

ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ  
ОТЛИВКИ "КОРПУС", ПОЛУЧАЕМОЙ МЕТОДОМ ЛВМ .**

# Содержание

Введение

Возможности САМ ЛП LVMFlow

Постановка задачи

Компьютерное моделирование процесса получения отливки "Корпус"

Анализ полученных результатов

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для сокращения сроков и стоимости подготовки производства, а также снижения себестоимости отливок целесообразно использовать системы автоматизированного моделирования литейных процессов (САМ ЛП), предназначенные для моделирования литейных процессов заполнения формы металлом, затвердевания, образования усадочных раковин, макро- и микропористости, развития напряжений; цель которых – ускоренный поиск оптимальных параметров процесса затвердевания.

Цель данной работы являлось исследование процесса формирования отливки "Корпус", получаемой методом ЛВМ с помощью компьютерного моделирования в САМ ЛП LVMFlow.

## ВОЗМОЖНОСТИ САМ ЛП LVMFLOW

LVMFlow - профессиональная САМ-система компьютерного 3D моделирования литейных процессов позволяющая автоматизировать рабочее место технолога-литейщика и снизить затраты времени и средств на подготовку новых изделий

LVMFlow предназначена для проведения анализа литейной технологии и ее корректировки в кратчайшие сроки, что гарантирует в течение 1-2 двух рабочих дней подготовить технологию получения качественных отливок

Наличие русского интерфейса и просто использования, а также большая база данных по сплавам и материалам, позволяет технологу-литейщику провести моделирование отливки любой сложности, не требуя углубленных физико-математических знаний и опыта работы с подобными системами. Как показывает практический опыт, любой технолог-литейщик, который умеет обращаться с компьютером, после двухдневного обучения готов приступить к решению поставленной задачи

### **LVMFlow позволяет:**

- проследить динамику процесса заполнения формы металлом и процесса кристаллизации отливки в форме;
- получить информацию о полях скорости, давления, температуры, жидкой фазы и дефектах усадочного происхождения;
- снять значения "термопар" в произвольной точке отливки и формы;
- снять термические и кинетические кривые

LVMFlow может быть использована для моделирования следующих способов литья:

- литье по выплавляемым моделям;
- литье в землю;
- литье в кокиль;
- литье в изложницу;
- литье под давлением.

Современный подход к разработке технологического процесса получения качественных отливок основан на интенсивном использовании компьютерной техники, необходимого программного обеспечения и технологического оборудования на всех циклах отработки.

Рабочее место технолога-литейщика оснащается компьютерной техникой для работы с конструкторской программой твердотельного моделирования SolidWorks, которая позволяет на основе исходного чертежа детали быстро создавать трехмерную модель отливки с ЛПС, а также сопутствующую документацию.

Подготовив несколько вариантов трехмерных моделей отливок, технолог-литейщик проверяет их в системе автоматизированного моделирования литейных процессов LVMFlow для визуализации процесса заполнения формы металлом и последующего затвердевания, а также для выявления мест образования усадочных дефектов, горячих и холодных трещин и т.д.

В зависимости от сложности получаемой отливки поиск оптимальной конструкции ЛПС с помощью САМ ЛП LVMFlow – занимает 1-3 дня. При этом участие технолога-литейщика сводится к минимуму: ему остается лишь задать параметры

моделирования и, после того как программа самостоятельно проведет расчет и подготовит результаты для просмотра, выбрать оптимальный вариант.

При необходимости, трехмерная модель передается технологу-программисту, который подготавливает управляющую программу для изготовления модельной оснастки на станках с ЧПУ.

Таким образом, внедрение LVMFlow служит основой для создания на предприятии системы сквозного проектирования литейной технологии, которая позволит изготавливать изделия с требуемым уровнем качества в кратчайшие сроки.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Изделие "Корпус" представляет собой конструкцию, состоящую из двух цилиндров пересекающихся под прямым углом с массивными фланцами.

Учитывая особенности геометрии изделия и предъявляемые эксплуатационные требования было определено расположение отливки в форме – горизонтальное – для обеспечения получения плотного металла.

