

УДК 621.74

**ЛИТЬЕ МЕТАЛЛОВ И ПЛАСТМАСС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИНТЕЗ-МАСТЕР-МОДЕЛЕЙ (ФОРМ) И АДДИТИВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

Ширяева Л.С., к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии; Куценко А.А., к.т.н., директор ЦКП «Прототипирование и аддитивные технологии», Пономарева К.В., к.т.н., доцент кафедры менеджмента качества
Научные руководители: Князев С.В., к.т.н. доцент,
Усольцев А.А., к.т.н., доцент
Сибирский государственный индустриальный университет,
г.Новокузнецк

Для успешного освоения и запуска в производство новой литейной продукции решающее значение имеет технологическая подготовка производства и технико-технологические возможности опытного производства. Особенно это актуально для изготовления литых деталей при проектировании новой продукции в машиностроении, где присутствуют варианты исследования, частое изменение размеров и конфигурации литейных заготовок, и как следствие, изменение литейных технологий, материалов и оснастки. В литейном производстве методы изготовления литейной оснастки из дерева, металла и пластмасс базируются преимущественно на использовании разнообразного механообрабатывающего оборудования. При этом изготовление литейной оснастки затягивается по времени, дорого в исполнении и по используемым материалам, часто не используется в дальнейшем в связи изменениями конструкции изделия в ходе проектирования и отработки технологий.

При современном развитии информационных технологий стал реальным переход на цифровые и аддитивные технологии в литейном производстве, что особенно проявилось именно в высокотехнологичных отраслях машиностроения, где характерным является мелкосерийное, иногда единичное производство, высокая сложность, точность и стоимость литья. Именно здесь перестройка традиционных литейных технологий, применение современных методов получения литейных форм и моделей дало возможность сократить время и затраты на отработку технологий, литейной оснастки и, как следствие, повысить эффективность создания новой продукции в машиностроении.

Additive Fabrication (AF) или Additive Manufacturing (AM) - принятые в англоязычной технической лексике термины, обозначающие аддитивный, т. е. «добавлением», метод получения изделия (в противоположность традиционным методам механообработки путем «вычитания» материала из

массива заготовки). Они употребляются наряду со словосочетанием Rapid Prototyping (или RP- технологии) - Быстрое Прототипирование. Можно сказать, что Rapid Prototyping в современном понимании является частью AF-технологий, «отвечающей» за собственно прототипирование методами послойного синтеза. AF- или AM- технологии охватывают все области синтеза изделий, будь то прототип, опытный образец или серийное изделие. Суть AF-технологий, как и RP-технологий, состоит в послойном построении, послойном синтезе изделий - моделей, форм, мастер-моделей и т. д. путем фиксации слоев модельного материала и их последовательного соединения между собой различными способами: спеканием, плавлением, склеиванием, полимеризацией - в зависимости от нюансов конкретной технологии. Идеология аддитивных технологий базируется на цифровых технологиях, в основе которых лежит цифровое описание изделия, его компьютерная модель или САD-модель. При использовании AF-технологий все стадии реализации проекта от идеи до материализации находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой САD\САM\САE -системе. Практически это означает реальный переход к «безбумажным» технологиям, когда для изготовления детали традиционной бумажной чертежной документации в принципе не требуется [1].

Интенсивно развивается направление использования 3D принтеров работающих на разных принципах для изготовления на основе 3D-моделей высокоточных мастер-моделей для последующего получения через силиконовые формы по технологии холодного литья моделей для ЛВМ, а так же для литья изделий из двухкомпонентных пластмасс. Использование силиконовых форм оказывается чрезвычайно эффективным, а часто единственно приемлемым, при единичном и мелкосерийном производстве при ЛВМ, в художественном литье и литье для ремонтно-реставрационных целей. При этом достигается высокое качество отливок и высокая эффективность производства.

