

## Следствие ведет MAGMASOFT: поиск дефектов, угрожающих качеству продукции

*Качество продукции и эффективность производства. Эти два критерия во многом определяют коммерческий успех современного предприятия. Применение компьютерных технологий позволяет значительно сократить путь к желанной цели. Вместо до боли знакомого метода проб и ошибок на горизонте возникает фантастическая перспектива максимальной предсказуемости качества изделий. Пользуясь точным компьютерным прогнозом можно выбрать и реализовать наиболее экономичную технологию, при которой исчезнет громадный процент брака, считавшийся ранее неизбежным.*

В данном случае речь идет о компьютерном моделировании процессов литья металла с целью определения, насколько эффективна конкретная литейная технология, применяемая на данном предприятии. Для выполнения этой работы специалисты компании «Диал Инжиниринг» используют многофункциональный программный продукт анализа литья металлов MAGMASOFT от немецкой компании MAGMA GmbH. Функциональные возможности этого продукта были рассмотрены в журнале «САПР и графика» № 4 за 2002 г. И, продолжая цикл статей о MAGMASOFT, остановимся теперь более подробно на конкретных примерах. Ниже приводятся фрагменты двух проектов, моделирующих процессы литья в разовые формы по  $\alpha$ -set процессу. Эти работы были выполнены специалистами «Диал Инжиниринг» по заказам предприятий.

Первая работа – анализ технологии изготовления отливки **корпуса из жаростойкого сплава**. При радиографическом контроле этой отливки, выполненном на предприятии, в ряде ответственных узлов были обнаружены серьезные дефекты: усадочные (рис. 1) и газовые (рис. 2) раковины. Некоторые из этих дефектов можно устранить путем дополнительной обработки, а часть отливок будет полностью забракована. Нет необходимости объяснять, что все дополнительные работы приводят к увеличению расхода ресурсов и сроков запуска изделия в производство. Получается несколько циклов проектирования технологии, изготовления отливки, отбраковки и снижения процента брака, перепроектирования технологии и снова изготовления отливки и отбраковки.

Чтобы избежать подобных итераций, был выполнен компьютерный анализ технологии с помощью MAGMASOFT. Благодаря применению MAGMASOFT удалось точно определить дефекты отливки, первопричины их возникновения и найти пути их устранения.

### Усадочные и газовые раковины

Рассмотрим все по порядку. Деталь корпуса из жаростойкого сплава перенесена в MAGMASOFT, начинается моделирование процесса заполнения. Визуализация позволяет увидеть объемный процесс течения сплава в полости формы, его завершение, образование дефектов и места их расположения.

Быстрое начало затвердевания шейки прибыли приводит к неполноценному питанию отливки и образованию дефектов связанных с усадкой (рис. 3). Этим вызвано появление усадочных раковин в области стоек. Для полноценного питания отливки необходимо обеспечить беспрепятственное фильтрационное



Рис. 1. Усадочные раковины

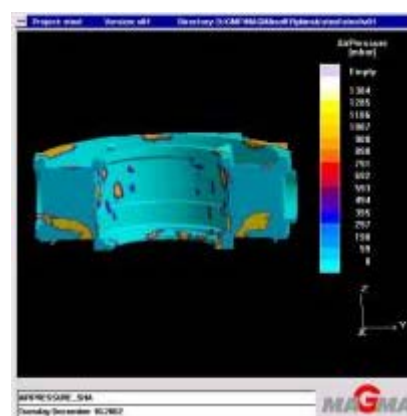
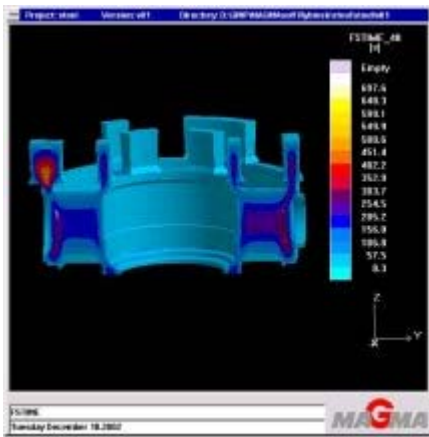


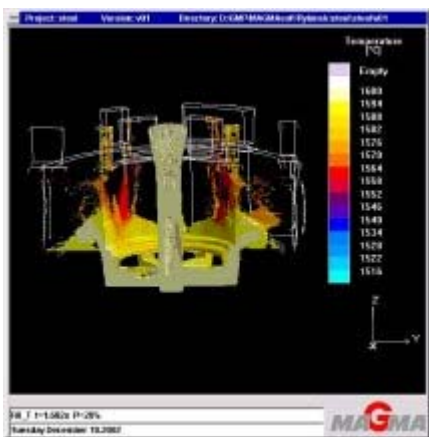
Рис. 2. Газовые раковины



Рис. 3. Образование дефектов, связанных с усадкой



**Рис. 4. Фильтрационное течение сплава**



**Рис. 5. Образование газовых раковин в процессе заполнения**

течение сплава из прибыли в тело отливки (рис. 4). Создать необходимые условия можно при изменении литниково-питающей системы, которая, для этого типа отливки, обязательно должна иметь второй ярус. Второй ярус позволяет заполнять прибыли более горячим сплавом по отношению к уже поступившему в форму, что исключит раннее затвердевание. Кроме этого необходимо придать прибылям более экономичную геометрическую конфигурацию.

Необходимо отметить наличие усадочных раковин в местах подвода сплава в полость формы. Образование этого усадочного дефекта связано с разогревом формы во время ее заполнения. Этот дефект легко устраняется, если закрытые прибыли в местах подвода сплава в полость формы, что также требует изменения литниково-питающей системы. Кроме дефектов имеющих усадочное происхождение, обнаружилось области отливки с газовыми раковинами. Они образовались в результате попадания воздуха в элементы литниковой системы и хаотичности течения сплава в процессе заполнения полости формы (рис. 5).

Моделирование рассмотренной литейной технологии в MAGMASOFT и проведенные расчеты полностью совпали с реальной картиной, обнаруженной металлургами предприятия в процессе производства. Примечательно, что компьютерное моделирование и расчеты предсказали с высокой степенью точности, как возникновение усадочных раковин, так и газовые раковины. Скрупулезный анализ всех параметров полученных в результате расчета помог сделать правильные выводы о причинах образования дефектов и выдать рекомендации по совершенствованию технологии. Проведенные расчеты также могут стать начальным этапом для разработки новой литейной технологии, которая позволит добиться заданного качества отливок.

В данном конкретном случае, чтобы избежать усадочных дефектов и газовой пористости пришлось полностью изменить литниково-питающую систему. В результате проведенных мероприятий обозначенные дефекты были устранены, а вес литниково-питающей системы снизился примерно на 20%.

### **Микроструктура – основа прочности**

Серьезным фактором для разработки и совершенствования литейной технологии является и прогноз микроструктуры при различных условиях изготовления отливки. От микроструктуры сплава напрямую зависят механические свойства изделия, которое из него получится. А они имеют ключевое значение, например, при производстве автомобильных двигателей и силовых установок к ним, а также другой машиностроительной продукции, к качеству которой предъявляются высокие требования.

Особенно важен прогноз микроструктуры при изготовлении ответственных отливок из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита. Оно обязательно сопровождается выпуском образцов, на которых исследуется микроструктура отливки. Представьте себе разочарование металлургов предприятия, когда отливку, годную по всем другим параметрам, приходится браковать по микроструктуре. В настоящее время микроструктуру отливки, как и другие параметры можно прогнозировать с помощью MAGMASOFT.

Второй пример анализа связан с выявлением возможных дефектов структуры при изготовлении отливки **корпуса подшипника из высокопрочного чугуна марки GGG 40**. В ходе анализа был выполнен расчет микроструктуры.

По результатам расчета были определены и подтверждены области образования «отбеленного чугуна» (рис. 6). Вкрапления «отбеленного чугуна» характеризуются высокой поверхностной твердостью и хрупкостью. В этих областях из-за различных скоростей охлаждения отливки возникают высокие внутренние напряжения, которые можно рассчитать в MAGMASOFT. Причиной образования областей «отбеленного чугуна» в данном случае послужил неправильный выбор мест установки холодильников. Расчеты, произведенные в MAGMASOFT, позволили с высокой точностью определить процентное содержание перлита и феррита, толщину пластин феррита, по контролируемым сечениям отливки (рис. 7 и 8).

Так же важным контролируемым параметром для определения качества отливки является форма графита и количество графитовых узлов на единицу площади. Результат прогноза этой характеристики в MAGMASOFT представлен на рис. 9. Следует еще раз указать, что представленные на рис. 9 элементы микроструктуры отвечают за механические свойства отливки, такие, как твердость, модуль Юнга, минимальные значения пределов прочности и текучести, изменения геометрии отливки (рис. 10).

Проведенный в MAGMASOFT комплексный анализ существующей технологии изготовления данной отливки показал, что добиться повышения качества и оптимизации литейных процессов можно, изменив положение отливки в форме. Это изменение повлечет за собой уменьшение высоты прибылей и снижение металлоемкости формы. Предложения по изменению технологии изготовления отливки носят радикальный характер и требуют полной переделки литейной оснастки. Одним словом, для достижения требуемого качества отливки не обойтись без кардинального изменения технологии изготовления.

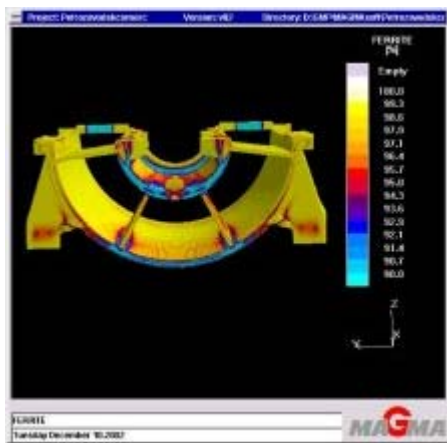


Рис. 7. Процентное содержание перлита и феррита

### Оптимизация технологии – ключ к успеху

Как можно убедиться на этих и многих других примерах, использование продукта MAGMASOFT позволяет выявить дефекты и, что более ценно, предсказать качество выпускаемых отливок. Компания «Диал Инжиниринг» выполнила ряд работ по анализу литейных технологий для промышленных предприятий различных отраслей. В числе этих предприятий ОАО «Петрозаводскмаш» (Петрозаводск), НПО «Сатурн» (Рыбинск), ОАО «Уралмаш» (Екатеринбург), ОАО «АЗ «Урал» (Миасс), ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение» (Уфа, Республика Башкортостан), ОАО «Волгоградский тракторный завод», НПО «Салют» (Москва), ОАО «Череповецкий литейно-механический завод». Общее количество готовых работ к концу октября составило шестнадцать. И во всех без исключения случаях результаты расчетов, полученные с помощью MAGMASOFT, полностью совпали с практикой. Но это только первый шаг.

За моделированием процессов и выявлением дефектов должны следовать рекомендации по совершенствованию технологии, либо разработка оптимальной технологии литья. И программный продукт MAGMASOFT, имеющий мощный спектр функциональных возможностей, открывает предприятиям реальную перспективу создания оптимальной технологии изготовления

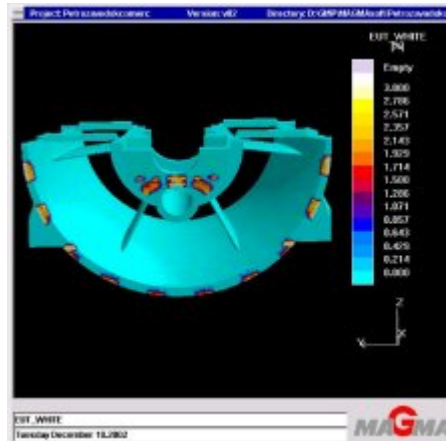


Рис. 6. Области образования «отбеленного чугуна»

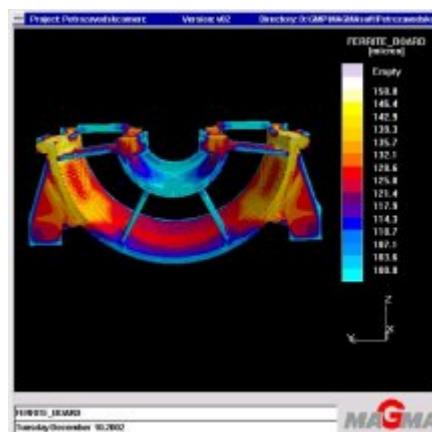


Рис. 8. Толщина пластин феррита

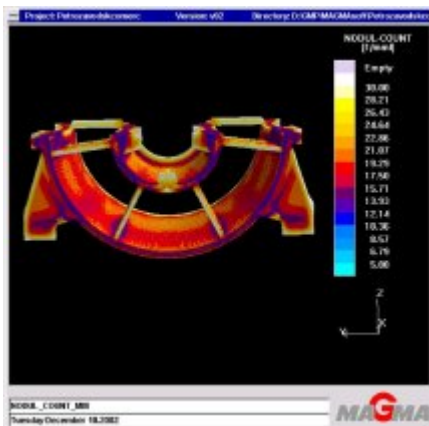


Рис. 9. Прогноз формы графита

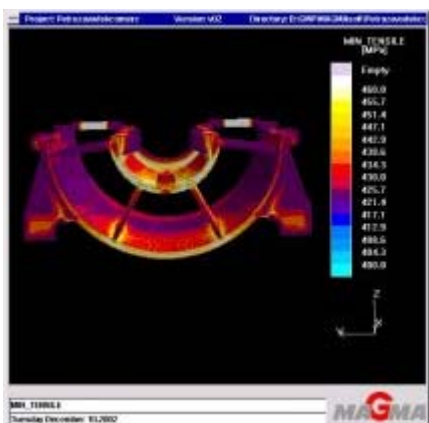


Рис. 10. Минимальные значения предела прочности

отливок. Технология, разработанная с помощью MAGMASOFT, учитывает все необходимые элементы, обеспечивающие максимальное качество отливки, и условия, в которых должно работать готовое изделие (например, при анализе микроструктуры). Этот продукт моделирует все виды литья и самые различные сплавы.

По желанию заказчика, металлурги компании «Диал Инжиниринг», сертифицированные MAGMA GmbH, могут доработать технологию изготовления отливки или создать ее заново. Все проекты выполняются на высоком профессиональном уровне и в короткие сроки. Заказчику предоставляется полный комплект документации в электронном и бумажном виде.

Применение MAGMASOFT открывает предприятиям доступ к эффективным литейным технологиям, которые позволяют практически полностью устранить брак и минимизировать затраты времени и средств на техническую подготовку производства. Получить оптимальную технологию в готовом виде – значит избавиться от длительных итерационных циклов проектирования технологии, изготовления отливки, выявления брака, исправления брака, перепроектирования технологии и снова изготовления отливки и отбраковки. Вряд ли требует доказательства тот факт, что подобные итерации намного проще, быстрее и экономически выгоднее проделывать не натурными экспериментами, а на компьютере, с помощью MAGMASOFT.



Россия, 194100,  
Санкт-Петербург,  
Кантемировская ул., д. 5  
тел: (812) 346-6995  
факс: (812) 346-6994  
dial@dial-eng.spb.ru  
www.dial-eng.spb.ru