

ОПТИМИЗАЦИЯ

Как с помощью аддитивных технологий повысить производительность термопластавтомата на 40 %



Текст: Антон Нисан

”

Каналы охлаждения во вставках в пресс-формах для изготовления деталей из термопластов методом литья под давлением на термопластавтоматах используются давно. Они позволяют увеличить производительность за счет сокращения длительности охлаждения, повысить равномерность охлаждения и, соответственно, улучшить качество и снизить остаточные напряжения в изделиях. 3D-печать металлами открывает новые возможности в проектировании и изготовлении систем охлаждения пресс-форм благодаря тому, что каналы охлаждения можно равномерно расположить вблизи формообразующих поверхностей сложных пресс-форм.



1
Мойка высокого давления Kärcher K2 Basic



2
Каналы охлаждения до перепроектирования. Система охлаждения состоит из нескольких контуров, показанных разными цветами

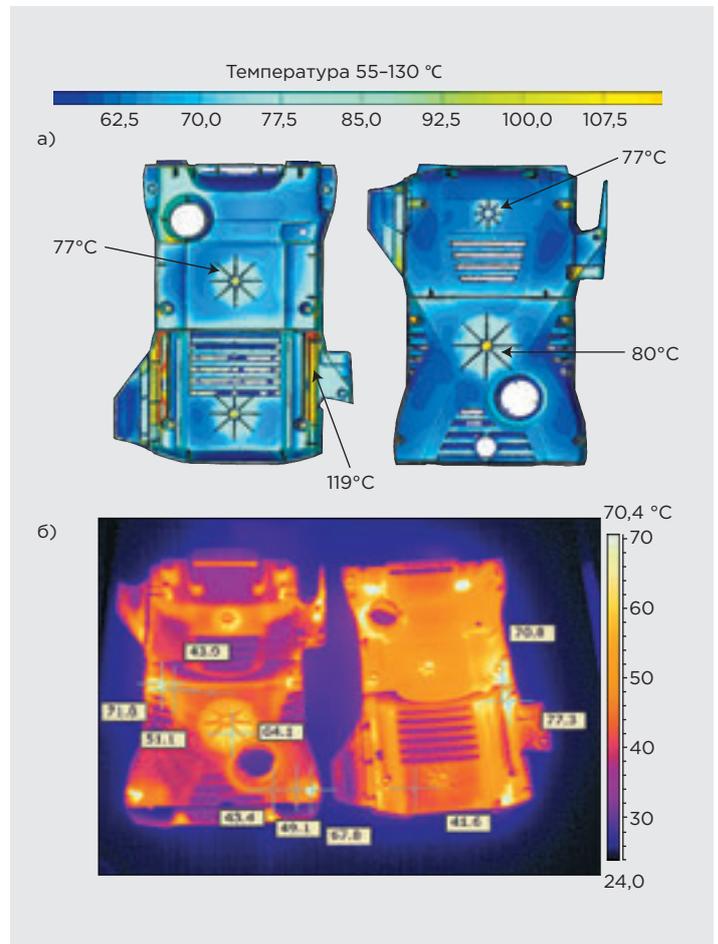
3D-печать вставок в пресс-формы для изготовления корпусов мойки высокого давления Kärcher K2 Basic

Мойки высокого давления Kärcher продаются по всему миру: одних только моделей K2 Basic (рис 1) отгружается с завода в Оберзонтхайме под Штутгартом более 2 млн штук в год. Ярко желтый корпус состоит из двух частей и изготавливался на шести термопластавтоматах. Компании было необходимо поднять производительность термопластавтоматов, чтобы удовлетворять растущий потребительский спрос. Для достижения этой цели специалисты компании Renishaw перепроектировали существующую систему охлаждения вставок в формы и изготовили ее фрагменты с помощью 3D-печати.

При использовании традиционных каналов охлаждения (рис 2) время цикла составляло 52 секунды, из которых 22 секунды уходило непосредственно на охлаждение отливки с 220 °C до порядка 100 °C – температуры размыкания формы.

Для сокращения длительности охлаждения и, соответственно, времени цикла специалисты компании Renishaw перепроектировали систему охлаждения вставок. Прежде всего было проведено моделирование 20 циклов литья, рассчитаны тепловые поля на внутренней поверхности формы для определения наиболее горячих участков и оптимизации расположения и формы каналов охлаждения в них (рис 3а). Полученные результаты моделирования коррелируются с экспериментальными данными (рис 3б).

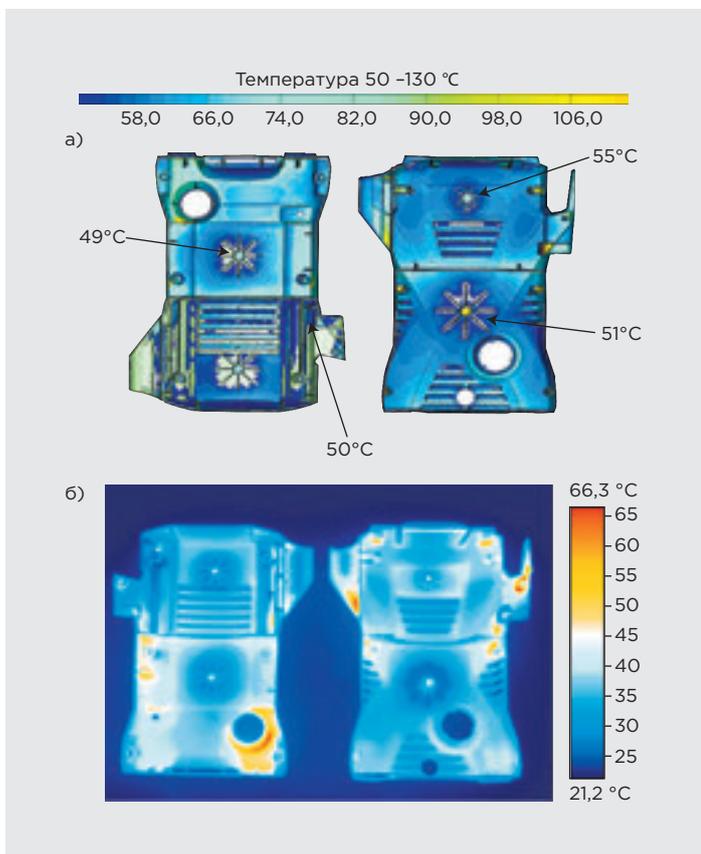
В идентифицированные наиболее горячие участки формы было добавлено несколько контуров охлаждения диаметром 4 мм, спроектированных с учетом



3
Температурное поле на поверхности вставок до перепроектирования через 22 секунды после начала охлаждения: а) результаты моделирования, б) экспериментальные данные



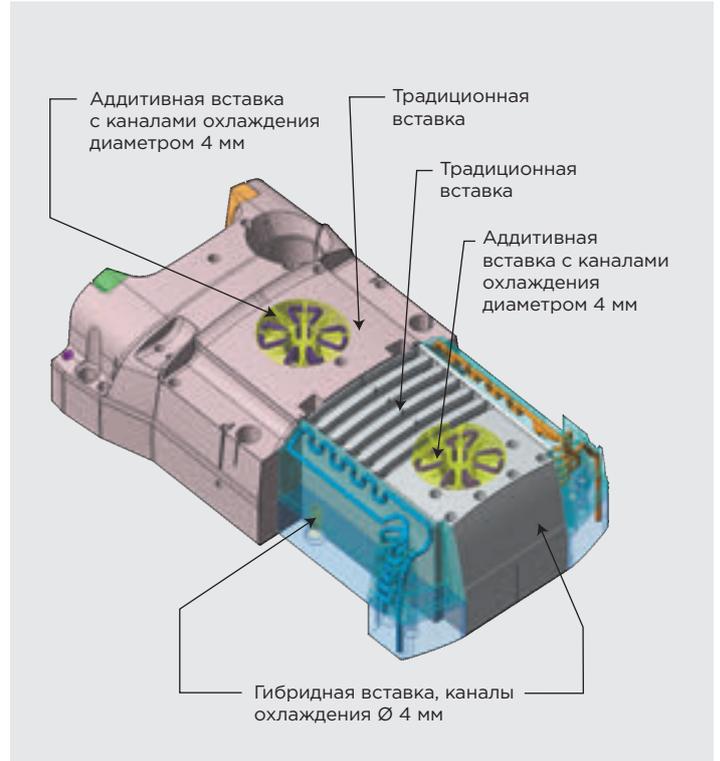
4
Каналы охлаждения, добавленные во вставки в наиболее горячих областях формы при перепроектировании



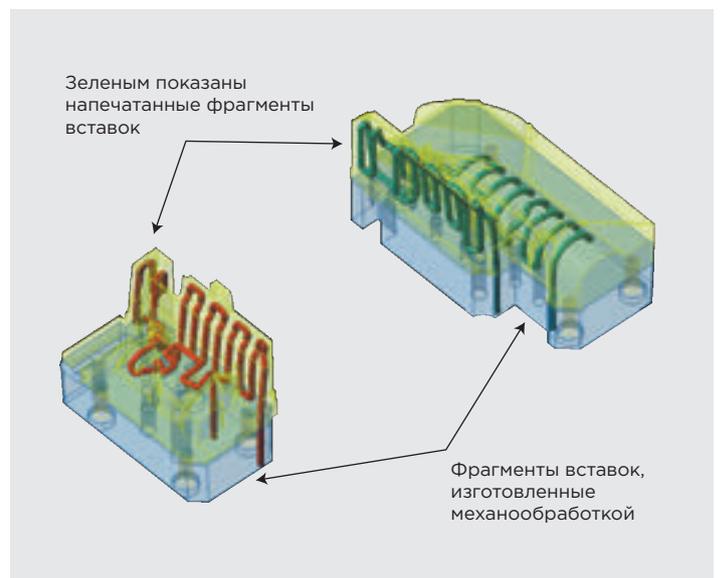
5
Температурное поле на поверхности перепроектированных вставок через 10 секунд после начала охлаждения: а) результаты моделирования, б) экспериментальные данные

возможностей гибридных и аддитивных методов изготовления вставок (рис 4). В одной области с недостаточным местом для размещения каналов охлаждения компания Kärcher изменила конструкцию самой детали.

Результаты моделирования температурного поля и экспериментальные данные свидетельствуют о гораздо большей эффективности перепроектированной системы



6
Перепроектированные вставки

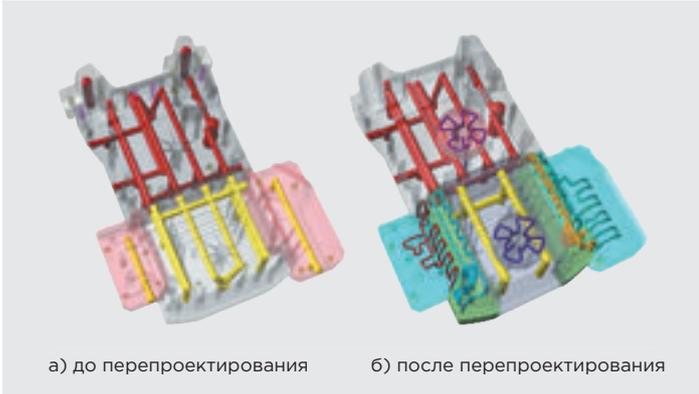


7
Гибридные вставки

охлаждения: уже через 10 секунд после начала охлаждения температура снижается достаточно для размыкания формы. При этом разброс температуры по поверхности формы существенно ниже (рис 5).

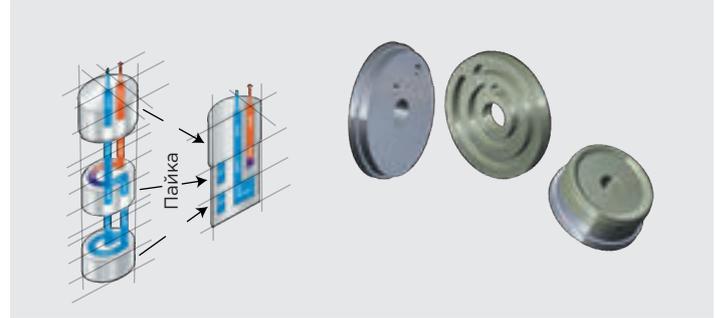
В итоге, в данной форме применены три типа вставок (рис 6): традиционные, изготовленные фрезерованием и вакуумной пайкой, аддитивные, гибридные (рис 7).

В результате перепроектирования системы охлаж-



а) до перепроектирования б) после перепроектирования

8 Вставки с каналами охлаждения до и после перепроектирования



10 Изготовление вставок фрезерованием и пайкой: вставка разделяется на несколько фрагментов так, чтобы в каждом из них можно было легко выполнить каналы фрезерованием, после чего фрагменты соединяются вакуумной пайкой



9 Группы методов изготовления вставок в формы с каналами охлаждения

дения вставок в формы (рис 8) время охлаждения было уменьшено на 55 % с 22 до 10 секунд, а производительность термопластавтомата повышена на 40 % с 1 500 до 2 100 корпусов в сутки.

Методы изготовления вставок с каналами охлаждения

Можно выделить три группы методов изготовления вставок в формы с каналами охлаждения (рис 9):

- сверление отверстий и установка заглушек;
- фрезерование и пайка;
- 3D-печать металлами.

Первый метод самый простой, но не эффективный, если формообразующие поверхности имеют сложную форму, при которой просверлить отверстия вблизи поверхности для максимально быстрого отвода тепла невозможно. Второй метод (рис 10) отчасти лишен этих недостатков, но он всё равно

не дает гибкости в размещении каналов охлаждения, обеспечиваемой 3D-печатью. Преимущества 3D-печати над другими методами:

- свобода выбора конфигурации и зон размещения каналов;
- повышение равномерности охлаждения;
- сокращение времени охлаждения (до трехкратного);
- сокращение времени цикла (до двукратного);
- упрощение сборки.

Для печати вставок используется мартенситная сталь М300 (1.2709)¹. Механические свойства изделий, напечатанных из этой стали, приведены в Т1. Напечатанные вставки подвергаются упрочнению старением при 490 °С в течение 6 часов, шлифовке и полировке

¹ Состав сплава: железо – основа, никель 17-19 %, кобальт 7-10 %, молибден 4,5-5,2 %, титан 0,3-1,2 %.

Т 1

Механические свойства изделий из мартенситной стали М300 (1.2709)

ПАРАМЕТР	ПОСЛЕ ПЕЧАТИ		ПОСЛЕ УПРОЧ- НЕНИЯ СТАРЕ- НИЕМ	
	СРЕД- НЕЕ	СКО (σ)	СРЕД- НЕЕ	СКО (σ)
Предел прочности, МПа:				
горизонтальное направление (XY)	1147	3	1917	8
вертикальное направление (Z)	1035	10	1952	23
Предел текучести, МПа:				
горизонтальное направление (XY)	976	17	1873	26
вертикальное направление (Z)	794	23	1898	29
Относительное удлинение до разрушения, %:				
горизонтальное направление (XY)	15	1	6	2
вертикальное направление (Z)	10	2	3	1
Модуль упругости, ГПа:				
горизонтальное направление (XY)	185	9	218	22
вертикальное направление (Z)	189	6	199	8
Твердость по Виккерсу (HV0,5 – измерение с нагрузкой 4,903 Н):				
горизонтальное направление (XY)	350	15	574	7
вертикальное направление (Z)	357	12	561	13
Шероховатость поверхности после дробеструйной обработки, Ra, мкм:				
горизонтальное направление (XY)	3,5...4,0			
вертикальное направление (Z)	7,5...10,5			

формообразующих поверхностей, а на стенки каналов можно наносить антикоррозионное покрытие.

Также встречаются «гибридные» вставки, фрагменты которых изготовлены по разным технологиям: например, массивные части с каналами сравнительно простой формы – механообработкой, а части, в которых нужны каналы сложной формы вблизи поверхности – 3D-печатью.



1 1

Гибридная вставка в форму с каналами охлаждения

Оценка возврата инвестиций

Оценим возврат инвестиций на примере успешного применения 3D-печати, позволившего значительно снизить разброс температуры по форме и сократить время цикла более чем в 2 раза. Традиционные технологии – фрезерование и вакуумная пайка – не позволили выполнить каналы охлаждения в верхней части вставки (рис 1 2а) из-за малой толщины высокой стенки, поэтому даже в конце цикла при размыкании формы разница температур стенок формы в верхней и нижней частях доходила до 100 °С. Применение аддитивных технологий позволило добавить в верхней части вставки каналы охлаждения, что значительно улучшило равномерность охлаждения формы – время цикла уменьшилось с 90 до 40 секунд, а разброс температур при размыкании формы снизился в 5 раз до 20 °С (Т 2).

При годовом объеме производства отливок 40 000 штук и одnogнездовой форме потребуется 1 000 машино-часов термопластавтомата в случае традиционной вставки и 444,4 машино-часа при использовании напечатанных вставок. Если стоимость одного часа работы термопластавтомата принять равной 35 евро, то сокращение времени цикла благодаря аддитивным технологиям уменьшит годовые затраты (по машино-часам) на 19 445 евро. Учитывая, что стоимость проектирования и изготовления вставки составила 4 550 евро, то срок окупаемости можно оценить в 2,8 месяца².

Заключение

Аддитивные технологии позволяют существенно улучшить эффективность системы охлаждения пресс-формы и поднять производительность участка литья пластмасс под давлением. Технологический центр Renishaw специ-

² 4 550 евро / 19 445 евро x 12 месяцев

Т 2

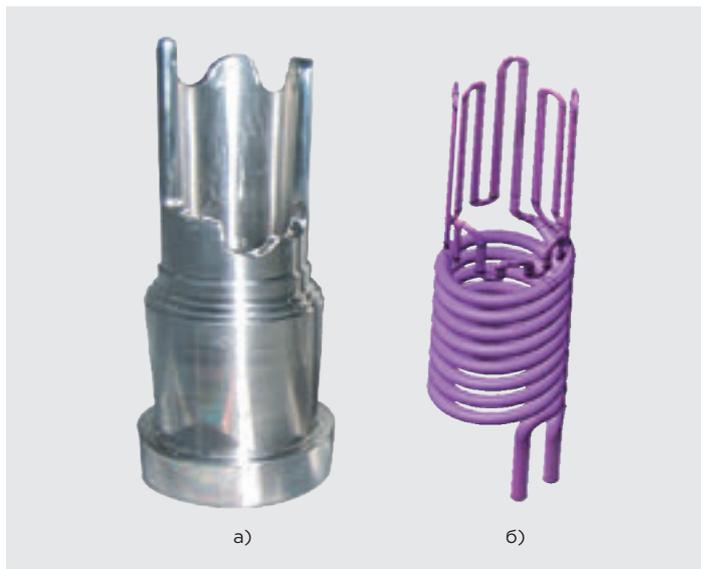
Сравнение параметров процесса при использовании традиционной и напечатанной вставок

ПАРАМЕТР	МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ	
	ФРЕЗЕРОВАНИЕ И ВАКУУМНАЯ ПАЙКА	3D-ПЕЧАТЬ
Время цикла, с	90	40
Давление воды, бар	4	4
Температура воды, °C	25	25
Температура стенок формы, °C:		
в верхней части	135	50
в нижней части	35	30
Каналы охлаждения:		
в верхней части	отсутствуют	экв. Ø 1,8 мм
в нижней части	Ø 4	Ø 4
Качество изделий	неудовлетворительное (утяжины)	отличное

Т 3

Оценка возврата инвестиций

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Объем производства, шт./год	40 000
Количество гнезд в форме, шт.	1
Длительность цикла литья, с:	
при использовании вставок, изготовленных фрезерованием и пайкой	90
при использовании вставок, изготовленных 3D-печатью	40
Стоимость проектирования и печати вставки, евро	4 550
Стоимость одного часа работы термопластавтомата, евро	35
Количество машино-часов на годовой объем производства:	
при использовании вставок, изготовленных фрезерованием и пайкой	1 000
при использовании вставок, изготовленных 3D-печатью	444,4
Снижение затрат (по машино-часам), евро	19 445
Окупаемость, мес.	2,8



1 2

Вставка в форму (а), форма каналов охлаждения во вставке, изготовленной 3D-печатью (б)

ализируется на разработке и изготовлении вставок в пресс-формы с каналами охлаждения. В центре, оснащенном 12 установками селективного лазерного сплавления, за более чем 10-летний период работы произведено свыше 12 тысяч вставок. Комплекс оказываемых услуг, рассмотренный на примере оптимизации системы охлаждения пресс-формы для изготовления корпуса мойки высокого давления, включает в себя

- моделирование процесса литья под давлением в существующей пресс-форме;
- определение участков, ограничивающих время цикла;
- оптимизацию вставок с традиционными каналами охлаждения;
- проектирование вставок с каналами охлаждения, изготавливаемыми 3D-печатью;
- моделирование процесса литья под давлением в оптимизированной пресс-форме;
- анализ результатов;
- печать вставок с каналами охлаждения.

В феврале 2018 года в Центре развития технологий (ЦРТ) ООО «Остек-СМТ», представляющем технологические решения Renishaw в области аддитивных технологий, была запущена установка селективного лазерного сплавления AM400 и оборудование для постобработки. Приглашаем вас в ЦРТ ознакомиться с оборудованием, технологией и образцами и повысить эффективность ваших систем охлаждения пресс-форм с помощью аддитивных технологий.

Заявки направляйте на электронную почту 3d@ostec-group.ru.