Мастер-модели используют для получения силиконовых форм, в которые затем производится литье двухкомпонентных пластмасс или модельных составов для последующего использования при ЛВМ. Технологии литья в силиконовые формы получили широкое распространение в практике. В качестве материала форм используют различные силиконы - материалы, обладающие малым коэффициентом усадки и относительно высокой прочностью и стойкостью. Это смесь двух жидких компонентов 1 и 2, которые при смешении в определенной пропорции полимеризуются и образуют однородную твердую массу. Формы получают путем заливки мастер-модели силиконом в вакууме. Мастер- модель располагают в опоке, предварительно в специальной емкости производят смешение компонентов 1 и 2, затем силикон выливают в опоку. Вакуум применяют с целью удаление воздуха из жидких компонентов и обеспечения высокого качества формы и отливок. После заливки в течение 10-40 мин. силикон полимеризуется.

Используя специальные технологические приемы, силиконовую форму делают разъемной или разрезают на две или несколько частей, в зависимости от конфигурации модели, затем модель извлекают из формы. В комплект оборудования для вакуумного литья (холодного литья), входит собственно вакуумная установка (одно- или двухкамерная) и термошкаф, для выдержки форм и отливок из пластмасс при их полимеризации в оптимальных условиях. Стойкости формы, в зависимости от сложности отливки и качества силикона, составляет 10 -100 циклов, что вполне достаточно для изготовления отливок опытной серии деталей или мелкосерийного производства. Эти технологии оказались весьма эффективными для производства опытно-промышленных партий и малосерийной продукции, характерной для авиационной, медицинской и приборостроительной отраслей. Широкий спектр как силиконов, так и полиуретановых смол позволяет изготавливать отливки с высокими механическими и эксплуатационными свойствами, различной жесткости в разнообразной цветовой гамме [2].

Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат. Современное литейное, и в первую очередь опытное, производство претерпевает существенную модернизацию, которая имеет целью создать условия для полноценной реализации принципа «безбумажных» технологий в течение всего процесса создания нового изделия - от проектирования и разработки САД-модели, до конечного продукта. И для этой цели литейщики должны оснащаться совершенно новым для них оборудованием, дающим им новые возможности для удовлетворения запросов конструкторов, но одновременно требующим от них освоения новых знаний, заставляя и технологов, и конструкторов говорить на одном 3D-языке, при этом устраняя извечное противостояние технолога и конструктора. Литейное производство имеет много общего с применением АF-технологий и на современном этапе развития общества становятся еще более близким и по применяемому оборудованию, и по технологическим приемам, по обучению и подготовке профессиональных кадров [1].

Современные Центры Аддитивных Технологий (ЦАТ), в том числе Центр коллективного пользования «Прототипирование и аддитивные технологии» СибГИУ г.Новокузнецк [3], по сути являются научно-конструкторско-технологическими объединениями между учеными, конструкторами и технологами (наука-проект-производство). Эти центры, исходя из финансовых ограничений, оснащаются комплексным оборудованием и ПО для возможности решения широкого круга задач, в том числе и литейного производства. Учитывая специфику российской промышленности и, в частности машиностроения, где зачастую в рамках одного предприятия сосредоточено производство огромной номенклатуры изделий из различных материалов и по разным технологиям, где существует нехватка проектировщиков и квалифицированных кадров и зачастую отсутствует опытное производство, создание региональных ЦАТ и

кооперация их с промышленными предприятиями является перспективным и рациональным.

Список литературы:

1. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм (*научный руководитель Центра Аддитивных Технологий ФГУП «НАМИ», д. т. н. Михаил Зленко; директор ФГУП «Внештехника» Павел Забеднов*) [Электронный ресурс] / Электронные данные – Режим доступа: http://ksystec.ru/download/additiv_tech.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус.
2. Любартович С.А. Реакционное формование полиуретанов / С.А. Любартович, Ю.Л. Морозов, О.Б. Третьяков. – М.: Химия, 1990. – 288 с.
3. ЦКП «Прототипирование и аддитивные технологии» [Электронный ресурс] / Электронные данные. – СибГИУ, [2017]. – Режим доступа: http://www.sibsiu.ru/universitet/podrazdeleniya/otdely/?ELEMENT_ID=4872, свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус.