

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ»

Составитель
Ю. А. НОВИКОВА

Владимир 2007

УДК 621.391
ББК32.88
М54

Рецензент
Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
А. В. Белевич

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

М54 Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Информационные технологии в металлургии» // Владим. гос. ун-т. сост. Ю. А. Новикова.– Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-т, 2006. – 36 с.

Содержат методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Информационные технологии в металлургии», в которых рассматриваются основы работы в системе компьютерного моделирования литейных процессов ПОЛИГОН, дается описание конкретных примеров моделирования.

Составлены в соответствии с типовой программой по дисциплине «Информационные технологии в металлургии» для литейных специальностей 150104 – литейное производство черных и цветных металлов, и 150204 – машины и технология литейного производства. Предназначены для студентов 4-го курса дневной формы обучения.

Ил. 41. Библиогр.: 4 назв.

УДК 621.391
ББК32.88

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемые студенту методические указания по дисциплине «Информационные технологии в металлургии» для технических направлений и специальностей 150104 и 150204 согласно государственным стандартам кратко охватывают основы работы в системе компьютерного моделирования литейных процессов ПОЛИГОН.

Система компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «ПОЛИГОН» позволяет провести отработку некоторых наиболее важных технологических параметров не на реальной отливке, а на ее компьютерной модели, что снижает затраты на проектирование и доводку литейной технологии. Процессор «ПОЛИГОН» позволяет моделировать следующие процессы. Тепловые процессы при затвердевании, образование усадочных раковин и макропористости, образование микропористости, гидродинамические процессы при заливке (система FlowVision), деформационные процессы для прогноза кристаллизационных трещин. Кроме того, формирование и расчет любых «критериев качества» для прогноза структуры, ликвации, механических свойств и т. п.

Цель данных методических указаний:

- осуществить четкое изложение основных понятий с позиций современных подходов в информационных технологиях;
- изложить методические указания к лабораторным работам в полном соответствии с действующими государственными стандартами по основам автоматизированного проектирования для технических направлений и специальностей;
- заложить необходимые основы знаний по системам автоматизированного проектирования студентам начальных курсов для изучения последующих дисциплин «Инженерный анализ литейных процессов», «Теория автоматического управления», «Основы математического моделирования», «Информационные технологии в металлургии» и т. д.

Приступая к выполнению практических занятий, студент должен заранее при подготовке к работе ознакомиться с методическими материалами и рекомендованной литературой, приведенной в конце книги.

На занятии студенты должны продемонстрировать умение выполнять упражнения по созданию компьютерных моделей литейных процессов. Выполненные в электронном виде, они считаются отчетом по предыдущей работе и являются допуском к выполнению следующей работы.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЛОТКА

1. Постановка задачи

Представим себе конкретную ситуацию. Ваше предприятие должно изготовить партию отливок «Молоток» из стали 15Л. Габаритный размер отливки 580 мм. Внешний вид отливки показан на рис. 1. Отливка имеет рабочую зону, к которой предъявляются повышенные требования по качеству. В ней не должно быть никаких дефектов. Способ литья практически определен габаритными размерами отливки и сплавом – в земляную форму (рис. 2).

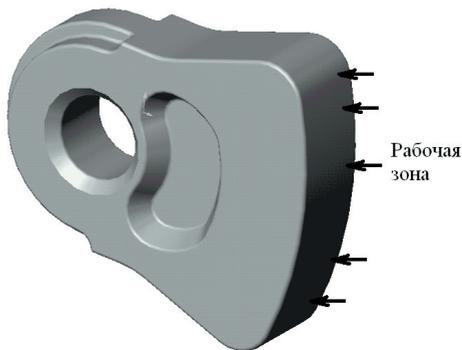


Рис. 1

Для получения плотного металла в рабочей зоне технолог разработал технологию с использованием двух прибылей. При этом большая прибыль одновременно является и стояком. Проверим с помощью системы моделирования ПОЛИГОН, обеспечивает ли эта технология поставленную задачу.

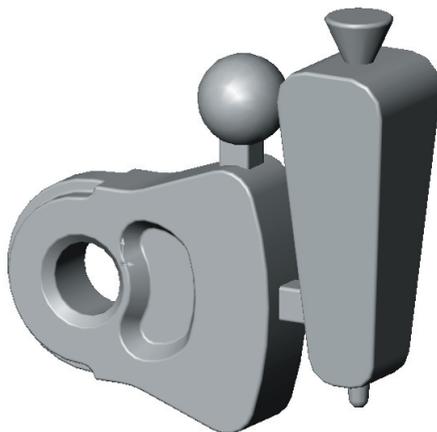


Рис. 2

Предварительно нам необходимо построить исходную геометрическую модель отливки и формы в какой-либо САД-системе и затем получить конечно-элементные сетки отливки и формы. В рассматриваемом нами примере эта работа уже проделана. Конечно-элементные сетки получены в системе HyperMesh и находятся в файле mol_bas.hyp.

2. Импорт базовой модели и работа в модуле «Мастер-3D»

Ваша работа в ПОЛИГОНе с новым проектом обычно начинается с работы в модуле «Мастер-3D». Главная задача этого модуля – импортировать конечно-элементную модель, созданную с помощью внешнего генератора сеток, проверить и при необходимости поправить ее, назначить типы объемов и проиндексировать конечные элементы и границы объемов и, наконец, сохранить модель в формате ПОЛИГОНа.

Во-первых, необходимо обозначить, какая часть геометрии представляет собой затвердевающий металл – отливку, а какая часть относится к форме со всеми объектами, составляющими ее: основной формообразующей частью, стержнями, холодильниками и т.п. То есть необходимо разделить геометрическую модель по типу принадлежности – «отливка или форма».

Во-вторых, надо проиндексировать элементы и их грани. Под индексацией понимается возможность присвоить каждому конечно-му элементу сетки и его граням определенный индекс, в соответствии с которым в дальнейшем и будут назначаться свойства материалов, граничные условия и т. п. Например, элементы, образующие песчаный стержень, обладают одними свойствами, а элементы, образующие наружный металлический холодильник – другими. Соответственно они должны иметь разные индексы. Точно так же характеристики поверхностей элементов принадлежат к нескольким различным видам: одно – поверхность раздела между отливкой и формой и совсем другое дело – поверхность раздела между формой и внешней средой.

В соответствии с этим в модуле «Мастер-3D» необходимо выполнить следующие операции:

- загрузка (импорт) конечно-элементной модели;
- назначение отливки и формы;
- назначение индексов элементов и их граней;
- проверка модели на качество и соответствие условиям;
- сохранение в формате ПОЛИГОНа.

Для запуска модуля нажмите на кнопку «Мастер-3D» в окне оболочки системы и перед вами будет открыто рабочее окно модуля (рис. 3).



Это традиционное Windows-окно со свойственными ему атрибутами и возможностями. В дальнейшем по тексту мы будем придерживаться наименований панелей инструментов, обозначенных на рис. 3. Если при загрузке программы видны не все

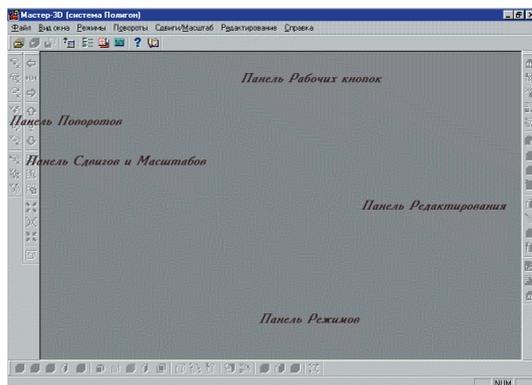


Рис. 3

панели, то недостающие панели можно сделать видимыми, поставив в нужных местах «галочки» в меню «Вид окна».

Для того чтобы загрузить конечно-элементную модель, вам следует нажать на кнопку загрузки, расположенную на панели рабочих кнопок. Можно также воспользоваться командами меню «Файл – Загрузить файл геометрии»



До начала собственно чтения модели появится диалог «Параметры загрузки» (рис. 4). В нем с помощью радиокнопок вам следует выбрать формат файла, который вы предполагаете загрузить. Он определяется тем, какая программа – генератор сетки была использована для создания вашей конечно-элементной модели. (Выбор пункта “ПОЛИГОН” означает, что программа готова загрузить файл, который ранее уже был переведен в формат программы ПОЛИГОН). Мы выбираем в примере формат файла HyperMesh.

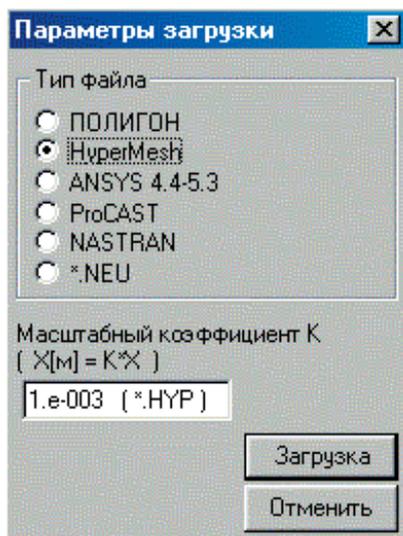


Рис. 4

Перед загрузкой соответствующего файла вы должны установить верный масштабный коэффициент. Его возникновение связано с тем, что в различных САД-системах и программах-разбивщиках (генераторах конечно-элементной сетки) координаты точек геометрических объектов задаются в разных единицах измерения длины. Так, при переходе от миллиметров, которые использует HyperMesh, к метрам, которые приняты в программе ПОЛИГОН, все координаты должны быть умножены на 10⁻³.

После нажатия на кнопку «Загрузка» будет открыт стандартный диалог Windows для выбора файла с конечно-элементной моделью. В нашем примере вам следует загрузить файл mol_bas.hyp.

По окончании загрузки в рабочем поле возникнет изображение

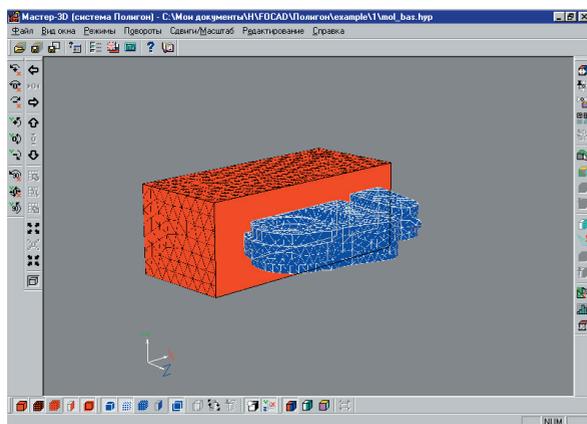


Рис. 5

конечно-элементной модели, а большинство ранее не активных кнопок на панелях управления станут доступны. Используя кнопки панели инструментов «Панель режимов», необходимо настроить изображение модели, чтобы оно выглядело как на рис. 5.

Обратите внимание, что отливка первоначально окрашена в синий цвет, а форма – в красный, что не соответствует истинному разделению типа «отливка/форма». Это произошло потому, что при импорте конечно-элементной сетки «Мастер-3D» первому найденному объему всегда присваивает тип «отливка», а остальным объемам – тип «форма». При этом, естественно, могут возникать несоответствия назначения. Это произошло и в нашем случае, что необходимо изменить.

Для того чтобы произвести переназначение индексов или типов объемов, следует воспользоваться кнопкой «Назначить отливку/форму/индекс» на панели редактирования.



После нажатия на нее вам будет открыто окно «Назначение параметров» (рис. 6).

В диалоге в табличной форме представлен список всех существующих объемов в модели. Для каждого объема определен его тип – принадлежность к отливке или форме – и индекс, который он имеет в настоящий момент. Фон цветового индикатора показывает, какой условный номер присвоен всем элементам данного объема (индекс), а цвет маленького квадрата в верхнем левом углу индикатора указывает на принадлежность объема к отливке или форме (тип). Такими же цветами закрашивается данный объем на геометрической модели объекта в соответствующих режимах визуализации (режим визуализации индекса или режим визуализации типа). Нажимая на кнопку с номером объема, мы попадаем в диалог «Параметры объема».

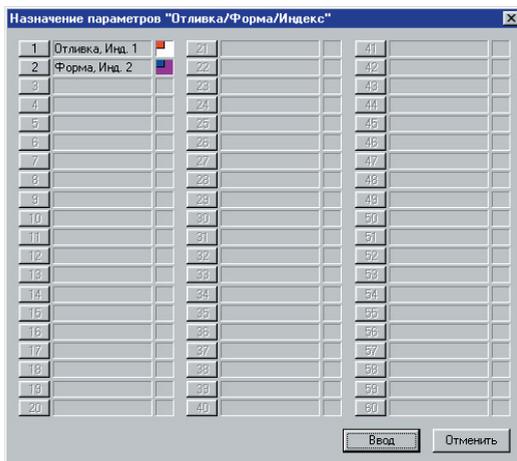


Рис. 6



В заголовке окна будет указан порядковый номер объема – в нашем случае – 1. Три радиокнопки в верхней части окна позволяют установить тип текущего объема, а расположенные ниже 9 радиокнопок – его индекс (рис. 7). Тип объема «пустота»

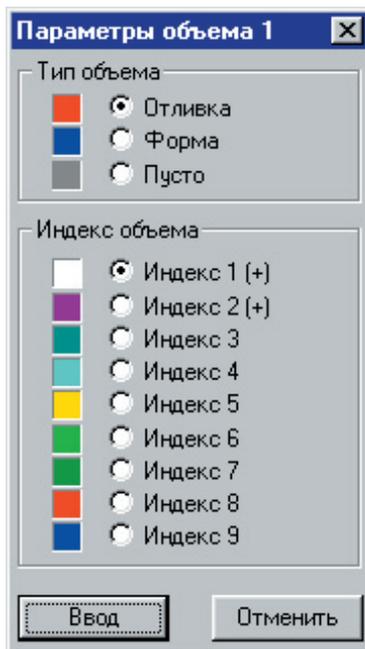


Рис. 7

говорит, что этот объем будет убран из модели. Значок (+), стоящий справа от номера индекса, показывает, что этот индекс уже задействован в модели. Мы хотим, чтобы объем 1 был отнесен к форме. Поэтому щелкнем радиокнопку «Форма». Чтобы подтвердить присвоение типа и индекса текущему объему, достаточно нажать кнопку «Ввод» в окне «Параметры объема», после чего вы вернетесь в окно «Назначение параметров».

Теперь аналогичную операцию сделаем с объемом 2, которому присвоим тип «Отливка», сохранив индекс 2 и лиловое окрашивание в режиме просмотра индекса объемов.

Закончив поочередное редактирование параметров объемов, применим результаты редактирования к модели нажатием на кнопку «Ввод» в окне «Назначение параметров». В итоге картинка в рабочем поле приобретет следующий вид (рис. 8).

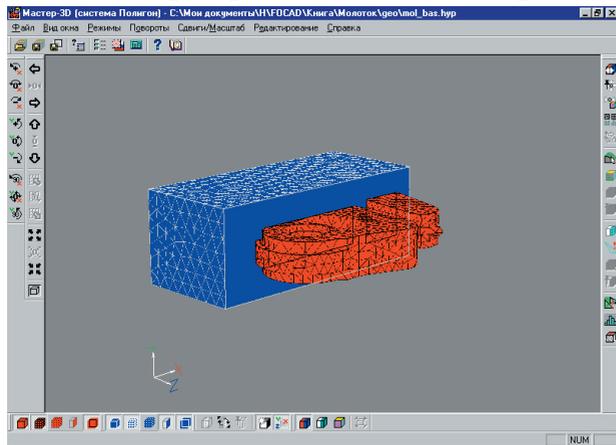


Рис. 8

Теперь необходимо физически верно сориентировать модель. Это следует сделать потому, что вектор силы тяжести в расчетах ПОЛИГОНа всегда направлен противоположно оси Y . Очевидно, что в случае неверной ориентации модели мы получим неверные результаты. В нашем примере модель должна быть повернута на 90° вокруг оси X . Воспользуемся кнопками на панели поворотов. Поворот выполняется в два этапа. На первом этапе необходимо визуально повернуть модель.



Это удобно сделать, нажав последовательно кнопки «Углы по X и $Y = 0$ » и «Угол по $X + 90^\circ$ ». После этих манипуляций картинка в рабочем поле примет вид (рис. 9).



На втором этапе поворот модели фиксируется нажатием на кнопку «Зафиксировать угол» на панели редактирования, а затем в страховочном диалоге нажатием на кнопку «Загрузить угол». Кстати, для большей наглядности картинки можно воспользоваться кнопкой «Стандартные углы, сдвиги и масштаб». Нажатие на нее чисто визуально ориентирует модель в рабочем поле, как говорят, в $\frac{3}{4}$ (рис. 10).

Выше было показано, как присвоить конечным элементам, из которых состоят объемы, типы и индексы. (Мы изменили типы, а индексы объемов не меняли, оставив те, которые были присвоены по умолчанию.)

Теперь настало время присвоить индексы граням конечных элементов. (Не путать с индексами самих элементов.) Напомним, что под одним индексом объединяются грани, образующие границы (поверхности), разделяющие объемы конечных элементов с одинаковыми свойствами. Всего индексов граням конечных элементов может быть назначено 10, и они нумеруются цифрами от 0 до 9. При этом считается, что границы с индексом 0 – это границы внутри тела (или границы симметрии), границы от 1 до 7 – границы между отливкой и формой, а границы 8 и 9 – границы со средой.

При загрузке конечно-элементной сетки, подготовленной в программе-разбивщике, модуль «Мастер-3D» группирует конечные элементы в объемы и определяет границы их раздела. Граням конечных элементов, образующим внешние границы отливки и формы, присваиваются некоторые индексы, отличные от нуля, а всем остальным – внутренним граням – нулевой индекс.

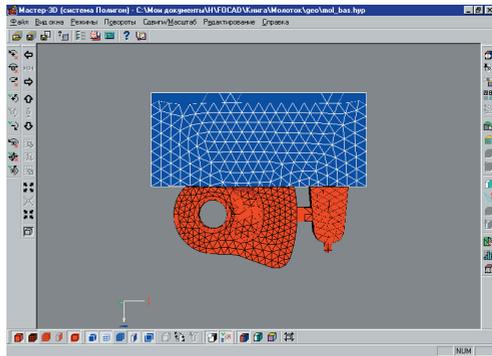


Рис. 9

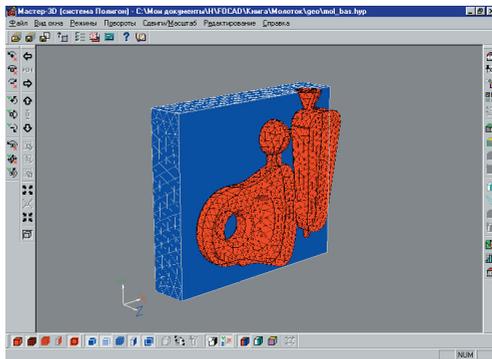


Рис. 10

Для того чтобы наглядно увидеть сформированную систему граничных индексов, следует воспользоваться кнопкой «Показать индексы границ» на панели режимов.



После нажатия на нее границы с различными индексами будут окрашены в разные цвета. Попробуем разобраться с индексами границ в нашем примере (рис. 11).

В рабочем поле мы видим три границы раздела:

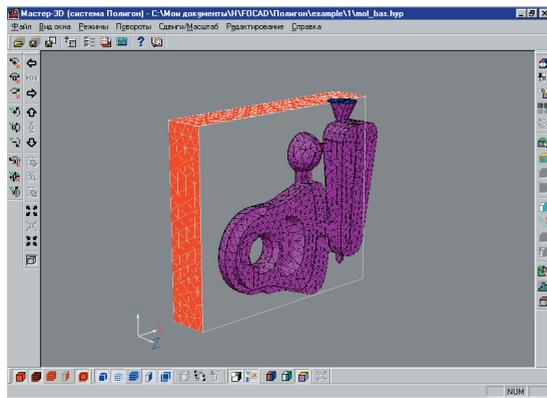


Рис. 11

- красного цвета – границу раздела между конечными элементами, образующими форму, и окружающей средой;

- фиолетового цвета – границу раздела между конечными элементами, образующими отливку, и конечными элементами, образующими форму;

- синего цвета – границу раздела между конечными элементами, образующими отливку, и окружающей средой.

Казалось бы, этим исчерпываются все возможные в этой модели варианты границ раздела. Однако это не так. В программе ПОЛИГОН граница раздела между двумя объемами представляется двумя слоями. Например, в нашем случае граница между отливкой и формой состоит, с одной стороны, из граней конечных элементов отливки, соприкасающихся с формой, а с другой, из граней конечных элементов формы, соприкасающихся с отливкой. Эта последняя граница, проще говоря, – поверхность той полости, которую оставила бы отливка после ее удаления в форме. В общем случае, поскольку отливка и форма разбиваются на конечные элементы независимо друг от друга, эти границы могут в каких-то местах и не совпадать.

Возникает закономерный вопрос – а почему же этой границы не видно на картинке? Ответ очень прост: при текущем варианте представления модели эта поверхность просто заслонена отливкой.

Если мы, манипулируя кнопками управления сечением и представлением модели на панели режимов, «удалим» отливку, то отлично увидим эту границу (точнее говоря, ее половинку), окрашенную в светло-лиловый цвет (рис. 12).

Может так случиться, что грани конечных элементов при первоначальной разбивке на граничные поверхности будут сгруппированы неверно. Это происходит из-за того, что при загрузке неизвестно что на самом деле является отливкой, а что формой и присвоение типов «отливка / форма» и соответственно

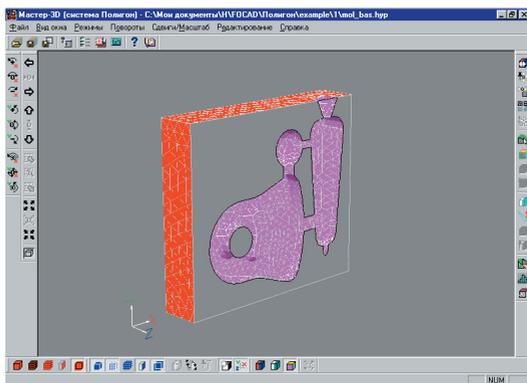


Рис. 12

индексов границ проходит произвольно. Самый простой способ назначить «правильные» границы – воспользоваться автоматической установкой индексов границ. Естественно, это надо делать ПОСЛЕ «правильной» установки типов «отливка / форма». В этом случае программа исходит из установленных типов элементов модели и самостоятельно назначает индексы границ:

- отливка / среда – индекс 8, красный цвет;
- форма / среда – индекс 9, синий цвет;
- отливка / форма, со стороны отливки – индекс 1, светло-лиловый цвет;
- отливка / форма, со стороны формы – индекс 2, темно-лиловый цвет;
- внутренние границы – индекс 0, серый цвет.

Для нашего примера получается, что индексы всех границ назначены неверно. И это понятно, т. к. в первоначальной модели типы объемов «отливка» и «форма» были перепутаны. Поэтому нам необходимо выполнить операцию автоматического присвоения индексов границ.

Назначение стандартных индексов граней осуществляется нажатием на кнопку «Задать стандартные границы» на панели редактирования.



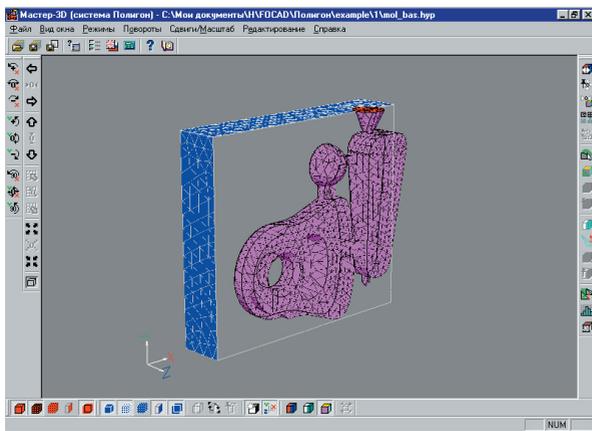


Рис. 13

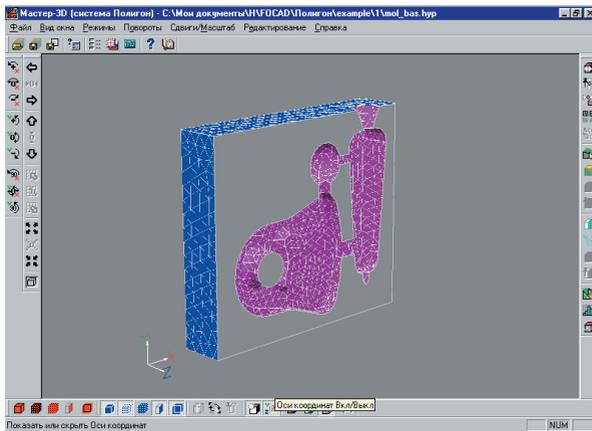


Рис. 14

В нашем примере после нажатия на кнопку «Загрузить границы» произойдет верное присвоение индексов границ, а картинка в рабочем поле будет выглядеть следующим образом (рис. 13).

«Вынем» отливку из формы и убедимся, что индекс границы раздела «отливка / форма» со стороны формы тоже назначен верно (рис. 14).

Для сохранения результатов на панели рабочих кнопок имеется кнопка «Записать файл геометрии».



Нажатие на нее сохранит геометрическую модель со всеми назначенными индексами во внутреннем формате ПОЛИГОНа - G3D, в котором она готова к расчету в модуле «Фурье-3D». Назовем файл геометрической модели mol_bas.G3D.

Следующим этапом моделирования является собственно выполнение расчетов в модуле «Фурье-3D».

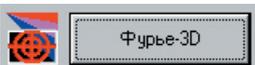
3. Назначение исходных данных и работа в модуле «Фурье-3D»

После подготовки геометрической модели в модуле «Мастер-3D» ваша работа должна быть продолжена в модуле «Фурье-3D». Главная задача этого модуля – выполнение численного расчета температурных полей отливки и формы, фазовых полей отливки, пористости и раковин в отливке.

Работа в модуле «Фурье-3D» осуществляется в несколько последовательных этапов:

- загрузка всех необходимых исходных параметров;
- собственно расчет и визуализация его результатов;
- сохранение результатов расчетов.

Модуль «Фурье-3D» запускается нажатием на соответствующую кнопку в окне оболочки системы.



Через несколько секунд вам будет открыто рабочее окно модуля (рис. 15).

Его обрамляют уже частично знакомые вам по модулю «Мастер-3D» панели инструментов.

Для того чтобы загрузить исходные данные, следует нажать на кнопку «Загрузка исходных данных» на панели рабочих кнопок.

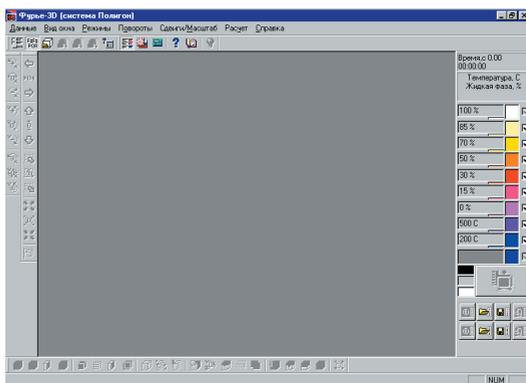


Рис. 15

Вам откроется диалоговое окно «Исходные данные для расчета» (рис. 16).

Окно разделено на две большие области: «Обязательные исходные данные» и «Факультативные данные». На этом этапе освоения программы ПОЛИГОН и для моделирования рассматриваемого примера нам будет достаточно обязательных исходных данных.

Работу в области обязательных данных вам следует начать с однотипных разделов «отливка» и «форма». В каждом из них расположены три поля ввода:

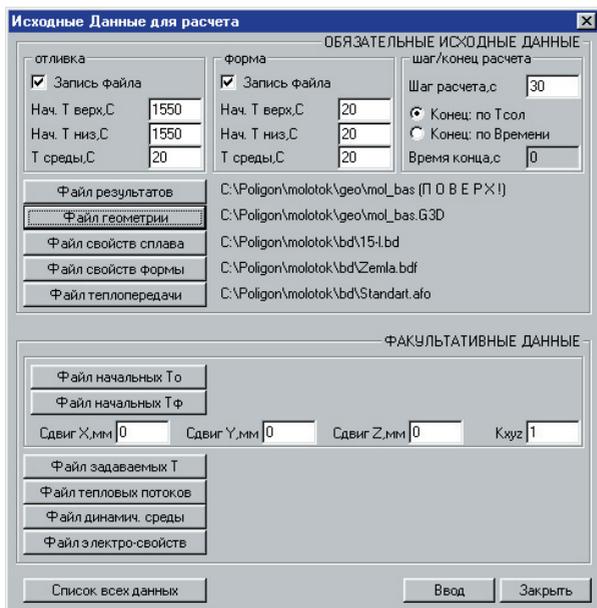


Рис. 16

- Нач. Т верх, °С – начальная температура в верхней точке, в градусах Цельсия;

- Нач. Т низ, °С – начальная температура в нижней точке, в градусах Цельсия;
- Т среды, °С – температура среды, в градусах Цельсия.

Под начальной температурой понимается температура в момент окончания заполнения полости формы жидким металлом.

При задании температурного распределения по двум точкам – верхней и нижней – предполагается, что температура по высоте отливки меняется линейно. Применительно к рассматриваемому нами примеру зададим начальные температуры в верхней и нижней точках отливки одинаковыми и равными 1550 °С, а температуру формы примем равной температуре окружающей среды: 20 °С.

Установим в разделах «отливка» и «форма» также флажки «Запись файла», означающие, что результаты расчетов соответствующих температурных полей будут сохранены в виде отдельных файлов.

Справа от описанных разделов размещается раздел «шаг/конец расчета». Под шагом расчета понимается интервал времени (в секундах), через который в расчете фиксируются значения доли жидкой фазы, температуры отливки и формы. Минимальный шаг расчета, допустимый в программе, составляет 0,01 с. Мы зададим его равным 30 с, чтобы излишне не затягивать процедуру расчета. В общем случае шаг расчета советуем подбирать таким образом, чтобы полное время расчета разбивалось на 120 - 150 шагов.

Конец расчета может быть задан тремя путями: либо прямым назначением времени окончания расчета, либо указанием, что расчет заканчивается при температуре солидуса, либо назначением конечной температуры. Нажмем радиокнопку «Конец: по $T_{\text{сол}}$ ». