

Оригинал статьи *“A European View on AM: Rethinking Injection Molds”* на английском языке можно найти на сайте журнала *“Additive Manufacturing”* (www.additivemanufacturing.media). Первоначально текст был опубликован на сайте MoldMakingTechnology.com.

Европейский взгляд на АМ: переосмысление инжекционных пресс-форм

Barbara Schulz, европейский корреспондент Gardner Business Media ©2019 Gardner Business Media, Inc.



Американские бизнес-модели и способы применения аддитивного производства (*Additive Manufacturing, AM*) металлических изделий обещают улучшения и в европейском прессформостроении.

На январской конференции германской ассоциации машиностроителей (*VDMA*) прогнозировалось, что для сектора производителей инструментов и пресс-форм этот год будет очень благоприятным. Средний оборот в 2018 году вырос на +8% по сравнению с предыдущим. Тем не менее, **Marco Schülken**, председатель дивизиона инструментальщиков *VDMA*, заявил, что он обеспокоен недобросовестной практикой некоторых основных заказчиков продукции этого сектора, приведшей к “обескровливанию немецких инструментальщиков”. Выразалось это в следующем: предварительное финансирование разработчиком специфических клиентских проектов; значительные скидки на существующие контракты, чтобы обеспечить их продление; задержки с утверждением пресс-форм в качестве повода, чтобы работать с еще не оплаченным инструментом. С другой стороны, экспорт инструментов и пресс-форм в 2018 году был очень позитивным, отметил г-н *Schülken*. Самым большим импортером остается США – в прошлом году экспорт в эту страну вырос на +20%.

Эти цифры иллюстрируют тот факт, что немецкие технологии и инструменты всё еще востребованы, но когда дело доходит до инноваций, опробования новых методов или ухода с наезженного пути, то немецкие компании отстают от американских, считает **Marc Dimter**, эксперт по аддитивному производству из компании *TRUMPF* (город Дитцинген, земля Баден-Вюртемберг), выпускающей различные станки с лазерными системами.

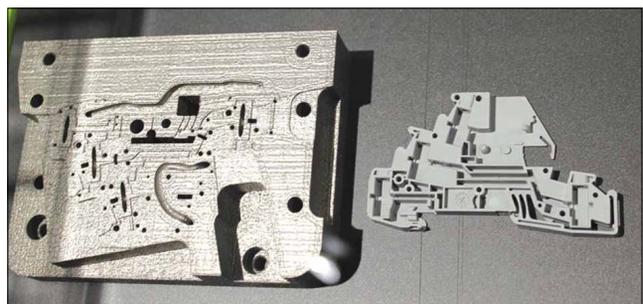
“Местные компании успешно пользуются новыми технологиями, включая аддитивное производство. Но американцы в этом отношении намного более авантюры. Мой коллега *Christoph Dörr*, изучавший рынок литья под давлением в США, утверждает, что там конформное охлаждение (которое можно реализовать при помощи технологий *AM*) гораздо более распространено, чем в Европе”, – говорит он.

(“Конформными” называют такие системы охлаждения, в которых конфигурация охлаждающих каналов максимально приближена к геометрии изделия. По сравнению с обычными конструкциями они обеспечивают более равномерное охлаждение и малую тепловую инерционность. – *Прим. ред.*)

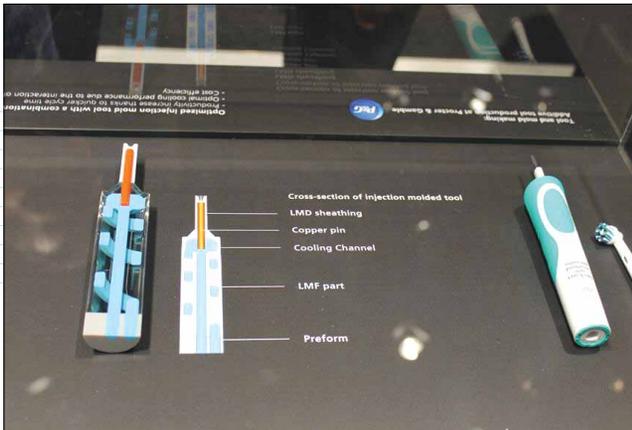
Кроме того, **Marc Dimter** отметил, что заказчики в США требуют обеспечить конформное охлаждение. Немецкие компании тоже покупают такие пресс-формы и штампы в США, потому



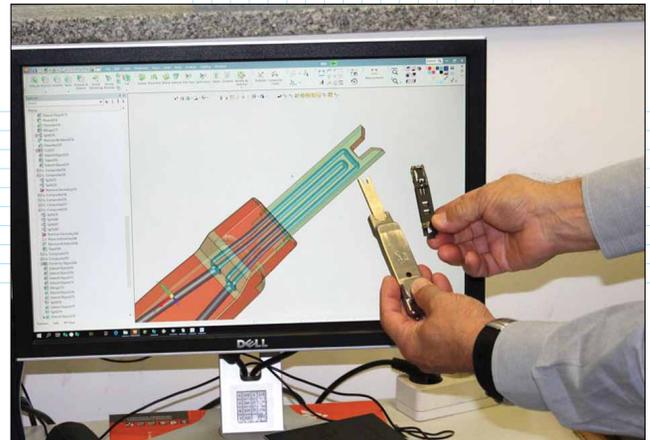
3D-принтеры *TruPrint* от *TRUMPF*, использующие технологию лазерного наплавления металлического порошка (*Laser Metal Fusion, LMF*), позволяют производить сложные металлические детали. (Фотография предоставлена компанией *TRUMPF*)



Инжекционная пресс-форма из инструментальной стали, изготовленная компанией *Rheonix Contact* на машине для лазерного наплавления (*Laser Metal Fusion, LMF*) от *TRUMPF*. Продолжительность построения: 45 часов (740 слоёв по 50 микрон)



Оптимизированная компанией TRUMPF конструкция инжекционной пресс-формы в комбинации с применением аддитивных технологий LMF и LMD (Laser Metal Deposition) позволила получить такой результат. Построение пресс-формы с интегрированными конформными каналами охлаждения велось по технологии LMF на изготовленной традиционным способом заготовке. Предварительный нагрев до 500°C делает ненужной последующую термообработку. Интеграция медного стержня позволяет отводить тепло из области, в которой невозможно создать каналы охлаждения. Для увеличения износостойкости медный стержень покрыт слоем инструментальной стали



Наиболее востребованной возможностью АМ при изготовлении пресс-форм является получение конформных систем охлаждения, позволяющих улучшить каналы отвода тепла, минимизировать перекашивание готовых изделий и сократить продолжительность цикла более чем на 40%

что американские производители уже заработали себе хорошую репутацию изготовлением высокопроизводительных инструментов, использующих конформные системы охлаждения. Тем не менее, здесь, в Европе, тоже имеются интересные новые разработки и приложения.

Конформное охлаждение меняет правила игры

Очевидно, что наиболее востребованной возможностью АМ при изготовлении пресс-форм является получение интегрированных конформных систем охлаждения, позволяющих улучшить каналы отвода тепла, минимизировать перекашивание готовых изделий и сократить продолжительность цикла более чем на 40%.

Это хорошо знает **Joao Frade**, менеджер по производству в португальской компании *Erofio*, изготавливающей пресс-формы. Компания первой в Португалии запустила у себя *M3 linear* от *Concept Laser GmbH* – промышленную установку для аддитивного производства методом послойного лазерного наплавления – и предлагает клиентам возможность интегрировать в пресс-формы сложные каналы конформного охлаждения.

“Наибольший потенциал для улучшения качества деталей и ускорения работы заключен в пресс-формах с конформным охлаждением, получаемых методом 3D-печати из металлического

порошка”, – говорит **Joao Frade**. – “Я верю в аддитивные машины с одним лазером, поскольку

в них выделяется меньше тепла и деформаций будет меньше. Проектировать инструменты с конформным охлаждением выгодно – от этого очень выигрывают и клиенты, и оборудование для литья под давлением”.

Однако, добавляет он, хотя системы конформного охлаждения помогают заказчикам значительно снизить общие затраты производства за счет уменьшения продолжительности цикла прессования, создание таких пресс-форм является сложным делом.

“Чтобы производить востребованные вставки, недостаточно просто купить аддитивную машину. Во-первых, вы должны иметь в штате квалифицированного и опытного технолога или другого инженера – для разработки и выполнения процесса металлопечати. Это не субтрактивное производство, и здесь требуется совершенно другая квалификация. Без этого все усилия обречены в лучшем случае на разочарование”, – говорит г-н *Frade*. – “Кроме того, вы должны помнить, что у вас будут значительные предварительные затраты, так что оправдать инвестиции получится только при значительных объемах выпуска деталей или высокой норме прибыльности”.

