



ДиалСофт

MAGMATIMES

Успешная разработка элементов конструкции

Метод литья часто является наилучшим решением для успешного изготовления элементов какой-либо конструкции. При литье в кокиль отливки в большинстве случаев удовлетворяют критериям прочности и веса. Кроме того, в процессе литья, в отличие от процесса фрезерования, образуется меньше отходов. В отличие от изготовления деталей из углеродосодержащих искусственных материалов, затраты на оснастку в этом случае значительно ниже.

Ресурсоёмкое производство методом проб и ошибок является неэффективным, особенно в условиях дефицита времени и материальных средств. В подобных случаях следует применять компьютерное моделирование литейного процесса, что позволяет повысить его рентабельность.



Рис. 1: Пожарная машина с гибридным приводом производителя Rosenbauer

Дефицит времени литейщикам хорошо известен. В приведённом примере (рис. 1) компания Rosenbauer должна была в течение двух лет разработать и произвести пожарную машину с гибридным приводом. Эта пожарная машина должна была удовлетворять всем требованиям к технике такого класса – быть лёгкой и маневренной, иметь быстрозаряжаемые аккумуляторы, что особенно важно в условиях интенсивного городского движения.

Разработчики решили изготовить двери и раму методом литья, т.к.

метод фрезерования замедлял процесс и обуславливал большое количество отходов. Производство же дверей из искусственного материала не рассматривалось, ибо не оправдывало затрат.

Продукция должна была быть получена в кратчайшее время и отвечать высоким требованиям.

Исходя из ограниченного количества изделий и с целью соблюдения предъявленных требований двери изготавливались методом литья в кокиль. При этом образцом послужила CAD-модель «старой» двери.

Расчёт конструкции дверей и литниково-питающей системы

Предыдущая конструкция рамы содержала X-образный элемент для повышения прочности всего изделия. Однако изготавливать его методом традиционного литья оказалось нецелесообразным. Уже первые расчёты обнаружили высокую вероятность образования пористости (рис. 2), что снижало прочность дверей и увеличивало объём брака. Конструкция была усовершенствована, что позволило при сохранении прочности и веса уложиться в запланированное время.

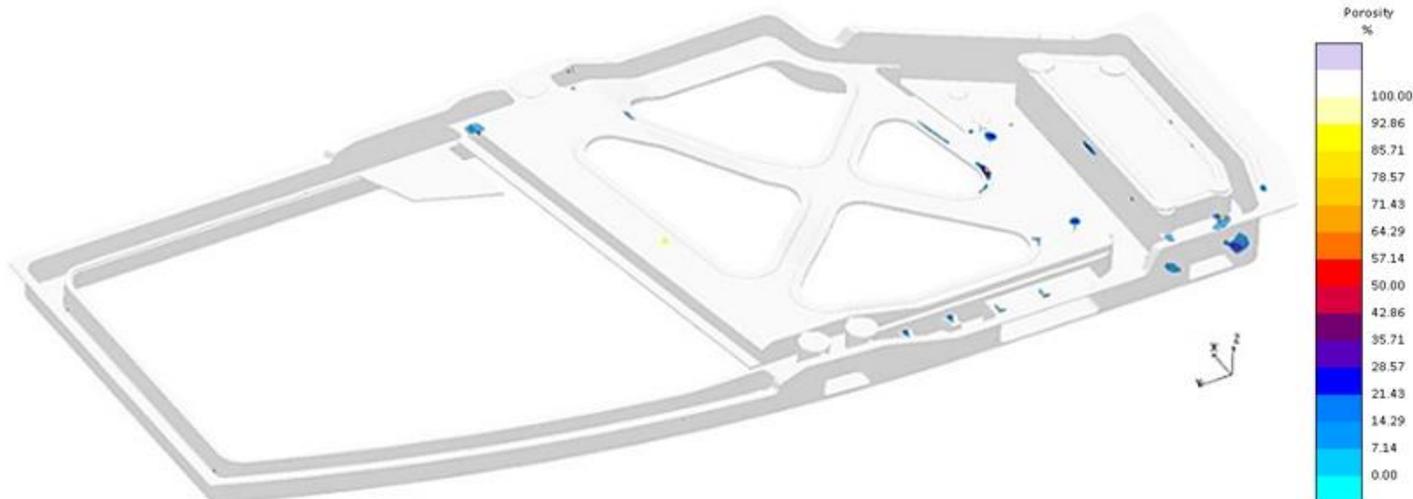


Рис. 2: Расчёты показали, что предыдущая конструкция не удовлетворяла заявленным требованиям.

Эксперты предложили S-образную конструкцию (рис. 3) с целью получения оптимальных траекторий питания отливки и сокращения пористости. Такое решение позволило придать конструкции необходимую прочность и одновременно сэкономить металл. Двери стали легче, дешевле, однако остались прочными.

Затем инженеры приступили к оптимизации расположения прибылей. Было рассчитано затвердевание при двух различных расположениях (рис. 3, слева: положение 1; справа: положение 2). Однако результаты расчётов показали наличие пористости в обоих вариантах конструкции, что может привести к браку или снижению прочности изделия.

Для сокращения пористости специалисты совместили оба варианта размещения прибылей.

В общей сложности было создано 16 прибылей вдоль рамы, а в зонах наибольшего образования пористости прибыли были увеличены, прежде всего там, где находится внутренний S-образный элемент. Расчёт процесса затвердевания в этом случае показал существенно лучшие результаты. Тем не менее всё же оставались участки с заметной пористостью (рис. 4).

Для устранения пористости и соблюдения требований к прочности было добавлено по одной прибыли на утолщённых участках S-образного элемента (рис. 5). Расчёты подтвердили, что такое расположение прибылей позволило экспертам компании

Mettec избежать образования пористости. В результате исследований была создана форма с оптимальной системой прибылей.

Двери высокого качества без дефектов литья

Уже первые серийные изделия можно было рассматривать в качестве образцов, однако несколько отливок пришлось отбраковать, т.к. они имели некоторые дефекты. (рис. 6). Для обнаружения и устранения дефекта в Mettec был рассчитан процесс с реальными параметрами. Расчёт заполнения формы (анимированный рис. 5) показал, что в области средней структуры образовался холодный фронт. Сначала специалисты предположили, что это холодный спай.

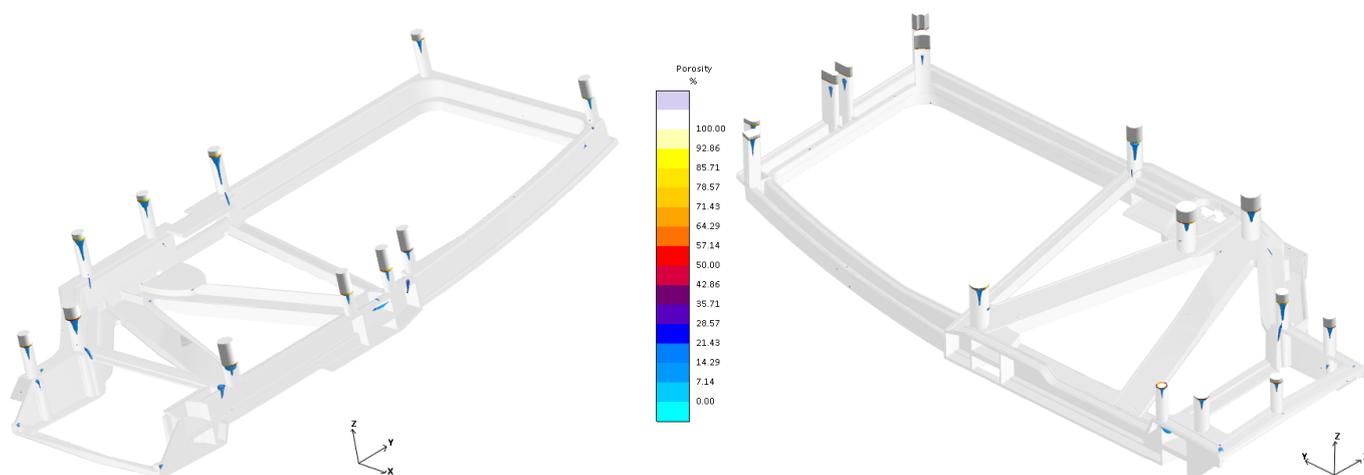


Рис. 3: Новый вариант конструкции экономит металл и повышает прочность дверей

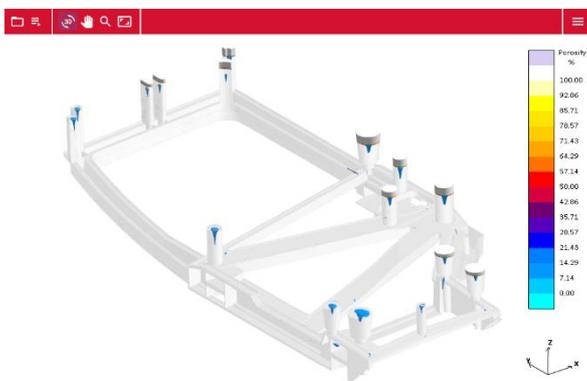


Рис. 4: Расположение прибылей, приведённое на рис. 3, было изменено и некоторые из них были увеличены. Однако результаты расчётов не полностью удовлетворили экспертов.

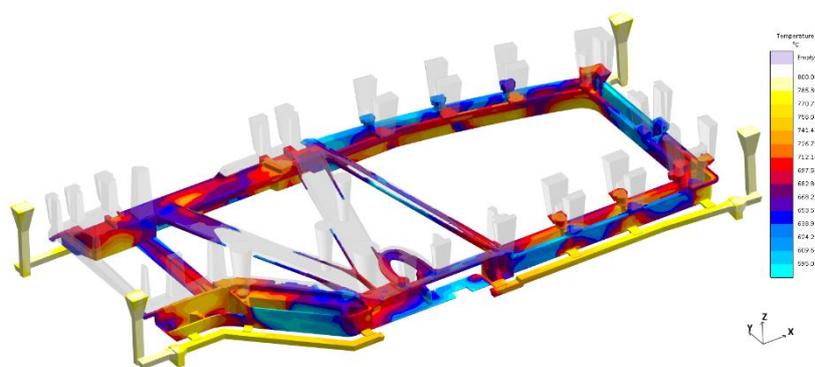


Рис. 5: Окончательный вариант расположения прибылей. Такая конфигурация позволила избежать пористости.



Рис. 6: Реальные условия литья привели к браку



Рис. 7: Введение вафельной структуры и дополнительных вентов позволило устранить дефекты литья

Дальнейшие исследования показали, что причиной возникновения предполагаемого холодного спая является не низкая температура кокиля и медленное заполнение, а недостаточная вентиляция и включения воздуха. Для устранения дефекта в кокиль были введены вафельная структура и дополнительные венты (рис. 7).

Быстрое устранение дефектов и недопущение их в дальнейшем

Конструкторы автомобилей вначале опасались, что за ограниченное время вряд ли возможно разработать и выпустить высококачественную продукцию.

Однако опасения оказались напрасными: им удалось разработать достаточно прочные элементы конструкции с минимальными затратами. Также были созданы эффективные технологии литья, позволяющие оперативно устранять возникающие дефекты без нарушения производственного графика.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВАКУУМНОГО ДОЗИРОВАНИЯ МЕТОДОМ РАСЧЁТОВ

Посредством расчётов в компании FILL удалось разработать систему вакуумного дозирования для алюминиевого литья, что позволило компенсировать недостатки гравитационного литья. Заполнение формы стало происходить контролируемо и без турбулентности. Система FILL позволила получать продукцию стабильно высокого качества.

Рис. 1: ROBOCAST V извлекает расплав и печи тепловой выдержки и ламинарно заполняет форму

Предприятия с объёмным портфолио заказов небольших партий изделий работают методом проб и ошибок, что является неэффективным. Специалист-литейщик отдаёт себе отчёт в том, что от возможностей его производства зависит качество продукции и время исполнения заказа. Как же обеспечить высокое качество продукции?

Компания FILL разработала систему вакуумного дозирования ROBOCAST V (рис. 1) для совершенствования процесса точного гравитационного литья без наступления эффекта турбулентности. Система состоит из заборного патрубка и керамического контейнера и обеспечивает подачу расплава из печи тепловой выдержки в форму. С другой стороны, при литье

«сверху» форма заполняется ламинарно. Кроме того, поток расплава можно контролировать и корректировать, что позволяет избежать коррозии стержней и формы.

Эксперты FILL использовали расчёты для разработки и постоянного усовершенствования ROBOCAST V вплоть до сдачи заказчику. При этом была рассчитана идеальная температура керамического контейнера для правильной дозировки расплава и заполнения формы. Дополнительно была рассчитана экономия энергии за счёт системы дозирования.

Идеальная температура контейнера.

ROBOCAST V транспортирует расплавленный алюминий от печи тепловой выдержки к форме. Точный расчёт температуры расплава и всех компонентов обеспечивает эффективность процесса и высокое качество продукции. Керамический контейнер циклически подогревается горячим



расплавом. Его температура должна составлять 660°. Для достижения заданной температуры было рассчитано необходимое количество циклов. Оно составило 24 цикла (рис. 2).

Скорость поступающего в контейнер расплава

Часто в процессе литья возникает эффект турбулентности, в результате чего в отливке образуются включения воздуха и оксидов. Холодный спай, загрязнения и пористость приводят к браку. Для предотвращения возникновения дефектов и была создана система дозирования. Для равномерного заполнения формы в контейнере не должна возникать турбулентность. Эксперты рассчитали заполнение контейнера с различными скоростями. Результаты показали, что скорость 4,7 м/с существенно сокращает возможность возникновения турбулентности. При такой скорости происходит равномерное заполнение контейнера и снижается вероятность возникновения дефектов (рис. 3)

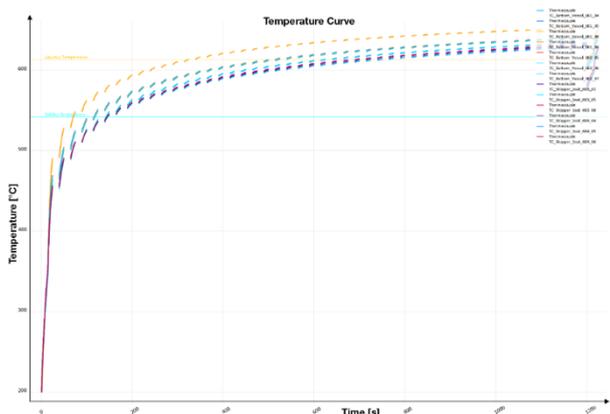


Рис. 2: Результаты расчётов показывают, что для разогрева необходимы несколько циклов

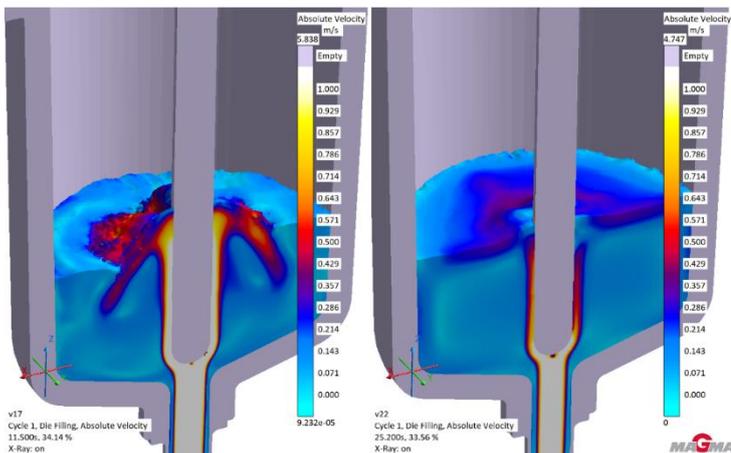


Рис. 3: При слишком быстром заполнении контейнера (результат расчётов слева) возрастает вероятность возникновения дефектов – включений воздуха и оксидов

Правильное дозирование при заполнении формы

Объём поступающего из контейнера в форму расплава регулируется при помощи сифонного затвора. Точность дозирования является главным преимуществом ROBOCAST V. Для построения оптимальной конструкции была рассчитана

Кроме того, разработчики рассчитали допуски в результатах применительно к воздушным включениям, давлению воздуха, свободной поверхности и массовому расходу потока через сечение. В результате были рассчитаны 4 различных варианта конструкции, отвечающих всем требованиям с учётом допусков. Для контроля результатов расчётов инженеры создали уменьшенный вариант затвора. Было протестировано три лучших варианта с использованием воды вместо расплава. Тесты подтвердили правильность результатов расчётов. Все три варианта затвора позволяли оптимально заполнять форму. В результате были приняты все три варианта.

процесс дозирования и результаты расчётов в отношении включений воздуха, фронта потока и свободной поверхности. При этом была учтена зависимость различных параметров от вида конструкции. Был выполнен ряд виртуальных экспериментов (Design of

Experiments, DoE) с варьированием геометрии сифонного затвора и количества выходов. В общей сложности было рассчитано и проанализировано в системе параллельных координат 243 варианта (рис. 4)

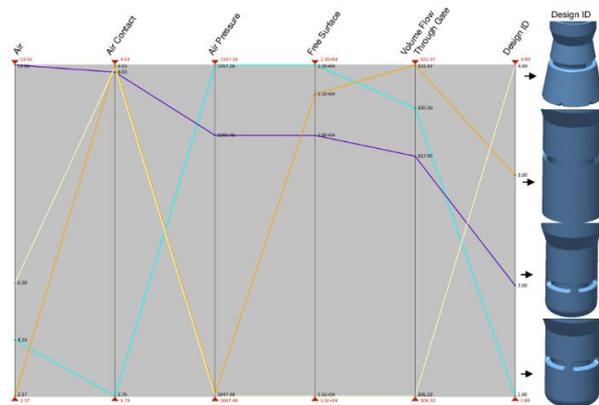


Рис. 4: С помощью диаграммы параллельных координат инженеры создали 4 модели, отвечающих всем критериям

Экономия энергии

ROBOCAST V Обеспечивает значительную экономию энергии на литейном производстве. Эксперты имеют возможность рассчитать количество сэкономленной энергии с использованием дозирующей системы. В печи теряется много энергии: для извлечения расплава крышка печи открывается полностью, в результате чего температура в печи падает. Для компенсации этого явления литейщики, как правило, перегревают печи. Использование заполняющего устройства позволяет не открывать постоянно печь. Система подаёт расплав через небольшое отверстие в крышке, что обеспечивает существенную экономию энергии.

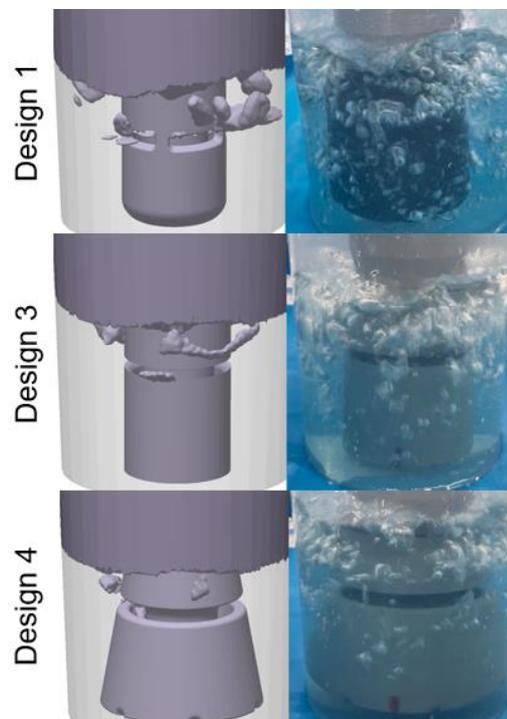


Рис. 5: Прототипы подтверждают правильность расчётов – все три затвора позволяют заполнять форму без воздушных включений

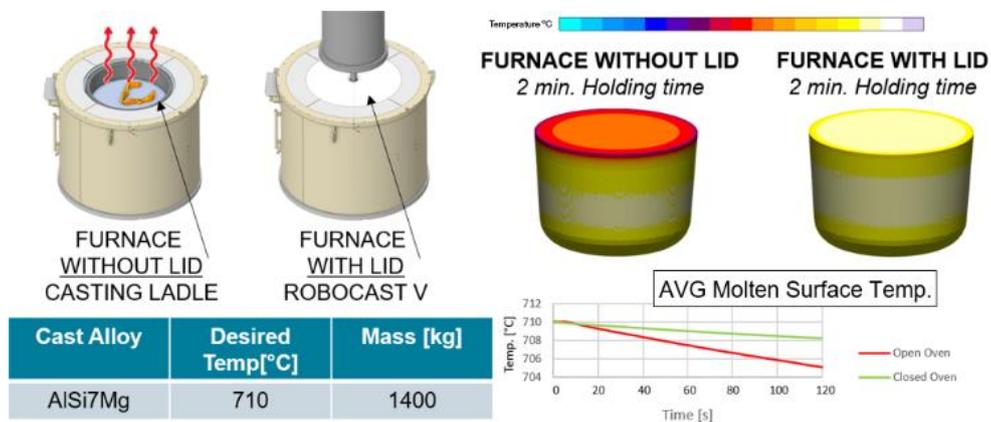


Рис. 6: При подаче расплава через небольшое отверстие не происходит тепловых потерь

требуется перегревать расплав в термопечи. Это небольшое усовершенствование позволяет экономить энергию до 42 %

Для расчёта экономии энергии эксперты FILL смоделировали печь с крышкой и без таковой. Расчёты показали, что в варианте без крышки поверхность расплава

охлаждается на 5 °C за 2 минуты. Использование ROBOCAST V уменьшает это значение на 2 °C. Кроме того, для компенсации тепловых потерь больше не

Расчёты в FILL также показали, что свободная поверхность расплава, по сравнению с применением традиционного ковша, сокращается до 40 %. Тем самым значительно сокращается количество оксидной плёнки и потеря тепла.

Проблема была решена при помощи ROBOCAST V уменьшением массы потока до заполнения формы на 100 %. Тем самым понижение давления воздуха в форме минимизировало вероятность возникновения воздушных пузырей, что и следовало из расчётов (рис. 8, слева). Неизменно высокое качество продукции, достигаемое посредством ROBOCAST V, является важным конкурентным преимуществом производителя. Расчёты помогают инженерам не только до процесса литья и после его завершения, но и обеспечивают качество продукции впрямь. Свидетельством тому является использование разработанной на FILL системы ROBOCAST V.

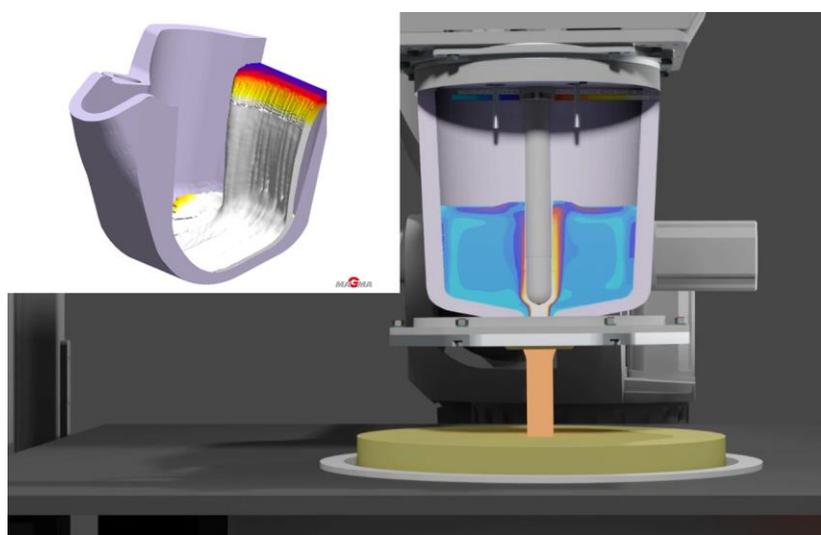


Рис. 7: Использование ROBOCAST V снижает потери тепла на 40 %.

FILL протестировал для заказчиков систему дозирования. Как же система улучшает традиционные процессы? Один из клиентов произвёл отливку с

многочисленными поверхностными дефектами, вызванными воздушными включениями. Дефекты были визуализированы при помощи расчётов и устранены путём обработки (рис. 8, слева).

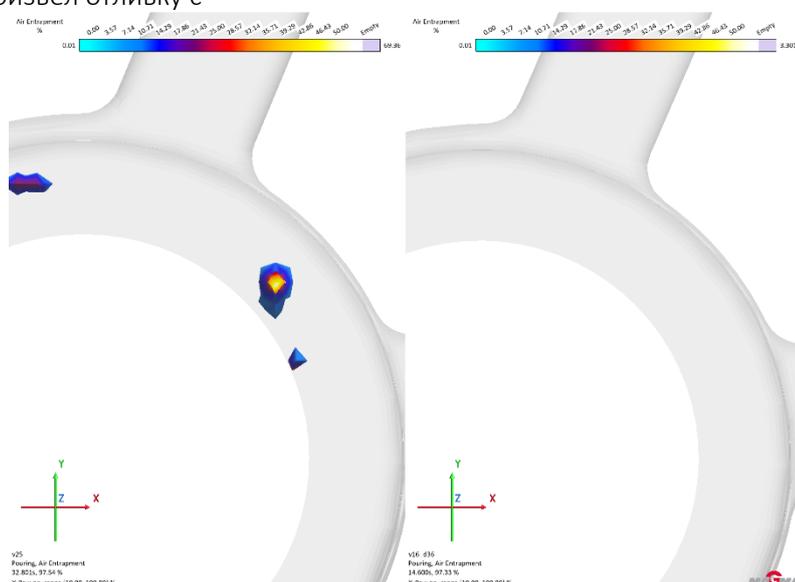


Рис. 8: слева: клиент FILL произвёл отливку с воздушными включениями. Использование ROBOCAST V предотвратило дефекты (справа)