

3D/PIM технология



PIM-технологией (Powder Injection Molding) называется высокотехнологичный процесс формования сложных

изделий, изготавливаемых из мелкодисперсных смесей полимерного связующего с металлическими или керамическими наполнителями. Он представляет собой объединение пластического формования с порошковой металлургией и позволяет сочетать сложную геометрическую форму детали с ее высокими механическими свойствами.



PIM-технология, как распространённый способ литья металлических (MIM-технология □□□ Metal Injection Moulding)

и керамических (CIM-технология □□□ Ceramic Injection Moulding) изделий из мелкодисперсных порошковых композиций с полимерным связующим, появилась в мире сравнительно недавно, промышленно стала внедряться с середины 80-х годов XX века, а бурный рост потребления PIM□□□□□□□□□□ в США и странах Западной Европы приходился на конец 90-х годов. До сих пор темпы роста производства изделий по PIM-технологии в Западных странах остаются достаточно высокими. В России же данная технология до последнего времени была практически не развита. Этот способ производства металлических и керамических деталей сложного профиля с достаточно высокими требованиями по точности (9-й и 10-й квалитет) практически без отходов материала и последующей механической обработки, считается сегодня самым малозатратным при серийном производстве изделий.



Технология литья под давлением порошковых материалов все чаще используется при изготовлении сложных

деталей промышленного или бытового назначения. MIM-технология, объединяющая классическое инжекционное формование пластмасс и технологию спекания металлических порошков, сочетает в себе сложность и высокую точность конструкции пластмассовых изделий со свойствами металлов и сплавов.

Сырьем для изделий, изготавливаемых по PIM-технологии, являются мелкодисперсные порошки керамики (оксид алюминия, оксид магния, кордиеритовая керамика (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO)), железа, цветных металлов и легирующих элементов (конструкционных, нержавеющих, инструментальных сталей, никелевых сплавов, титана) и других фракций размером от 1 до 20 мкм, смешанных со связующим и специальными смазками. Кроме металлических и керамических порошков в качестве наиболее часто встречающихся следует упомянуть также порошковые оксиды циркония, алюминия, карбиды вольфрама, кобальта, кремния, а также силикаты. Все материалы, представленные в форме спекаемого порошка, могут быть смешаны с соответствующим полимерным связующим и переработаны на литьевой машине □□□термопластавтомате (ТПА). В качестве связующего обычно используются термопласты или их смеси с насыщенными углеводородами.

Для изготовления деталей из порошковых материалов по PIM-технологии сначала требуется изготовить сырьё, называемое «фидсток» («Feedstock») - смесь мелкодисперсных металлических или керамических порошков с полимерной матрицей). Для изготовления фидстока порошковые смеси равномерно смешивают с полимерным связующим, нагревают и, таким образом, получают гранулированный материал.

Далее процесс проходит в несколько этапов (рис. 1):

1. Фидсток загружается в бункер ТПА и при нагревании в материальном цилиндре до 170-200°C происходит расплавление полимерного связующего, гранулят превращается в единую массу. Затем производится вырыск под давлением расплавленного фидстока, расплав заполняет пресс-форму, нагретую до температуры от 125 до 145°C, где под давлением происходит охлаждение и затвердевание материала с получением первичной заготовки-детали, которую называют «зеленой».
2. На втором этапе из «зелёной» заготовки удаляется полимерное связующее в две стадии. Связующее полимерное вещество экстрагируется с помощью растворителя или выгорает в печи «дебиндинга» в атмосфере инертного газа и паров азотной кислоты при температуре 110-140°C. Деталь, полученная после удаления связующего, называется «коричневой».
3. Заключительным этапом PIM-процесса является спекание «коричневых» заготовок в вакуумной печи при температурах более 1200°C. При спекании происходит уплотнение материала за счет слияния частиц и устранения пор. Полуфабрикат поступает в специальную высокотемпературную печь спекания с регулируемой атмосферой (вакуум, азот, водород в зависимости от марки спекаемого материала), где при температурах 1290-1400°C, а в случае CIM-технологии при температуре до 1610°C, происходит окончательное спекание его частиц и формирование готовой детали. Размеры конечной детали получаются меньше размеров «зеленой» детали за счет усадки.



Пресс-формы изготавливаются с высокими показателями износостойкости, каналами большого диаметра и

закругленной формы для предотвращения расслоения смеси; конструктивно предусматривается автоматизированный съём изделий роботом. Литьё металлических и керамических материалов экономически эффективно, когда сложные детали высокой точности исполнения требуется производить в больших количествах. Строгое соблюдение технологического режима литьевого цикла и стабильность процесса позволяют производить высококачественные первичные заготовки из порошковых материалов. Сложнейшие детали с внутренней резьбой, поднутрениями, выемками сложной формы и высоким качеством поверхности могут производиться на термопластавтоматах быстро и качественно в ручном или автоматическом режимах. Детали, изготовленные по PIM- технологии, находят применение в автомобилестроении, станкостроении, при производстве магнитов, в текстильной и часовой промышленности, для производства товаров народного потребления, в прецизионных механизмах, в медицине, стоматологии и промышленности керамики.

Преимущества PIM-технологии



PIM-процесс оптимизирует конструкцию детали и снимает ограничения по сложности формы изготавливаемой

детали. Всё, что ранее было принципиально невозможно реализовать из-за ограничений механической обработки, теперь стало доступно. Конструкторы получили возможность ставить при проектировании на первое место функциональные приоритеты, а не возможности

традиционных технологических процессов. При прочих равных условиях, если до этого применялась литейная металлическая заготовка, PIM-процесс позволяет получать более прочные детали за счет модификации характеристик материалов.



PIM-процесс позволяет придавать поверхностям формируемых деталей практически любые свойства □ □ □ от очень

гладких до текстурированных. Доступен практически весь спектр покрытий и обработок, в том числе химическое оксидирование и тефлоновое покрытие. Подготовка поверхности: галтовка, пескоструйка, полировка, ультразвуковая промывка. В настоящее время PIM-технология позволяет получать детали с минимальной толщиной сечения стенки от 0,4 до 30 мм с допусками в пределах 0,1 мм на каждые 25 мм линейных размеров детали, что является проблематичным для технологии ПМ и механообработки. Однако при условии подбора особых режимов техпроцесса и применении специальных методов контроля можно значительно улучшить эти показатели, гарантируя при этом их повторяемость. Доступен практически весь спектр обработок и покрытий: химическое, гальваническое.



Высокий коэффициент использования материала □ □ □ 0,97-0,99 в отличие от механообработки □ □ □ 0,4-0,6. В

традиционных методах металлообработки до 80 процентов материала может уйти в стружку, а в MIM-процессе литники после дробилки могут повторно использоваться. Эта экономия становится еще более значимой при работе с дорогими металлами (например, титаном). Уменьшаются затраты на дорогостоящие фрезы, расходные материалы, сервис станков, происходит сокращение технологического цикла производства. Минимизируются сроки подготовки производства, включая проектирование и изготовление специализированных пресс-форм. Детали, полученные методом порошковой металлургии, имеют высокую пористость, что требует применения дополнительной операции – пропитки.

Высокая производительность процесса, по сравнению с металлообработкой и литьём по выплавляемым моделям. Возможность полной автоматизации производства с подключением дополнительного оборудования: роботизации и конвейера.

PIM технология имеет большую перспективу и огромное преимущество при производстве деталей сложной формы с точными геометрическими размерами, параметрами и большими объемами производства по сравнению с традиционными методами: технологией порошковой металлургии, механообработкой и литьём по выплавляемым моделям.

Области применения PIM-деталей

Автомобилестроение: дверные замки, система впрыска топлива, системы активной безопасности, электромоторы дверей. Точное машиностроение, приборостроение: элементы режущего инструмента, зубчатые колёса, рабочие колёса насосов, прижимные лапки швейных машин, корпуса и детали механизма часов. Оружие: прицельные планки, предохранители, спусковые курки, затворы. Электроинструмент: части механизма перфораторов и электродрелей, ножи и решётки мясорубок, блендеров, кухонных комбайнов. Медицина: ортодонтические брекеты, хирургический инструмент, имплантаты.

[ООО «Куранты»](#) производит металлические порошковые композиции (фидстоки), изготавливает металлические и керамические изделия по PIM-технологии (Powder Injection Moulding), лёт изделия из пластмасс (термопластов) в интересах российских потребителей.



Приглашаем к сотрудничеству заинтересованные организации в изготовлении пластмассовых, высокотемпературных композитных,

керамических и сложных металлических изделий с заранее заданными свойствами в целях импортозамещения. Изготавливаем любые партии нестандартных металлических сплавов с повышенными характеристиками ударной вязкости и временным сопротивлением, с содержанием необходимого соотношения элементов. Принимаем заказы от заинтересованных организаций на литьё изделий из пластмасс или металлических сплавов. При необходимости изготовим пресс-формы для литья изделий. Ждём Вашу заявку с эскизами, чертежами, 3D-моделями и описанием задачи.

При написании обзора использованы материалы статьи Е. Погодиной. Литьё порошковых смесей // Пластикс. 2013. №6. С 34 – 46.