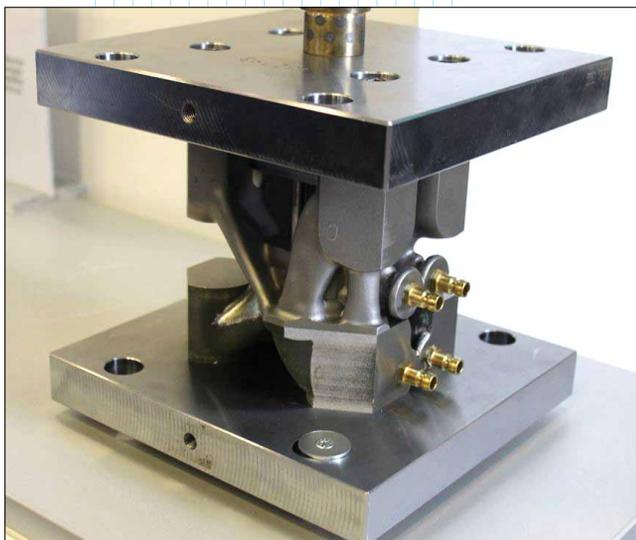
АМ – это нечто большее, чем просто машины

На рынке есть свободное место для специализированных контрактных компаний, поставляющих изготовителям пресс-форм какие-то детали, произведенные аддитивным способом, потому что АМ – это больше, чем просто 3D-принтер. Производители должны интересоваться еще и пробованиями к дополнительному оборудованию, последующей обработке, работе с порошком, определению характеристик металлических деталей и безопасности.

У компании *Protiq*, поставщика услуг промышленной 3D-печати, есть ответы на все эти вопросы, и генеральный управляющий **Ralf Gärtner** видит большой потенциал в этом деле, включая предоставление услуг сектору изготовителей пресс-форм.

“Нам всё еще надо убеждать многие компании ‘думать аддитивно’ и применять аддитивные технологии для получения конформных каналов охлаждения – например, таких, которые в результате уменьшают продолжительность цикла прессования и обеспечивают высокое качество деталей”, – говорит он. – “Но многие компании пытаются перенести в АМ традиционные подходы таких технологий, как фрезерование, электроэрозия и шлифование, а это не работает. Вы должны думать аддитивно. Вы должны сразу проектировать детали с учетом тех возможностей, что предоставляет АМ”.

В отличие от традиционного производства, в АМ производственный процесс определяется конструкцией. Например, оптимизированные по весу пресс-формы с внутренними структурами и встроенной функциональностью могут весить на 75% меньше обычных, использующих стандартные плиты, колонки, другие детали и изготовленные субтрактивным методом вкладыши и пунсоны.



Вместо того чтобы просто добавлять конформные каналы охлаждения во вставки пресс-формы, представленной заказчиком, всю конструкцию проектировали заново с ориентацией на возможности АМ – при этом использовалось меньше материала, стандартных деталей и плит, чем при традиционном подходе. По данным Toolcraft, она получилась на 50% легче исходной. Преимущества оптимизированной конструкции для заказчика: меньшее потребление энергии в процессе прессования, 30%-е сокращение продолжительности цикла. Компания Toolcraft, со своей стороны, смогла быстрее изготовить пресс-форму при сохранении затрат на том же самом уровне

“Мы можем изготавливать максимально оптимизированные пресс-формы, легкие и тонкие, причем на это требуется меньше времени, чем в случае фрезерования”, – объясняет г-н *Gärtner*. При создании пресс-форм он использует оптимизацию топологии и численное моделирование – чтобы убедиться, что каналы конформного охлаждения расположены правильно и что понадобится минимальное количество материала.

“Мы экономим порядка 25% производственного времени при изготовлении пресс-формы – главным образом потому, что многие функции уже будут интегрированы в пресс-форму в ходе АМ-процесса, и нам не придется закреплять детали и собирать [узлы] после механической обработки. Последняя пресс-форма, обеспечивающая продолжительность цикла 3.2 секунды, стала одной из самых быстрых в нашей истории”.

Установление тесных партнерских отношений

Для г-на *Dimter* идея аутсорсинга услуг АМ и создания сети компаний, выделяющихся из общего ряда по различным аспектам технологии, представляется жизнеспособной. Однако он видит и растущий спрос на всё более и более автоматизированные процессы и на цепочки интегрированных процессов, которые всё больше приближают аддитивную технологию к основному бизнесу производителей инструментов и пресс-форм.

Немецкий производитель *Toolcraft* добился именно этого. Компания, эксплуатирующая оборудование таких поставщиков, как *TRUMPF*, *EOS* и *Concept Laser* (всего восемь машин), реализовала цифровую технологическую цепочку, которая является последовательной и отслеживаемой на всех этапах технологического процесса. Это очень важно для компании, производящей не только пресс-формы, но и детали авиакосмического назначения, для чего она прошла сертификацию в рамках *NADCAP* для процессов неразрушающего контроля качества (*Non-Destructive Testing, NDT*). (*National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program (NADCAP)* – программа сертификации компаний на выполнение работ по заказам НАСА и Министерства обороны США, которая в настоящее время является международной. – Прим. ред.)

“Внедрение одной автоматизированной системы – *Siemens NX* – позволило нам избавиться от обособленных 3D-принтеров и четырех различных пакетов программ с разными интерфейсами и форматами”, – говорит **Christoph Hauck**, генеральный директор компании *Toolcraft*. – “Мы тесно сотрудничаем с нашими партнерами, включая *Siemens*, что является залогом нашего успеха. Кроме того, единая программная среда для проектирования, оптимизации топологии и

анализа методом конечных элементов для верификации конструкции служит нам подмогой при перепроектировании пресс-форм заказчика”.

Показанная на иллюстрации пресс-форма от *Toolcraft* похожа на упомянутую выше разработку *Protiq*, в которой вся конструкция пресс-формы была переосмыслена. Вместо того, чтобы просто добавлять конформные каналы охлаждения во вставки пресс-формы, предоставленной заказчиком, всю конструкцию спроектировали заново с ориентацией на возможности *AM* – при этом использовалось меньше материала, стандартных деталей и плит, чем при традиционном подходе. По данным *Toolcraft*, она получилась на 50% легче исходной. Преимущества оптимизированной конструкции для заказчика: меньшее потребление энергии в процессе прессования, 30%-е сокращение продолжительности цикла. Компания *Toolcraft*, со своей стороны, смогла быстрее изготовить пресс-форму при сохранении затрат на том же самом уровне.

Большие инструментальные компании, подобные *Toolcraft*, равно как и внутренние производства, обслуживающие в основном свою родительскую компанию, обычно могут позволить себе более гибкую политику в отношении нормы прибыли, тогда как для обычных малых и средних производителей пресс-форм дополнительные затраты, конечно же, являются проблемой.

“Производители пресс-форм действительно очень воодушевлены в отношении конформного охлаждения, но очень часто их затраты на него не окупаются”, – говорит г-н *Dimter*. – “Производитель нуждается в гарантированном количестве выстрелов, иначе он рискует не получить пользы от внедрения *3D*-технологии. Выгоду получит его заказчик, который будет использовать пресс-форму, но когда компания зависит от большого *OEM*-производителя, она задается вопросом, кто оплатит расходы на высокоэффективный инструмент. Поэтому, как изготовитель пресс-форм, вы должны сначала убедить клиента. Во времена высокого ценового давления на рынке и экономических опасений снижается готовность инвестировать еще больше денег в оптимизированный инструмент. Как-никак, инвестиции окупаются только за несколько месяцев производства”.

Другие направления применения *AM*

Помимо создания хитроумных конформных систем охлаждения, технология аддитивного производства металлических изделий имеет большой потенциал для улучшения или даже изобретения новых возможностей и функций, которые можно интегрировать в пресс-формы и инструменты. Эти инновации могут быть геометрического характера (полости и каналы, а также пористые структуры – главным образом, необходимые для охлаждения), могут основываться на использовании материалов, которые неприменимы в случае традиционных методов механообработки, или же на интеграции сенсоров, исполнительных механизмов и электрических элементов. Это касается и ремонтпригодности пресс-форм – заменяемые вставки можно напечатать за ночь или за пару дней.

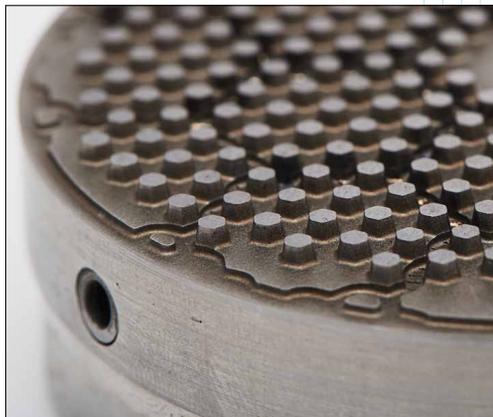
К примеру, производящая инструменты и пресс-формы компания *Robert Hofmann GmbH*, расположенная в городе Лихтенфельс (где родилась компания *Concept Laser*), выпускает пневматические инжекторы для выталкивания деталей без помощи механических компонентов – за счет аддитивно полученных пористых микроструктур.

Хотя наиболее распространенными и подходящими для инструментальных цехов и их специфических потребностей являются аддитивные

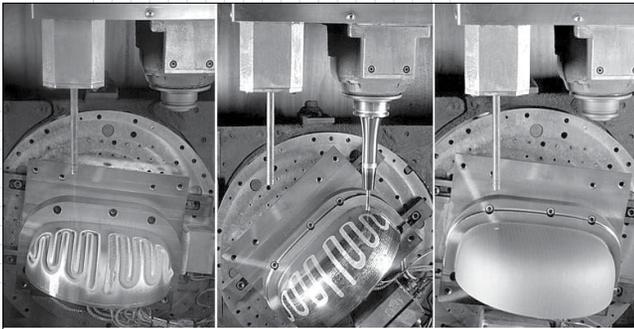
Изготовители пресс-форм очень воодушевлены в отношении конформных систем охлаждения, но очень часто их затраты не окупаются.



Материалы с низкой вязкостью, такие как полиуретан, сложно использовать как уплотнитель между стальными деталями, а резиновые уплотнители очень подвержены износу. 3D-печать делает возможным создание эластичных функциональных элементов прямо по линии разреза. (Фотография предоставлена компанией Hofmann)



Аддитивно изготовленные пористые микроструктуры в этом пневматическом эжекторе делают возможным выталкивание без помощи механических компонентов – путем гибкого позиционирования зоны эжектора в пресс-форме. Кроме того, можно использовать микроканалы – например, для вентиляции. (Фотография предоставлена компанией Hofmann)



Аддитивный процесс MPA от компании Hermle объединен с 5-осевой обработкой на одном станке. В отличие от многих других аддитивных технологий, процесс MPA не использует лазер – металлический порошок наносится на формируемую поверхность газом-носителем через сопло Лаваля. (Фотография предоставлена компанией Hermle)

технологии с вакуумной порошковой камерой, в которой металлический порошок либо селективно сплавляется лазерным лучом слой за слоем, либо локально наплавляется подвижным пучком электронов (*Electron Beam Melting, EBM* – электронно-лучевая плавка), можно применять и другие процессы.

Например, компания *Hermle* предлагает процесс *Metal Powder Application (MPA)*, который скомбинирован с 5-осевой механообработкой – всё это на одном станке. В отличие от других аддитивных технологий, *MPA* не использует лазер. Вместо этого металлический порошок наносится на подложку струей газа через сопло Лаваля. Слои образуются за счет пластической деформации частиц при ударе, при этом ни порошок, ни подложка не расплавляются. В результате, согласно информации *Hermle*, в полученной конструкции будет меньше напряжений и компоненты практически не деформируются.

Производство инструментов и пресс-форм для литья пластмасс под давлением – это та область применения, где процесс *MPA* может полностью раскрыть свои сильные стороны, полагают в компании *Hermle*. За счет квалифицированного использования конформного охлаждения можно очень сильно сократить продолжительность цикла прессования.

Внедрение *AM* становится возможным даже при самых высоких требованиях к качеству поверхности, говорит компания *Hermle*. Можно найти и особые области применения – например, для производства отражателей и элементов фар автомобилей, где изъяны на поверхности недопустимы, так как влияют на рассеивание света. 👁

◆ Новинки технической литературы ◆

Изучайте проектирование по максимально понятным и практичным методикам!

Автор книг – Дмитрий Зиновьев, с 2009 года специализируется на обучении проектированию в Autodesk Inventor, SolidWorks и КОМПАС-3D. За это время его командой было выпущено более 20 полноценных обучающих видео-курсов, записаны сотни видео-уроков и статей. По этим материалам прошли обучение и оценили подход и качество материалов уже тысячи инженеров.



- **Легкий старт.** При изучении новой программы всегда возникает вопрос «С чего начать?» Вы получаете толчок в нужном направлении для быстрого освоения этих программ.
- **Быстрый взлет.** Скрупулезная и длительная проработка материала — это правильно, но... подозреваем, что у вас нет на это времени. Поэтому мы будем действовать очень оперативно! И так же быстро получать результаты!
- **Наиболее рациональный путь.** Пользоваться программой можно по-разному. Мы говорим о наиболее рациональном способе.
- **Систематизация.** Если эти программы вам уже знакомы, и вы выполняете в них свои проекты, то наши книги помогут систематизировать ваши знания, восстановив в памяти те, которые пока не используются.



Заказ книг: dmkpress@gmail.com или www.dmk.rf