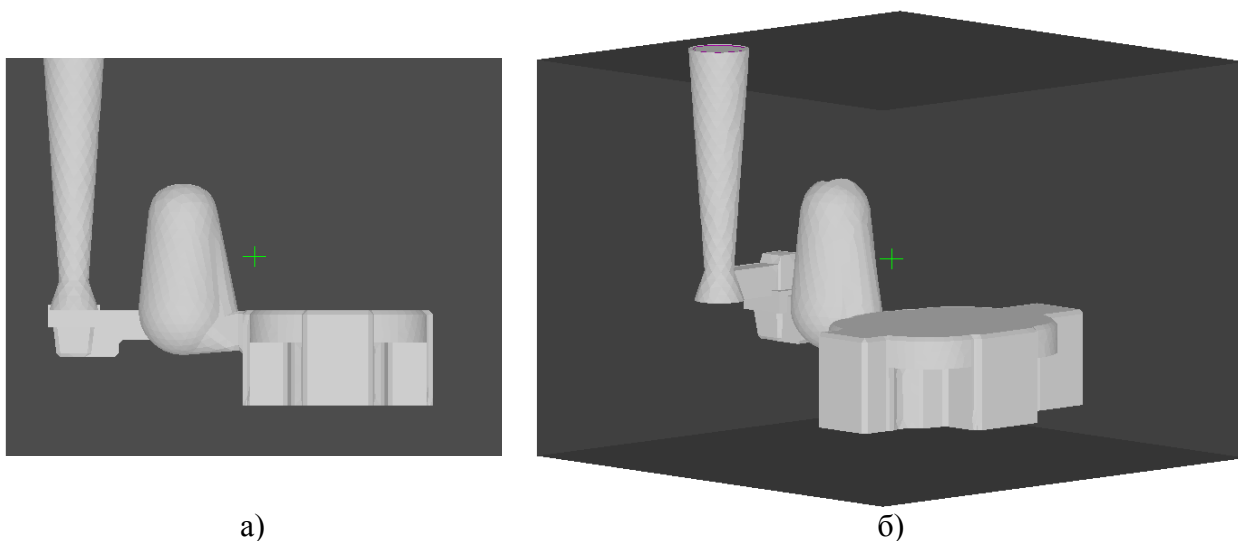


# Результаты тестового расчета отливки "Корпус", выполненные в СКМ ЛП ProCAST

## Исходные данные

---

По чертежам, выполненным в САД-системе "Компас" построена 3D-модель литейного блока и формы (рис.1). При этом принято, что толщина слоя ПГС от нижней точки литейного блока до "пола" составляет 50 мм. Исходя из этого, общая высота стояка получена равной 254 мм, а его верхний диаметр с учетом конусности 4° - около 60 мм.



**Рис. 1. 3D-модель расчетной области отливка-форма:  
а) плоскость x-z; б) изометрия**

Кроме 3D-модели для анализа технологии были использованы следующие данные:

- Материал отливки ВЧ50 по ГОСТ 7293-85;
- Материал формы ПГС;
- Температура заливки 1380 °С;
- Температура формы 20°С;
- Размер опоки - 500x500x400 мм
- Время заполнения формы 6сек.

## Проведение расчетов

---

---

Расчеты проводились в системе ProCAST (Франция). В процессе расчетов моделировались следующие процессы:

- Заливка металла в форму (с учетом конвекции расплава и без нее);
- Остывание расплава (в т.ч. и во время заполнения);
- Фазовые переходы в сплаве;
- Образование усадочных раковин и макропористости;
- Учет предусадочного расширения чугунов с шаровидным графитом.

В расчетах не учитывалось физическое присутствие фильтра, т.к. отсутствовали требуемые данные. Кроме того, главной задачей расчета обычно бывает проверка возможности получения плотной отливки. В этом случае прямое моделирование фильтра не влияет на результат.

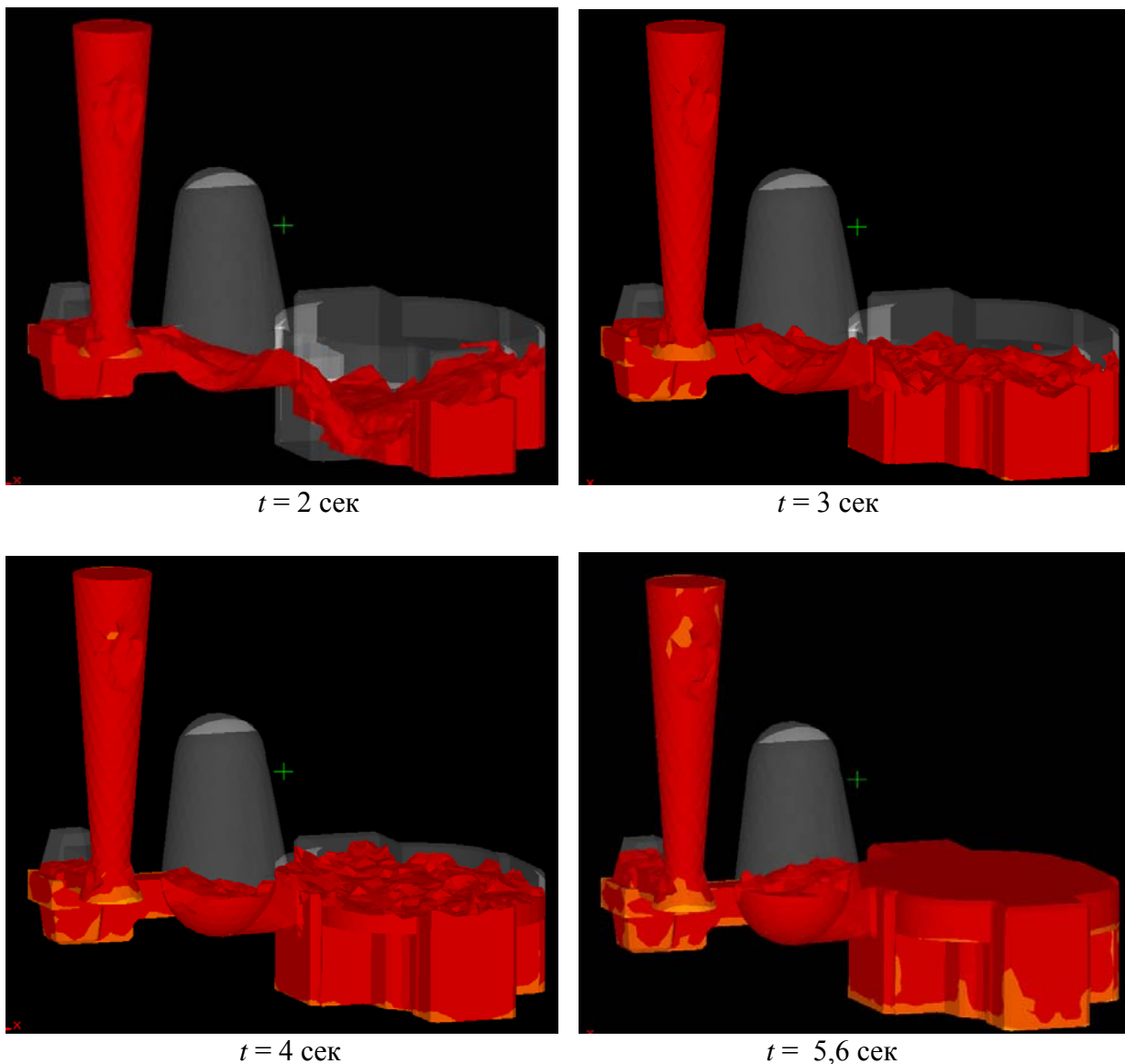
Также, не рассчитывался процесс выхода воздуха (образование воздушных карманов), т.к. для активации этой модели необходимо иметь выпор(ы), наличие и расположение которых не задано.

Расчеты проводились на рабочей станции 2x4 CPU (два процессора, восемь ядер). Среднее время расчета составило 1 час 15 мин.

## Результаты расчета с учетом конвекции расплава

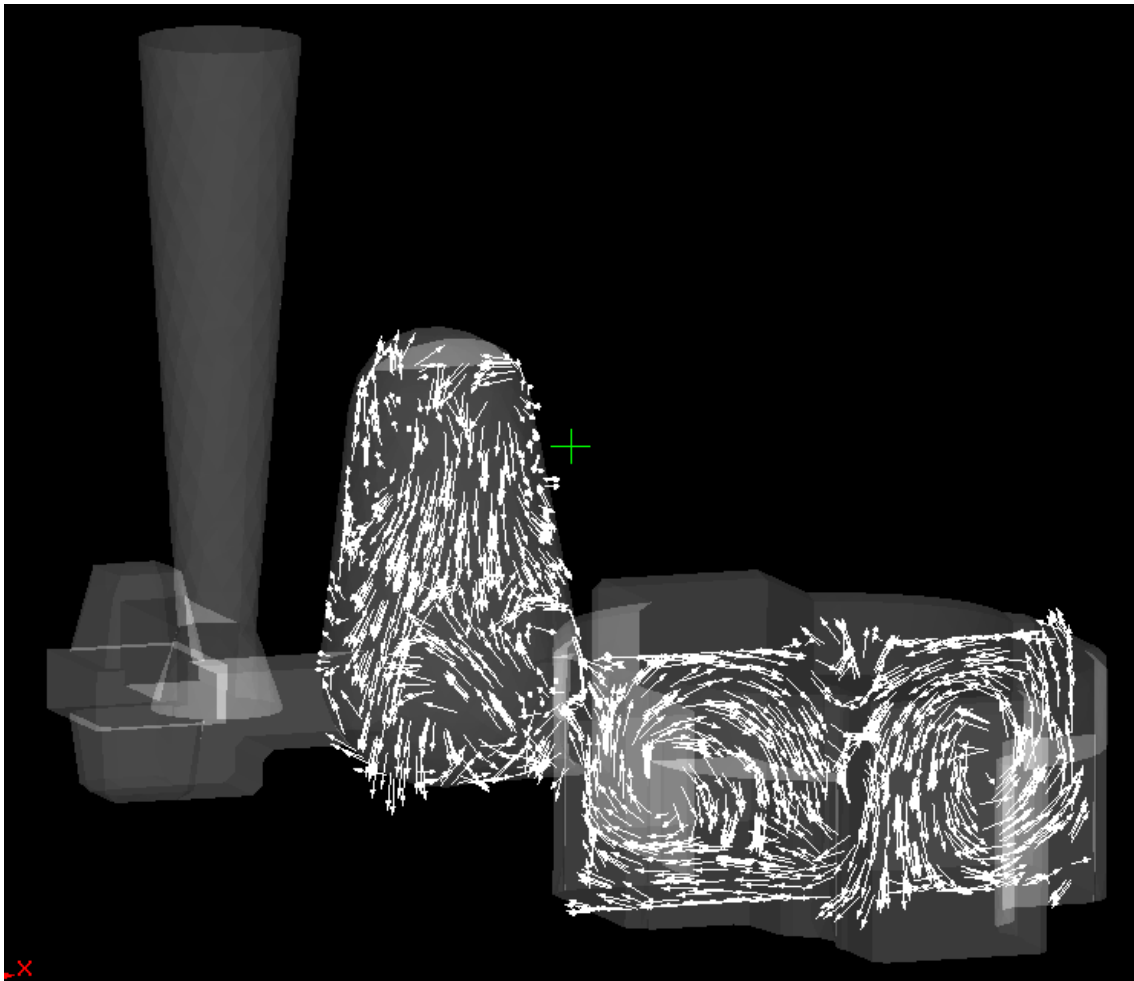
---

При обычном расчете с установками "по умолчанию" после окончания заливки не учитывается перемешивание расплава в форме (конвекция). Это позволяет сократить время расчета. Для небольших отливок такое упрощение не влияет на качество расчета, т.к. конвекция в малых объемах действительно очень незначительна. Тем не менее, такой расчет был проделан, чтобы продемонстрировать разницу в результатах при учете перемешивания и без него. Ниже (рис. 2) показаны этапы заполнения полости формы расплавом:



**Рис. 2. Этапы заполнения полости формы расплавом**

На следующем рисунке показано поле скоростей, возникающее при перемешивании металла в заполненной форме. Это приводит к более медленному и равномерному остыванию блока. Для наглядности, информация представлена в векторном виде (рис. 3).



**Рис. 3. Перемешивание потока при остывании  
(векторное поле скоростей на плоскости симметрии)**

Ниже (рис. 4) показаны результаты расчета усадочной раковины и макропористости. На рисунке показан разрез отливки по оси симметрии. Усадочная раковина показана как пустота. Одна из областей макропористости, которая попала в плоскость сечения показана как цветное пятно. Каждый цвет соответствует определенному значению по шкале пористости (справа). Шкала показывает значение пористости в долях (от 0 = 0% до 1 = 100%). Из этого следует, что пористость достигает 35-40%, что обязательно выявится при механической обработке. На рис. 5 показаны области, занимаемые усадочными раковинами. Область, занимаемая макропористостью (рыхлота), показана на рисунке 6.

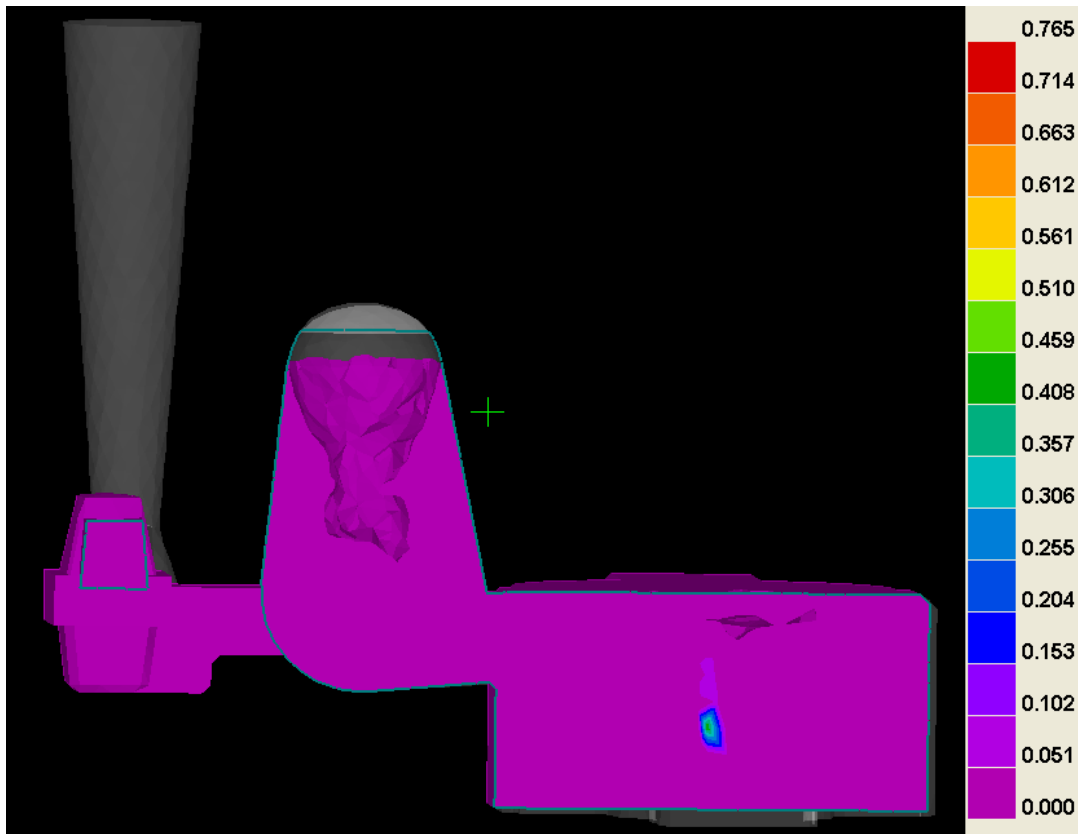


Рис. 4. Результаты расчета усадочной раковины и макропористости (поперечное сечение)

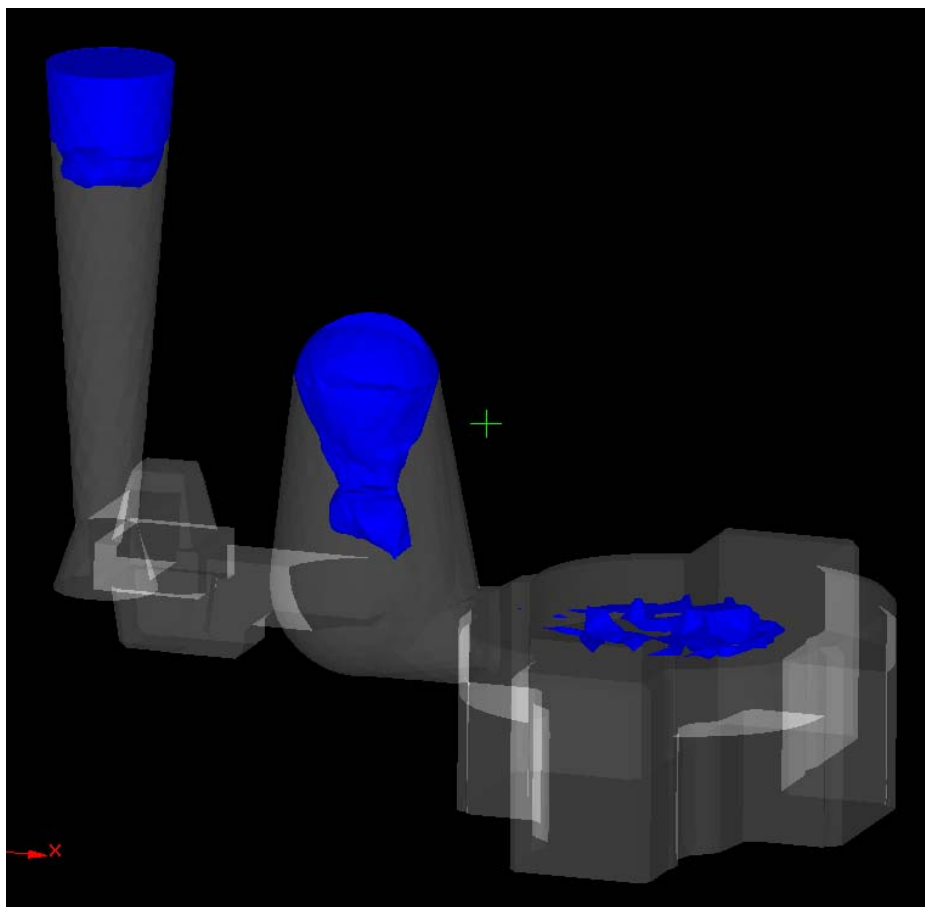


Рис. 5. Области, занимаемые усадочными раковинами (показаны синим цветом)

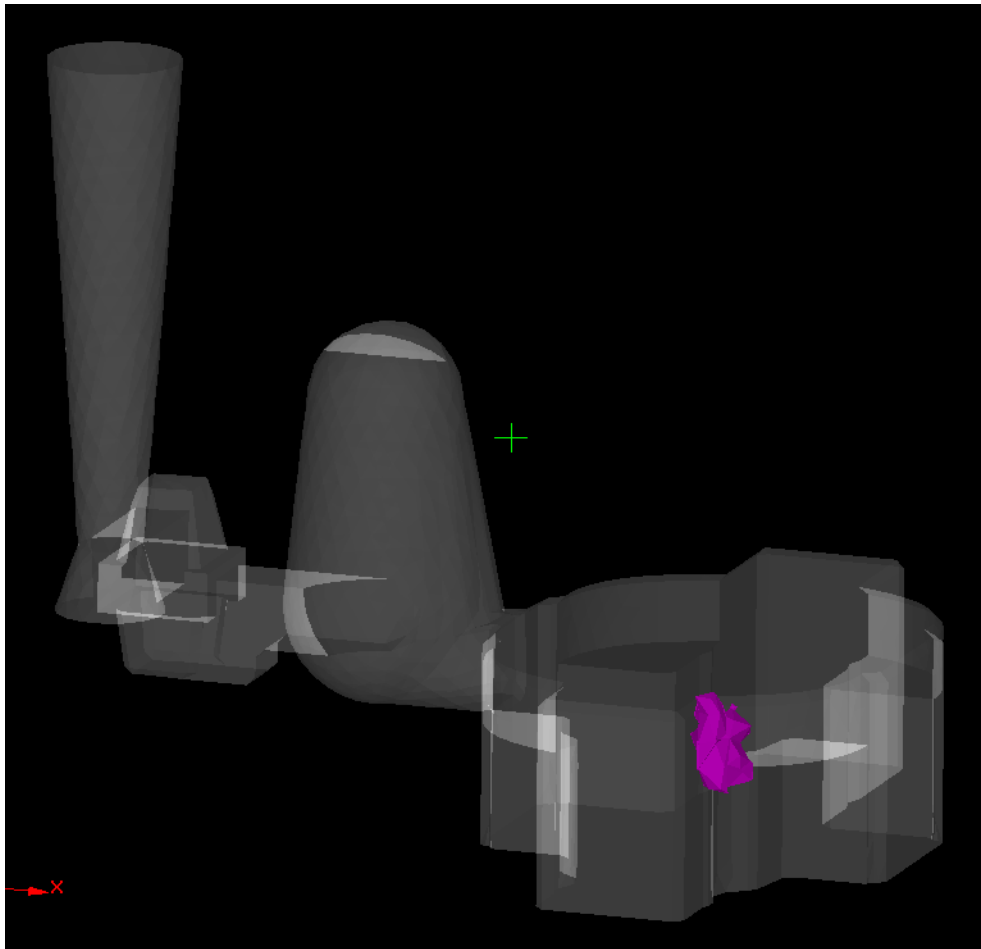
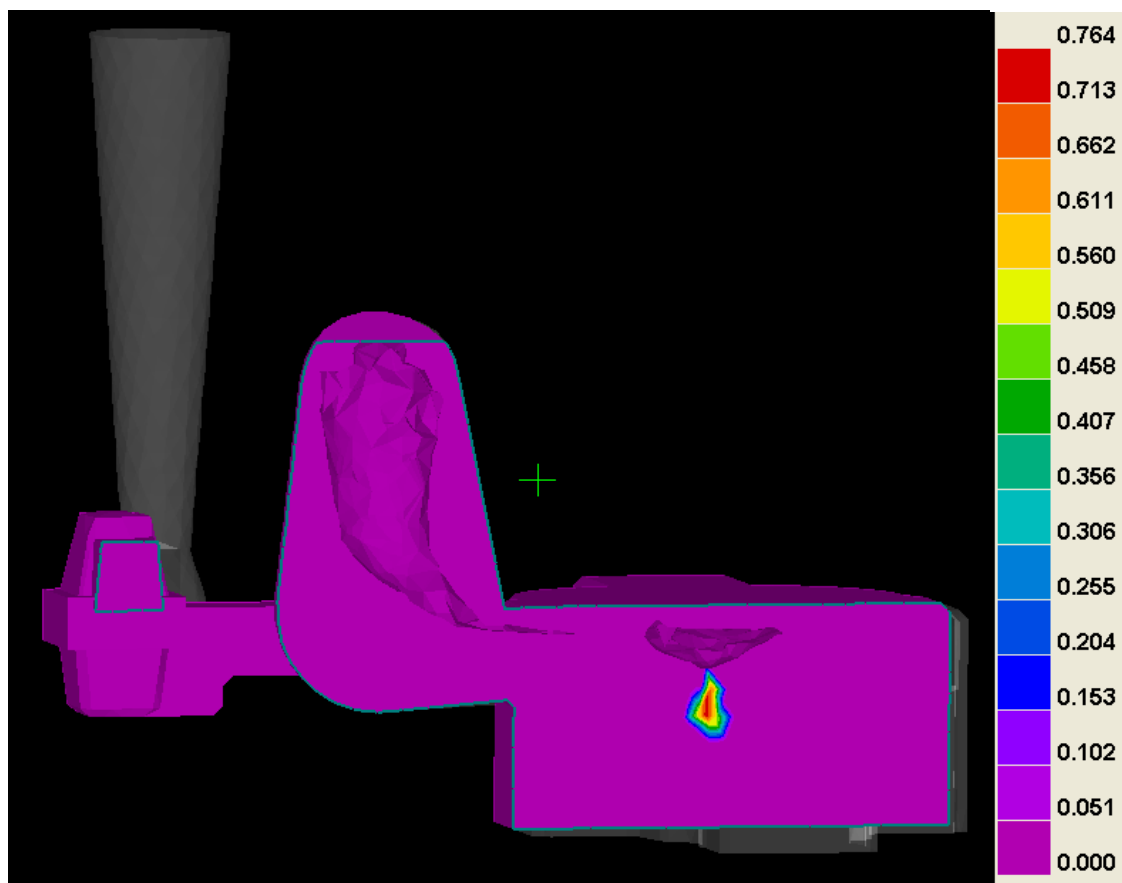


Рис. 6. Область, занимаемая макропористостью (рыхлота от 5 до 40%)

## Результаты расчета с установками "по умолчанию"

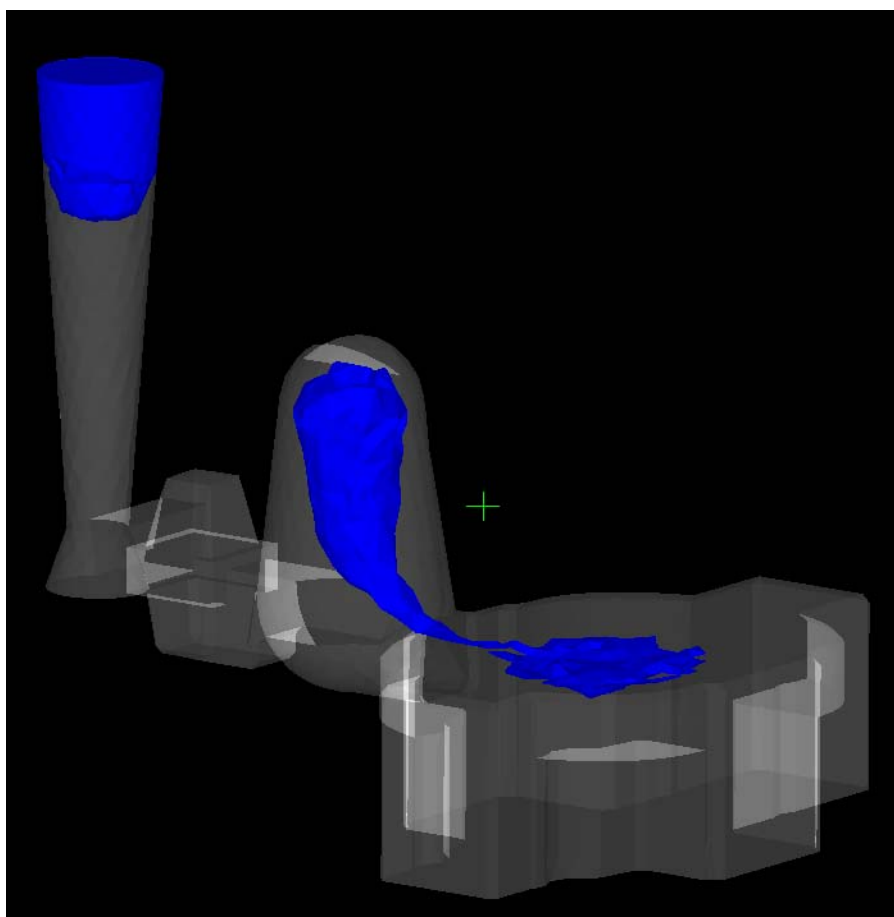
---

Этот расчет проводился с "нормальными" установками всех параметров. Это означает, что система была настроена на моделирование процесса гравитационного литья, но без учета возможного расширения чугуна в процессе остывания и перемешивания расплава. Учитывая, что предусадочное расширение в чугунах все-таки есть, можно предполагать, что результаты расчета усадочной раковины будут слишком "пессимистичны". Ниже (рис. 7) показаны результаты расчета усадочной раковины и макропористости.

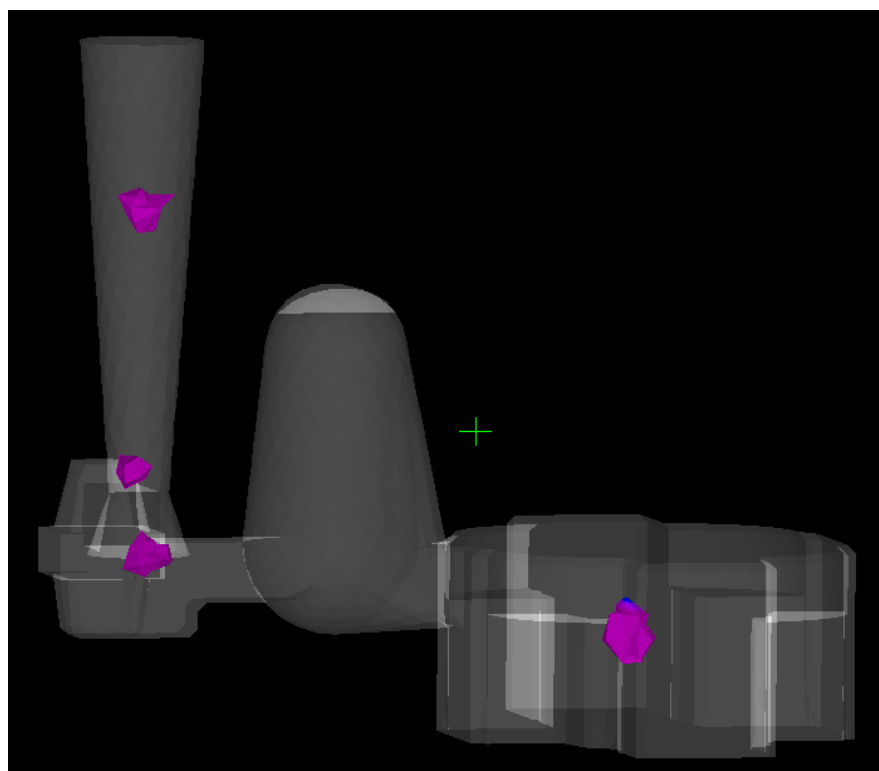


**Рис. 7. Результат расчета усадочной раковины и макропористости**

На рисунке 7 показан разрез отливки по оси симметрии. Усадочная раковина показана как пустота. Одна из областей макропористости, которая попала в плоскость сечения показана как цветное пятно. Из этого следует, что пористость достигает 70%, что обязательно выявится при механической обработке. На следующем рисунке (рис. 8) показаны области, занимаемые усадочными раковинами. Другие области пористости (рыхлоты) показаны на рисунке 9.



**Рис. 8. Области, занимаемые усадочными раковинами (показаны синим цветом)**



**Рис. 9. Области рыхлот в литейном блоке (не считая раковин)**

Из рисунка видно, что остальные области рыхлот лежат за пределами будущей детали.

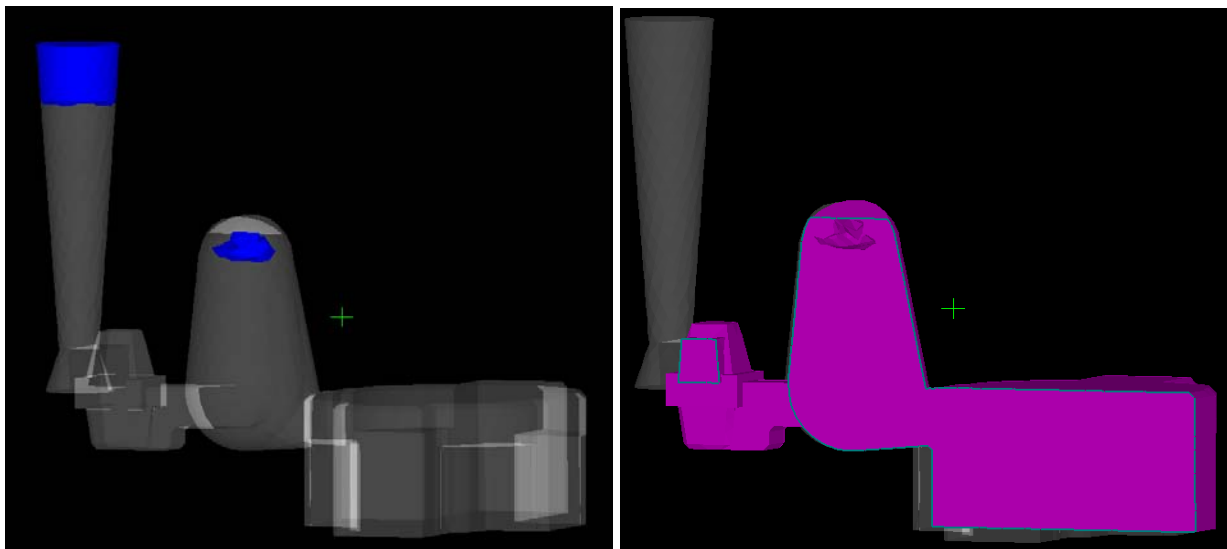


## Результаты расчета с учетом предусадочного расширения чугуна

---

---

В этом расчете использовалась специальная модель MICRO, применяемая для расчета возможного предусадочного расширения чугуна с шаровидным графитом. Вследствие этого расширения раковины имеют меньший размер, чем могли бы, а рыхлота может вовсе отсутствовать. Ниже (рис. 10) показаны результаты расчета усадочной раковины и макропористости с учетом возможного предусадочного расширения чугуна.



**Рис. 10. Результат расчета усадочной раковины и макропористости**

Из рисунков видно, что рассчитанное предусадочное расширение таково, что рыхлота отсутствует, а усадочная раковина сравнительно невелика.

## Оценка результатов расчета

---

---

Основная цель моделирования при разработке технологии производства новой отливки - минимизировать количество опытных заливок, т.е. снизить стоимость запуска продукции в серию. Другая не менее важная цель - оптимизация действующих технологий, т.е. повышение выхода годного, а значит снижение себестоимости отливки.

Чтобы результаты моделирования отвечали реальности, т.е. результаты реальной заливки соответствовали результатам предварительных расчетов, требуется некоторая настройка. Делается это довольно просто. Берется проблемная отливка с достаточно постоянной картиной дефектов (обычно по рыхлоте) и просчитывается с помощью моделирующей программы. При этом, параметры программы (имеются в виду не условия техпроцесса, которые стараются воспроизвести с разумной точностью, а параметры математических моделей) подбираются таким образом, что дефекты присущие отливке повторяются в расчете. После этого считают, что программа настроена и приступают к разработке техпроцесса для новой подобной отливки или проводят расчеты для снижения брака.

При проведении описанных выше тестовых расчетов детали "Корпус" подобная настройка моделей не производилась, поскольку отсутствовала информация о дефектах, которые получают в этой отливке при заливке в цехе. Также не было возможности опереться на расчеты других подобных отливок (из чугунов марок ВЧ), т.к. обычно предприятия дают для тестирования годные отливки, а такие отливки не годятся для настройки системы.

По этим причинам и была проведена серия расчетов с разными моделями (учет конвекции, предусадочного расширения, обычный расчет). Все расчеты проводились с усредненными параметрами, предложенными производителем ПО.

Если среди представленных результатов есть те, которые соответствуют действительности, прошу указать на них, это поможет мне в дальнейшей работе. Если же ни один из вариантов не отражает истинного положения вещей, то я готов продолжить работу по этой отливке после получения дополнительной информации, которая позволит выполнить ее более качественно. Надеюсь, это будет взаимовыгодно.

С уважением,  
Монастырский Алексей,  
Ведущий специалист  
отдела САПР и инженерного анализа  
ГК CSoft