эксперимента и выбор режима работы центробежной машины для определения закономерностей переноса и перераспределения стальных и более тяжелых частиц в расплаве полимера;
- измерение микротвердости полученных образцов и сравнение полученного результата с твердостью массово изготавливаемых изделий.

Модифицированным РИМ-методом были изготовлены 8 образцов, отличающихся схемой начальной укладки заготовок (рис. 2). Зеленые детали прошли все следующие стадии технологического процесса (рис. 1) Схемы укладки отличались начальным смещением области с повышенной пористостью. 4 образца были получены при частоте вращения 3200 об/мин, еще 4 — при частоте вращения 1600 об/мин. С шагом 2 мм вдоль оси на твердомере Durascan-20 были произведены измерения микротвердости по методу Виккерса (нагрузка 0,1 кг, выдержка 10 секунд) с краев и по центру образца. Результаты измерений и результаты регрессионного анализа твердости образцов показаны ниже. По горизонтальной оси отложена координата вдоль продольной оси изделия, по вертикальной— микротвердость.





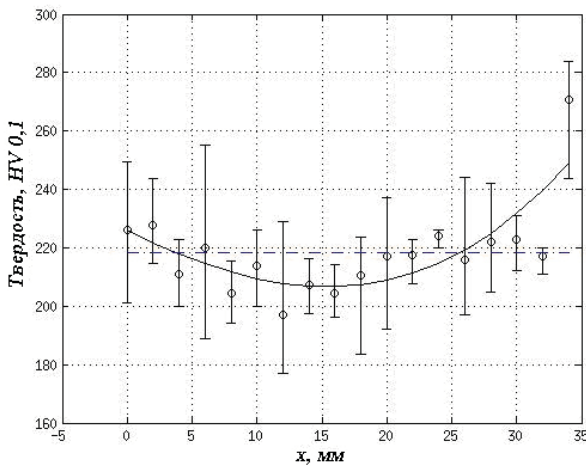
в) схема 3



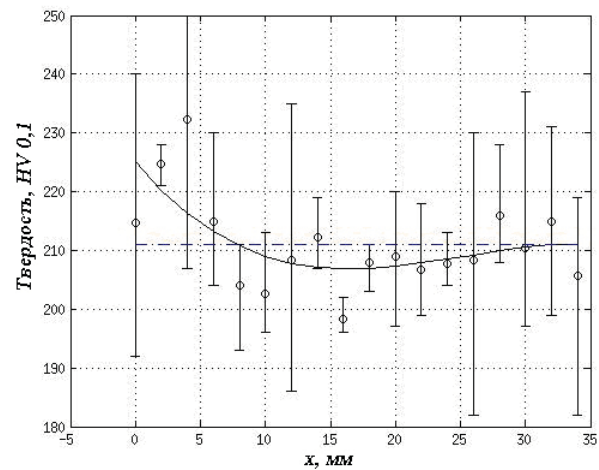
г) схема 4

Рис. 2. Схемы укладки заготовок из «фидстока» в полости формы

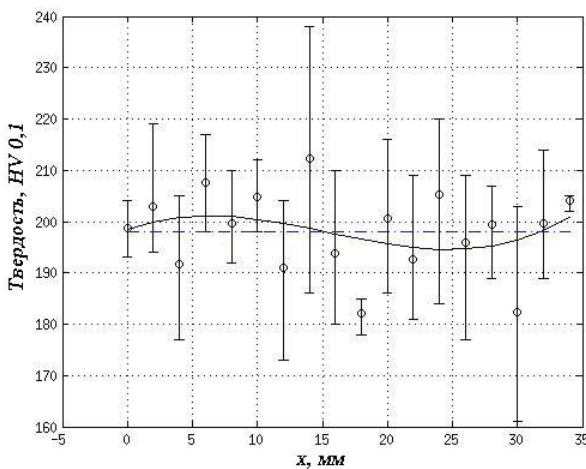
Результаты измерений представлены на рис.3 (частота вращения 3200 мин^{-1}) и на рис.4 (частота вращения 1600 мин^{-1}).



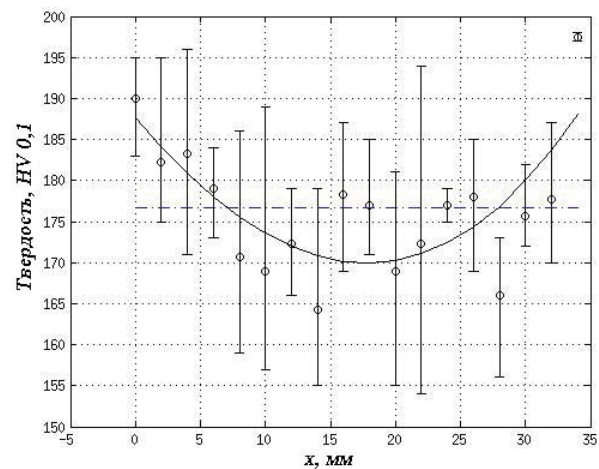
Образец №4. Частота вращения 3200 мин^{-1} , схема укладки 4



Образец №3. Частота вращения 3200 мин^{-1} , схема укладки 3

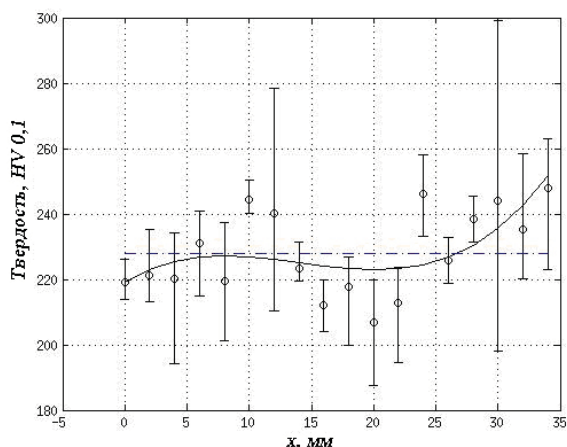


Образец №2. Частота вращения 3200 мин^{-1} , схема укладки 2

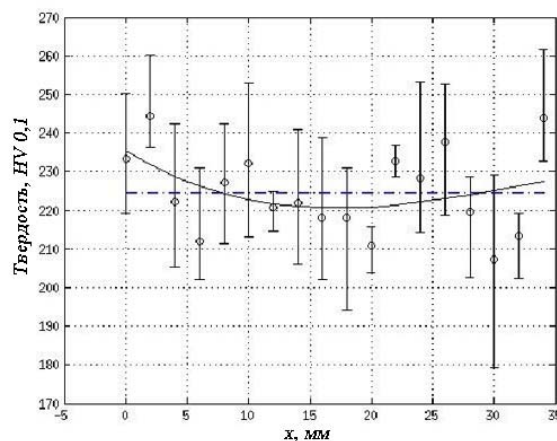


Образец №1. Частота вращения 3200 мин^{-1} , схема укладки 1

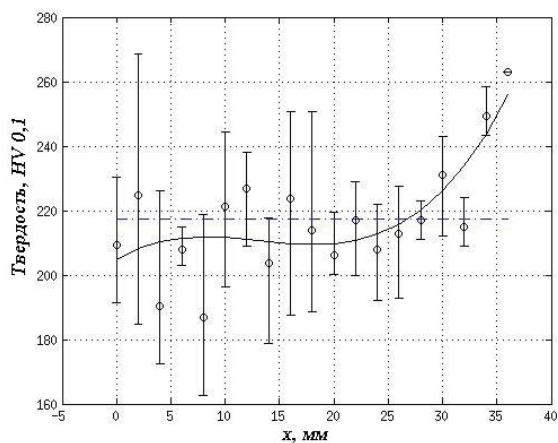
Рис. 3. Микротвердость образцов, изготовленных при частоте вращения 3200 мин^{-1}



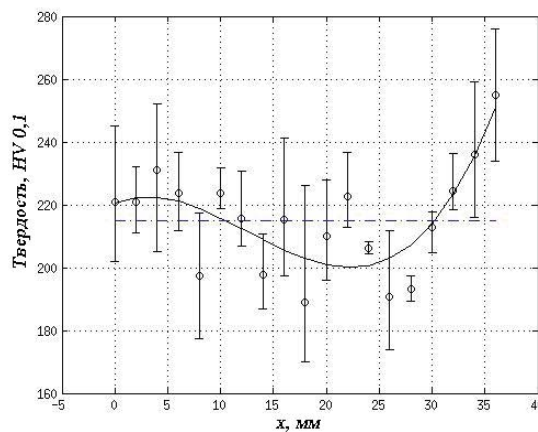
Образец №5. Частота вращения 1600 мин^{-1} ,
схема укладки 1



Образец №6. Частота вращения 1600 мин^{-1} ,
схема укладки 2



Образец №8. Частота вращения 1600 мин^{-1} ,
схема укладки 4



Образец №7. Частота вращения 1600 мин^{-1} ,
схема укладки 3

Рис. 4. Микротвердость образцов, изготовленных при частоте вращения 1600 мин^{-1}

Таблица

Средняя твердость образцов

Номер образца	Средняя твердость
1	176,25
2	198,02
3	211,06
4	218,33
5	228,07
6	224,63
7	214,36
8	215,58

По результатам выполненных измерений можно сделать вывод, что заполняемость формы оказалась хорошей, а твердость образцов, изготовленных с воздействием центробежной силы, не уступает твердости промышленно изготавливаемых деталей. Для получения контролируемых градиентных свойств необходимо проведение дополнительных исследований.

Список литературы

1. Injection molding, debinding and sintering of 316L stainless steel microstructures/ G. Fu, N.H. Loh, S.B. Tor and others// Applied Physics A – Materials Science & Processing, 2005, Volume 81 - pp. 495 – 500.
2. Yoshimi Watanabe, Hisashi Sato. Review Fabrication of Functionally Graded Materials under a Centrifugal Force, Materials 2/4 (2009) 133 – 150.
3. III Всероссийская молодежная конференция с элементами научной школы «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества». Москва. 29 мая – 1 июня 2012 г. / Сборник материалов. – М:ИМЕТ РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012, 660 с. Повышение качества деталей, изготавливаемых РИМ-методом, за счет воздействия центробежных сил. Седых А.М., Русланцев А.Н., Семенов Б.И.