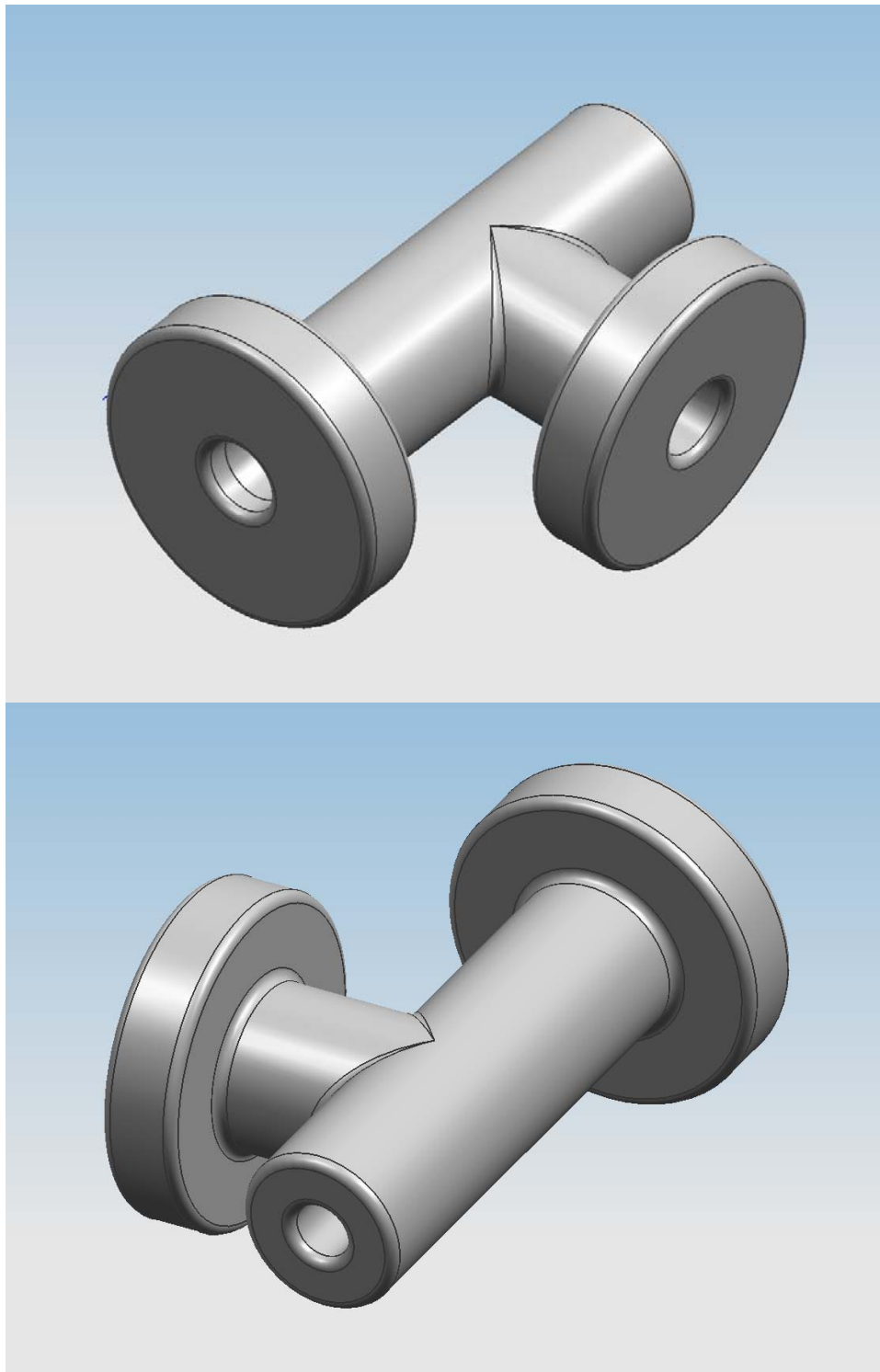


Рисунок 1 – Исходная модель изделия

По согласованию с отделом главного металлурга разработаны предварительные варианты литниково-питающей системы:

Вариант 1 – 3 массивные прибыли, расположенные на тепловых узлах отливки с подводом металла через боковую прибыль (рис. 2)

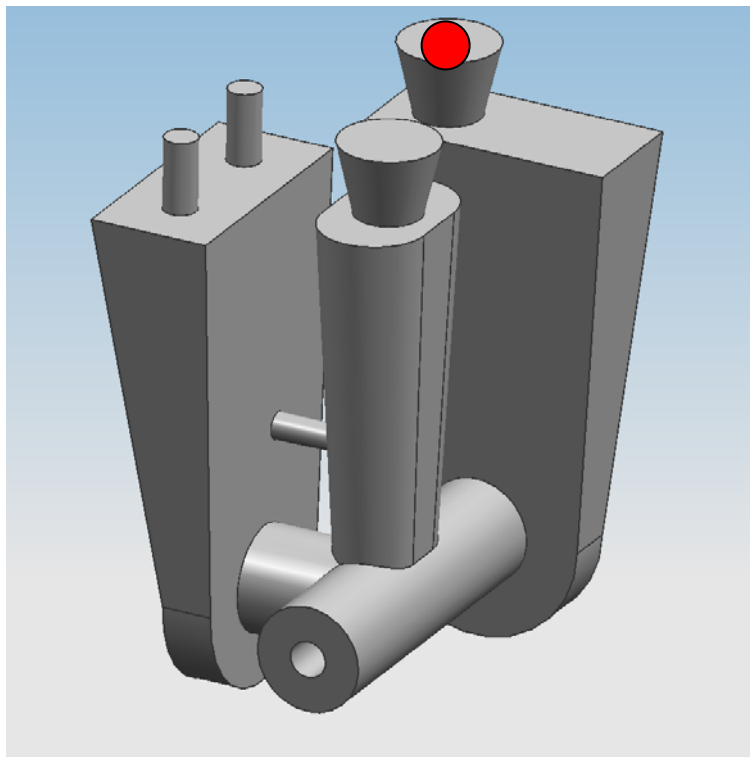


Рисунок 2 – подвод металла через боковую прибыль

Вариант 2 – 3 массивные прибыли, расположенные на тепловых узлах отливки с подводом металла через центральную прибыль (рис. 3).

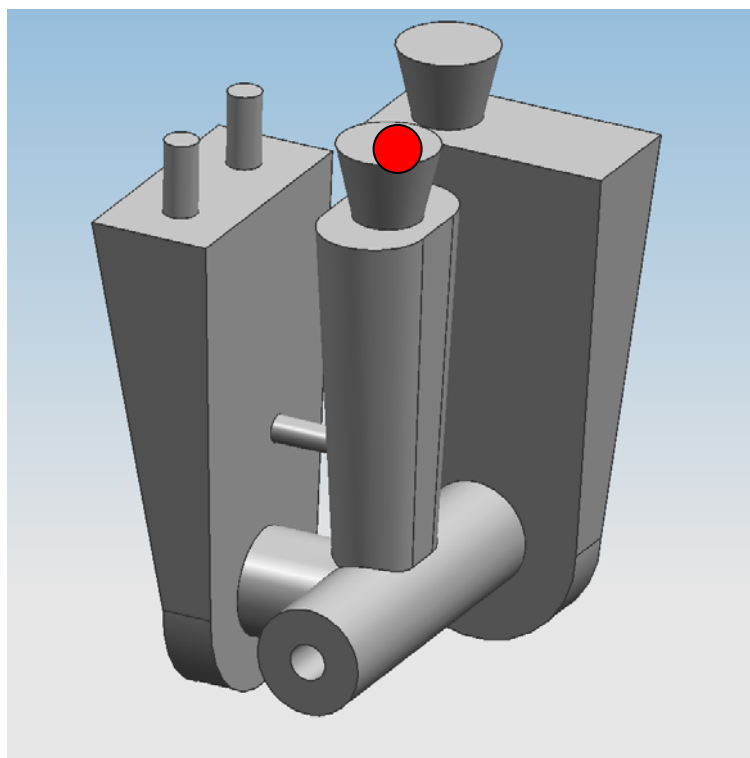


Рисунок 3 – подвод металла через центральную прибыль

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

## Технологические данные для моделирования

Исходные данные для компьютерного моделирования :

- марка сплава – сталь 30ХМЛ;
- метод литья – литье по выплавляемым моделям с шамотным наполнителем;
- температура заливки металла – 1600° С;
- толщина оболочки – 25 мм;
- начальная температура формы - 700° С;
- время заливки – 30-40 с.

### Моделирование процесса заполнения формы в модуле "Затвердевание"

Для получения предварительных данных по расположению дефектов усадочного происхождения целесообразно проводить предварительное моделирование заданной отливки без учета заполнения формы металлом. Данная процедура позволяет получить необходимую информацию по распределению дефектов в отливке за 1-2 минуты.

Дефекты обнаружены в тепловых узлах: под центральной и боковыми прибылями. Величина усадочной пористости достигает 8 %, что является критичной для данного вида изделия.

Результаты моделирования **Вариантов 1 и 2** представлены на рис.4.

Обнаружено, что в процессе затвердевания соединительные каналы, служащие для обеспечения оптимального заполнения формы металлом, затвердевают с большей скоростью и нарушают принцип направленного затвердевания (рис. 5). При дальнейшем исследовании данные каналы из конструкции удалены.

В процессе моделирования обнаружилось, что подвод металла через центральную прибыль сильно разогревает керамическую оболочку в месте соединения проходных каналов и приводит к значительным дефектам.

С другой стороны, заливка через боковую прибыль затруднена из-за конструкции вакуумной печи.

Дальнейшее моделирование проводили путем оптимизации центральной прибыли. Предложен **Вариант 3** с увеличенными размерами центральной прибыли. Результаты моделирования представлены на рис. 6.



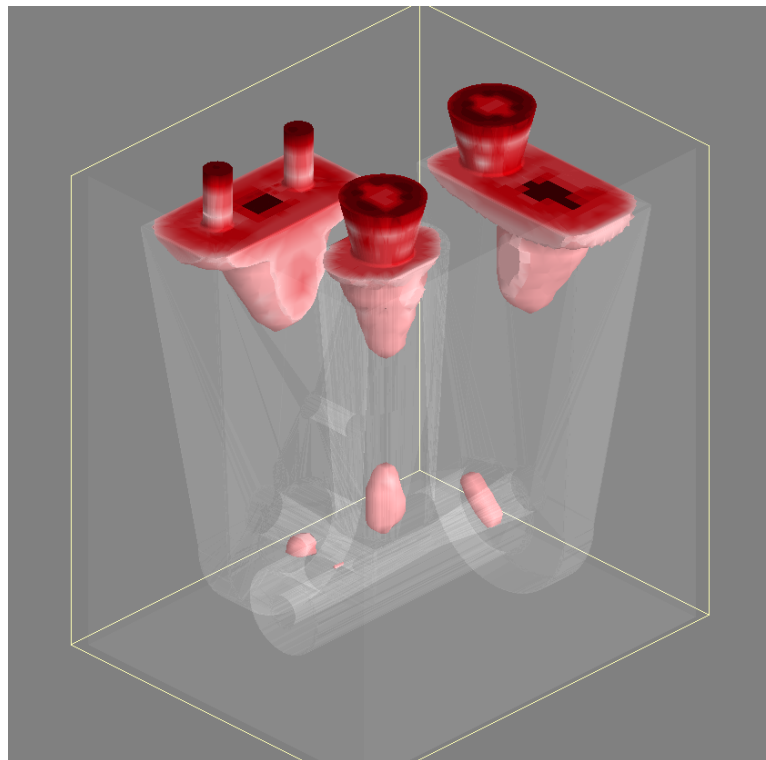


Рисунок 4,а – Усадочные дефекты в прозрачном объеме (Вариант 2)

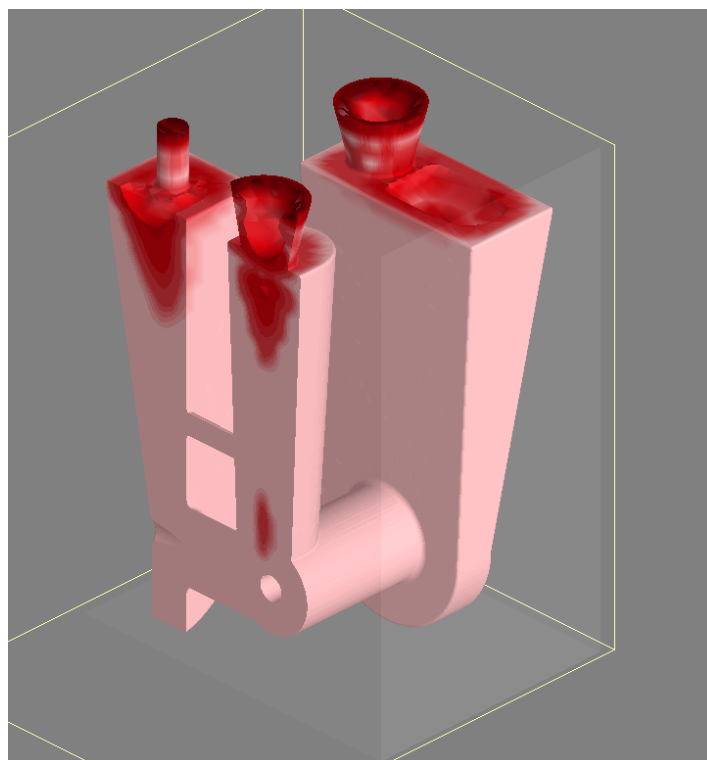


Рисунок 4,б – Усадочные дефекты в объеме (Вариант 2)

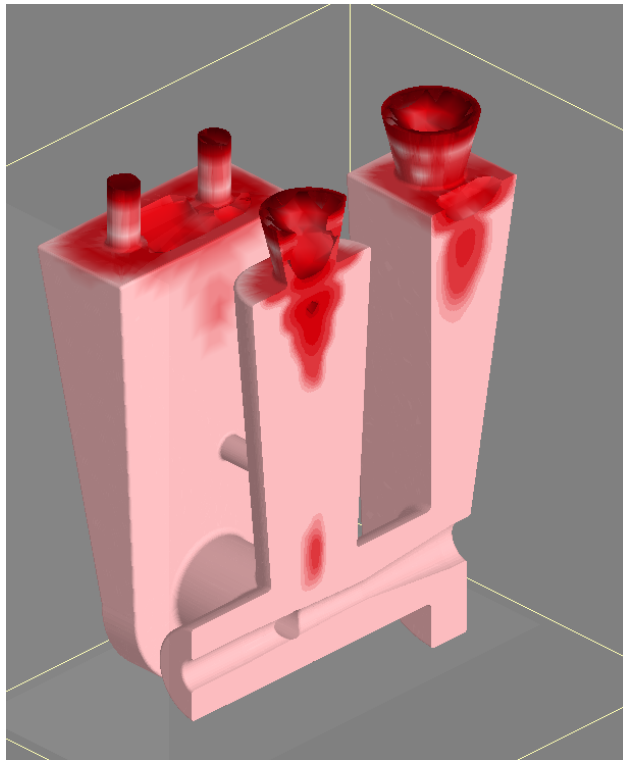


Рисунок 4,в – Усадочные дефекты в объеме (Вариант 2)

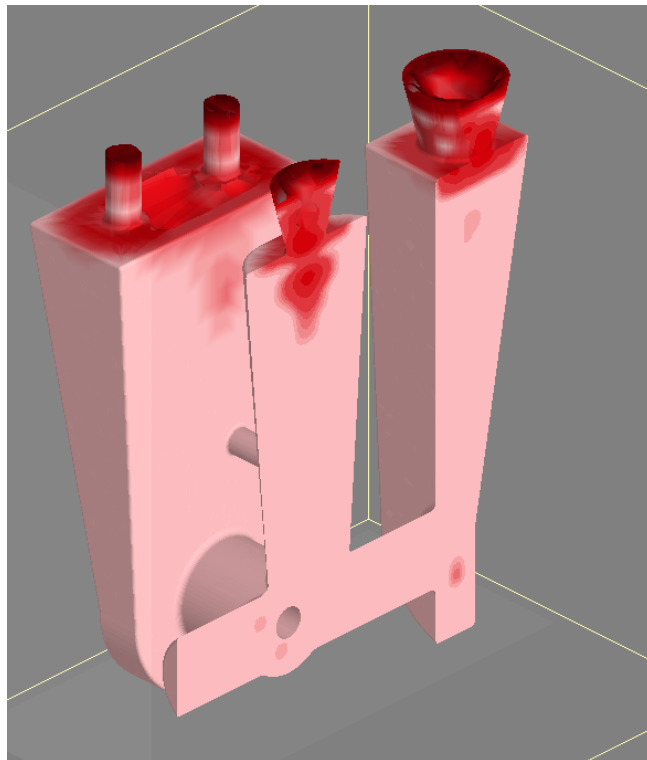


Рисунок 4,г – Усадочные дефекты в объеме (Вариант 2)

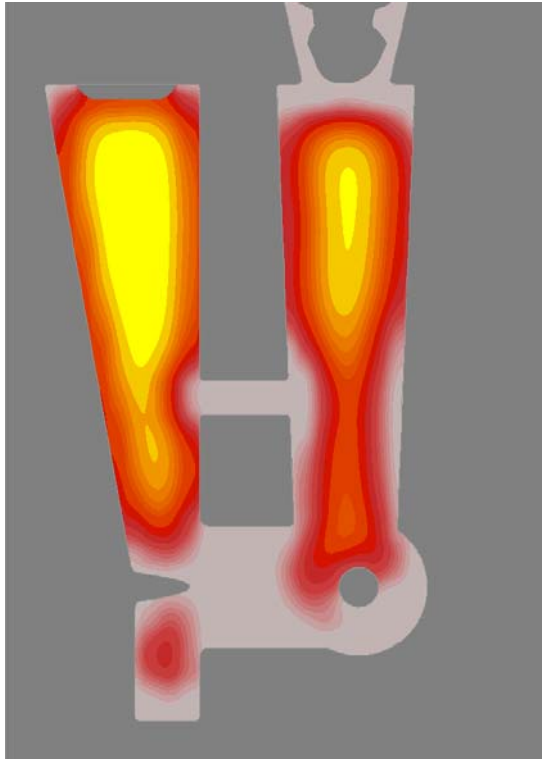


Рисунок 5 – Влияние соединительных каналов на затвердевание – жидкий металл

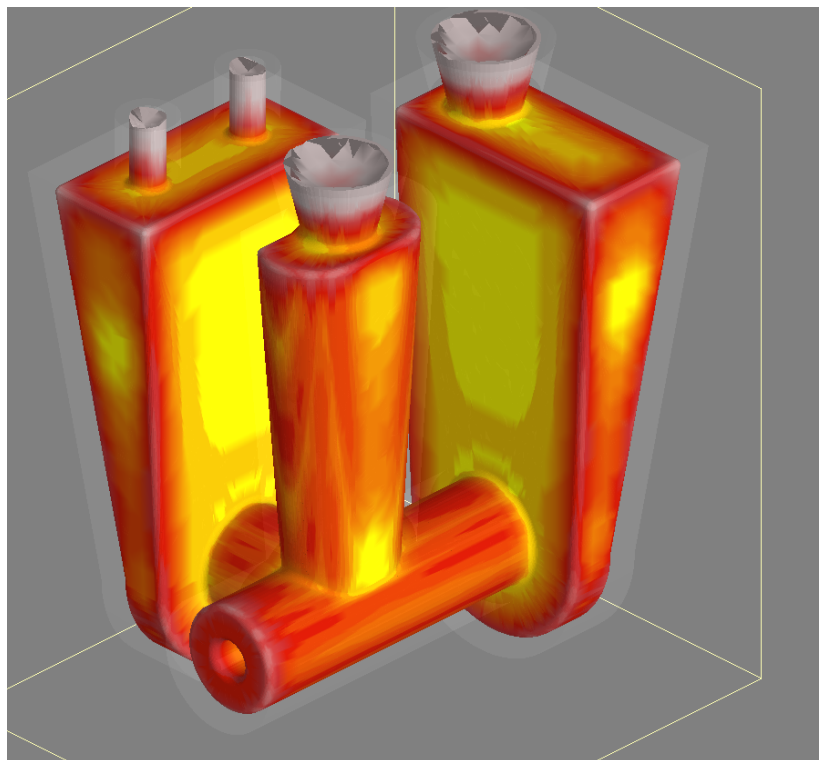


Рисунок 6, а – Процесс затвердевания – жидкий металл (Вариант 3), 1 мин.

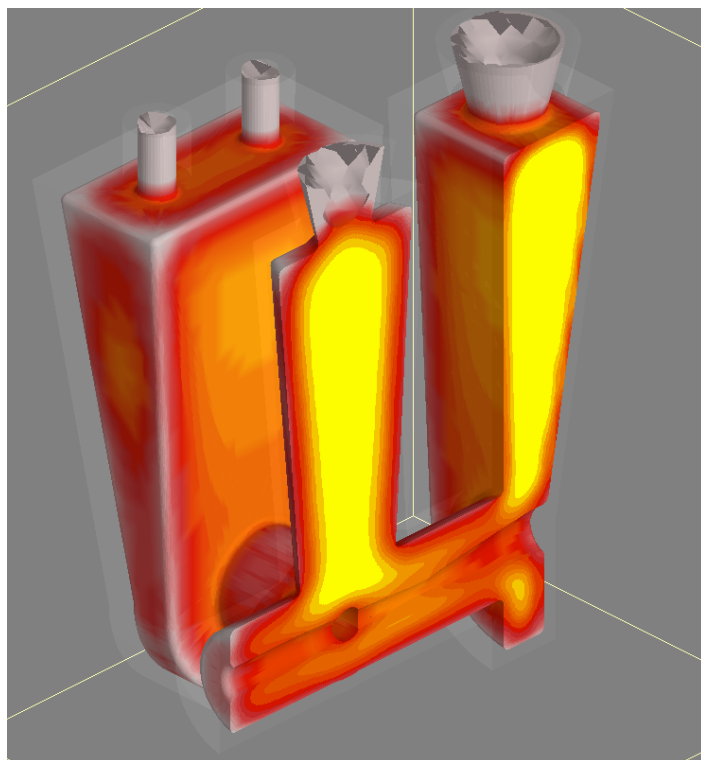


Рисунок 6, б – Процесс затвердевания – жидкий металл (Вариант 3), 6 мин.

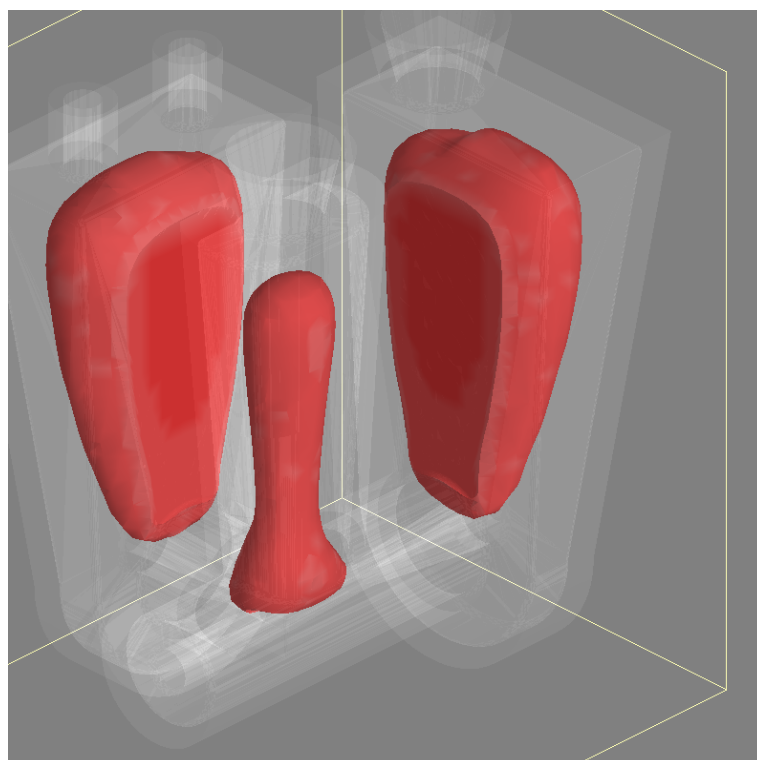


Рисунок 6, в – Процесс затвердевания – жидкий металл (Вариант 3) , 30 мин.

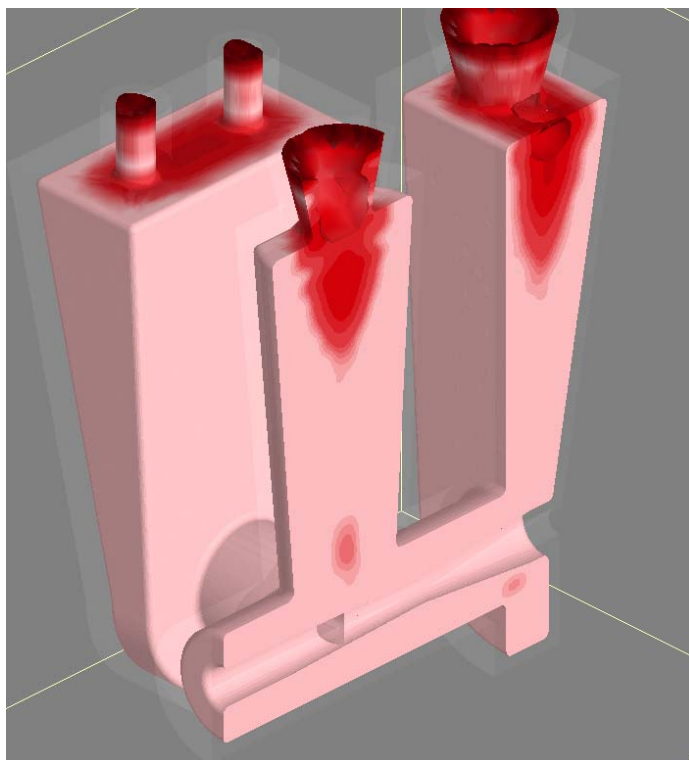


Рисунок 6, г – Усадочные дефекты (Вариант 3)

Как видно из полученных результатов, уровень дефектов по вариантам 1, 2 и 3 превышает допустимые значения.

## Моделирование процесса заполнения формы в модуле "Полная задача"

Данный модуль позволяет провести анализ заполнения формы металлом с учетом технологических возможностей. Время заливки при моделировании составляло 30-40 с.

Учитывая неудовлетворительные результаты по вариантам 1, 2 и 3, предложен вариант 4 – заливка металла через литниковую чашу с подводом металла в верхнюю часть прибылей. Высота центральной прибыли уменьшена на 100 мм, что позволяет сэкономить 40 кг металла.

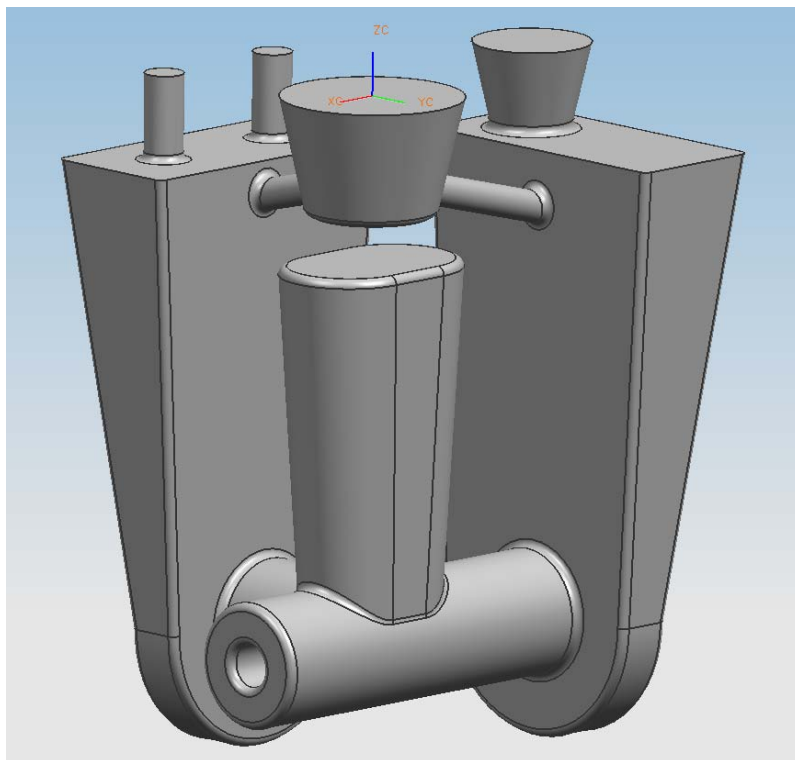


Рисунок 7 – Вариант 4

Данный вариант конструкции ЛПС должен обеспечить подвод горячего металла в верхнюю часть прибыли к моменту окончания заливки для обеспечения направленного затвердевания.

Как показали результаты моделирования, уровень усадочных дефектов в проблемных зонах минимален и составляет менее 1 %. Однако, учитывая высоту падения металла, вероятно разрушение керамической оболочки. Поэтому дальнейшая оптимизация данной конструкции ЛПС не проводилась.

Этапы заливки по Варианту 4 представлены на рис. 8, 9.

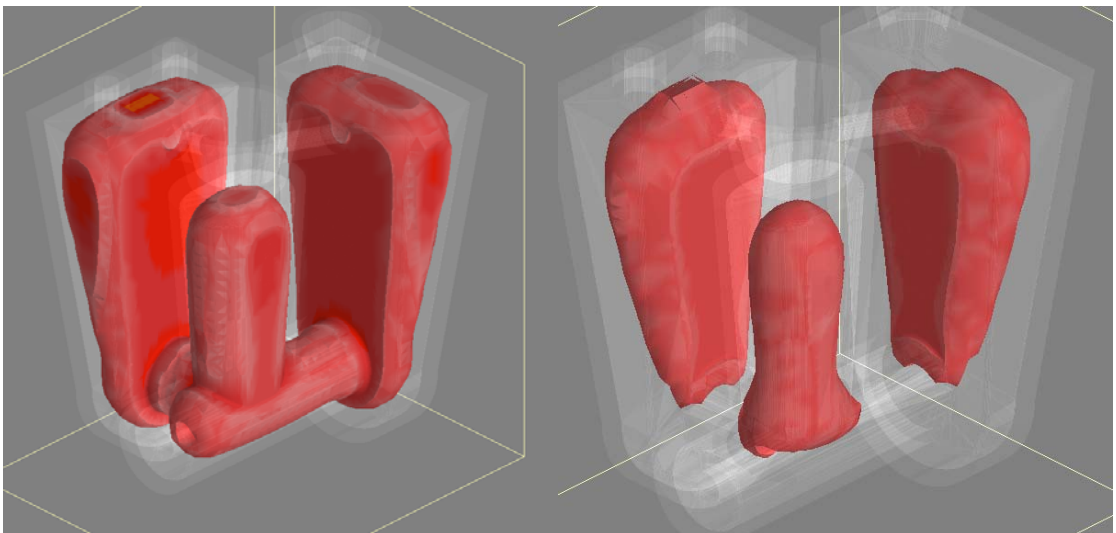
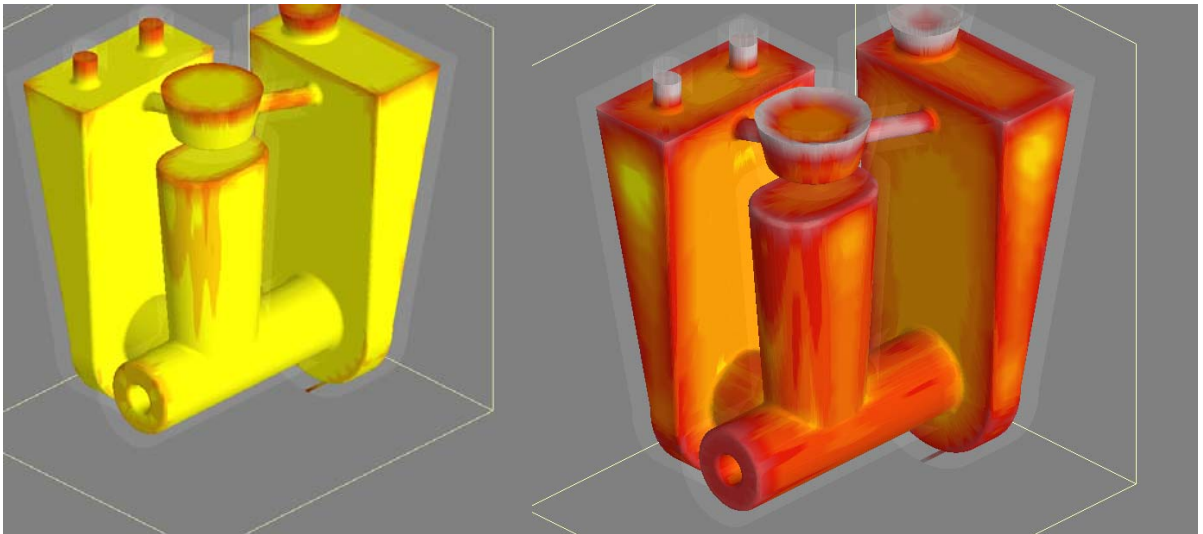
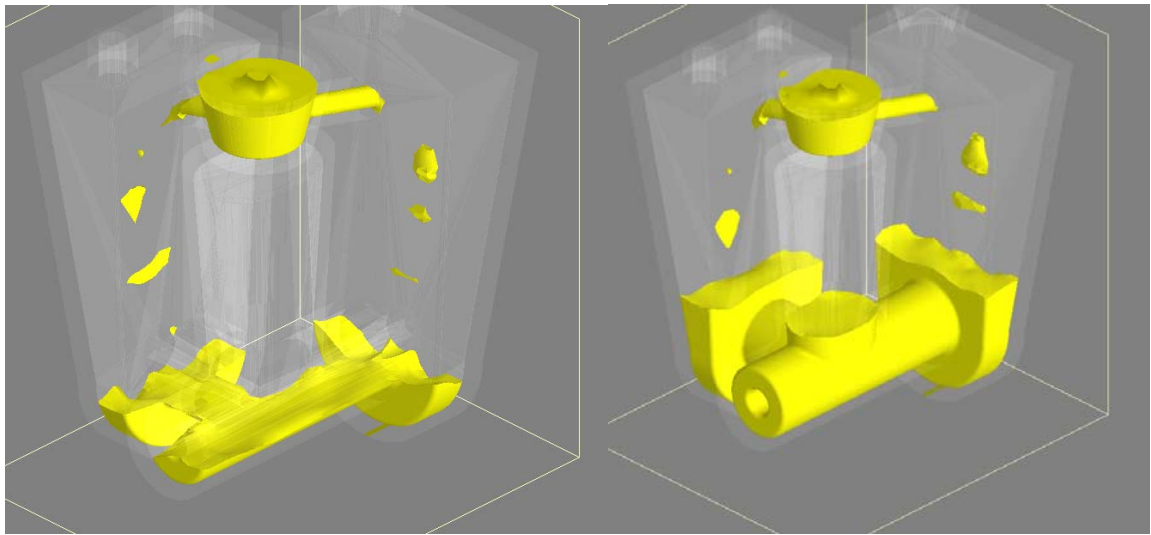


Рисунок 8 – Жидкий металл

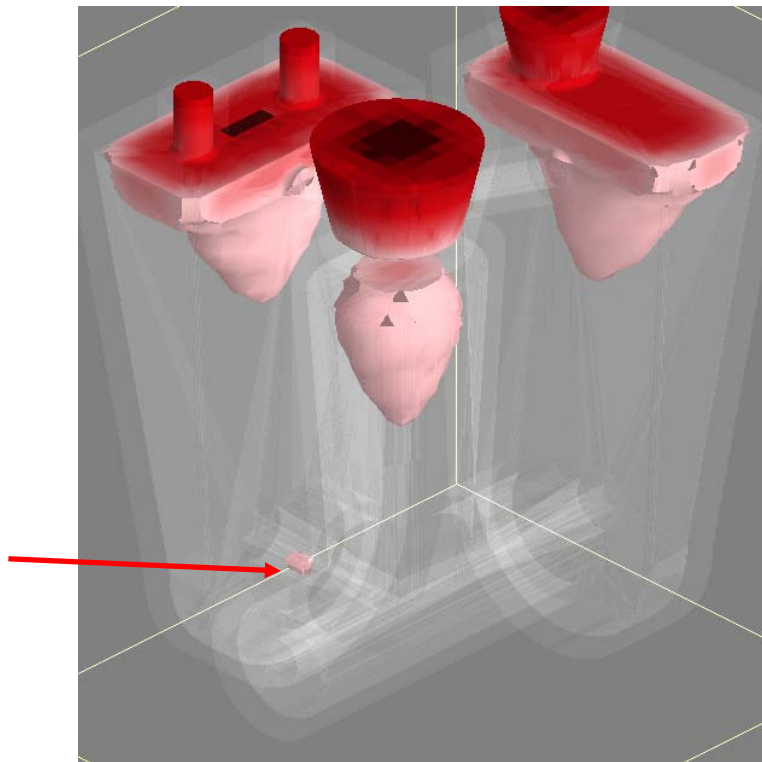


Рисунок 9 – Усадочная пористость в боковом фланце (Вариант 4)



Учитывая положительные результаты моделирования Варианта 4, предложен вариант конструкции ЛПС (Вариант 5), представленный на рис. 10.

Конструкция ЛПС должна обеспечить ярусное заполнение формы металлом, с подводом горячего металла в верхнюю часть прибылей. С этой целью, применена система питателей диаметром 20 мм в нижнем ярусе и 40 мм в верхнем с подводом металла к трем прибылям. Высота прибылей уменьшена на 100 мм, что обеспечивает снижение металлоемкости формы на 20 %.

Анализ результатов моделирования показал, что усадочная пористость в проблемных местах составляет менее 0,5 % размерами 5x5 мм и выведена в зону механической обработки, что является положительным результатом с учетом эксплуатационных характеристик изделия (рис. 11).

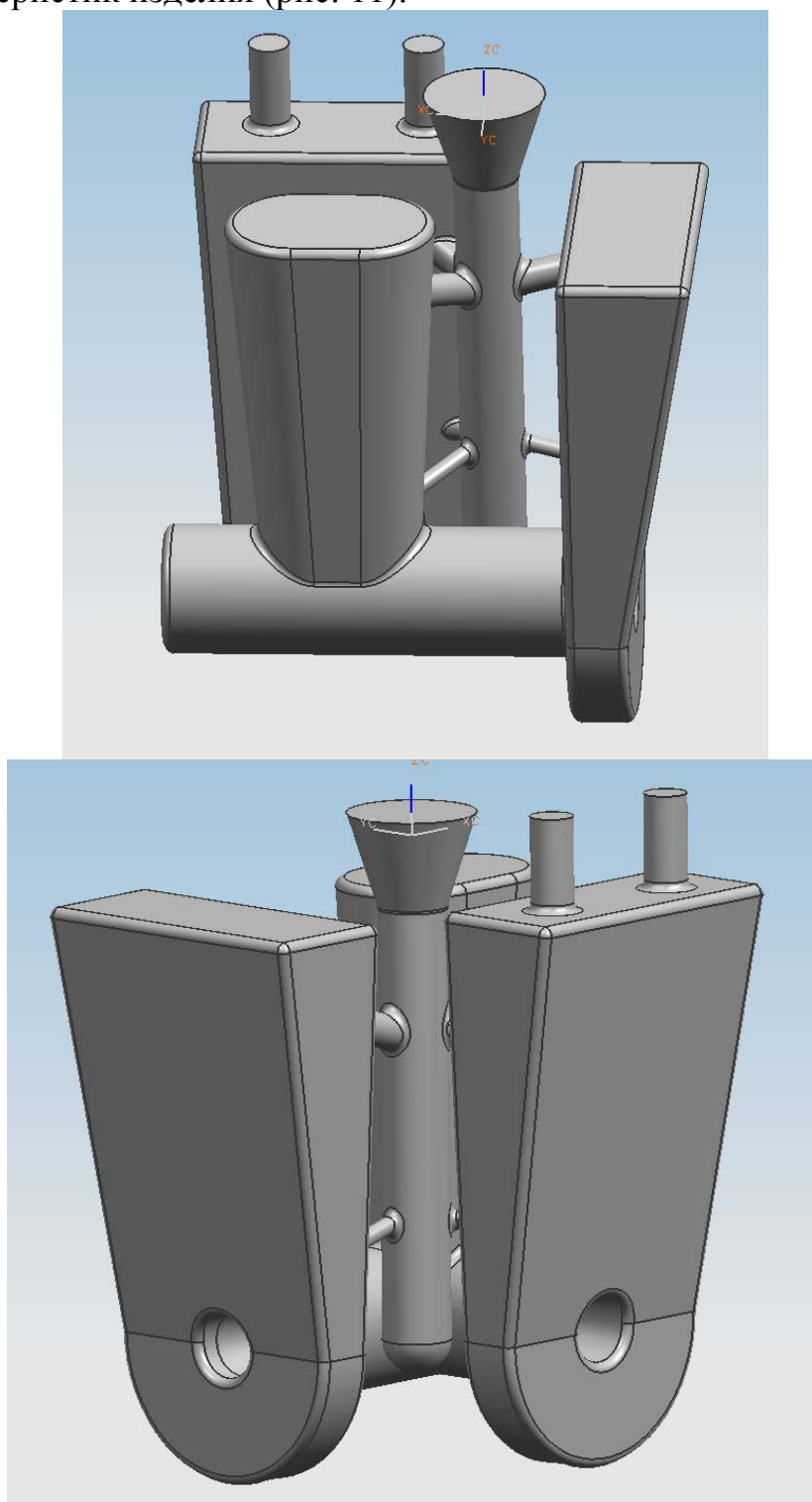


Рисунок 10 – Вариант 5

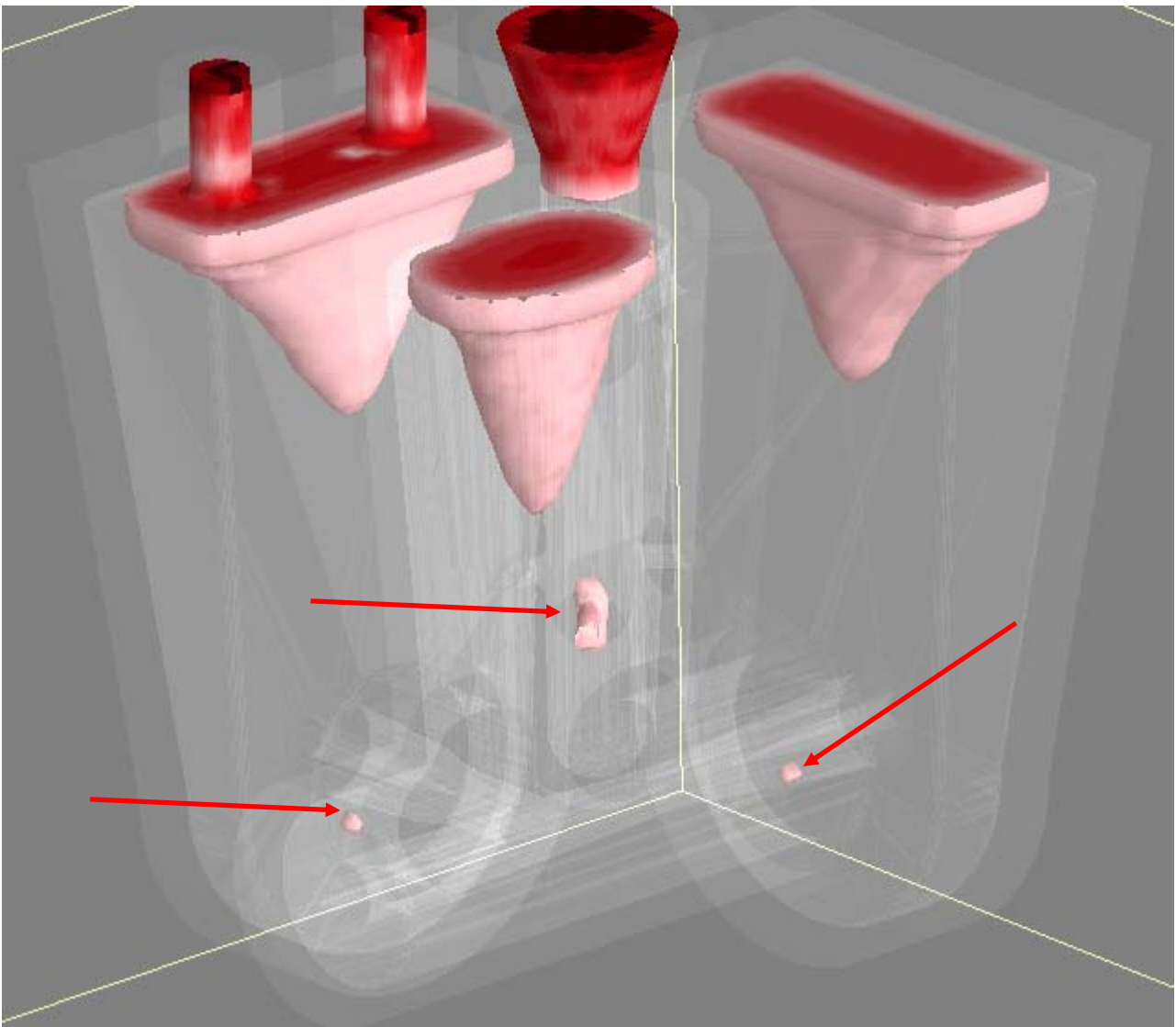


Рисунок 11 – Усадочная пористость

## АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Учитывая особенности геометрии изделия и предъявляемые эксплуатационные требования определено расположение отливки в форме – горизонтальное – для обеспечения получения плотного металла.
2. Варианты (1, 2 и 3) заливки металла через прибыли приводит к разогреву формы в месте падения струи, что приводит нарушению принципа направленного затвердевания и в итоге, к дефектам усадочного происхождения.
3. Вариант 4 с распределенным подводом металла в верхнюю часть прибылей может привести к разрушению керамической оболочки.
4. Вариант 5 с распределенным подводом металлом через систему ярусных питателей обеспечивает получение качественной отливки. При этом, снижена металлоемкость формы на 20 %.
5. Временные затраты на моделирование:

	Построение 3D модели, мин.	Ввод начальных условий в LVMFlow, мин.	Моделирование затвердевания (без учета заливки), мин.	Моделирование с учетом заливки металла, мин.	Итого, мин.
Вариант 1	40	2	1	15	58
Вариант 2	5	2	1	15	23
Вариант 3	5	2	1	15	23
Вариант 4	10	2	1	15	28
Вариант 5	10	2	1	15	28

В итоге, временные затраты на проведение моделирование пяти вариантов составили менее 3 часов. Поиск оптимальной конструкции ЛПС на составляет примерно 1-3 месяца. Таким образом, достигнуто сокращение сроков подготовки производства в 100 раз! При этом, не проводились: изготовление оснастки, пробные плавки металла и механическая обработка.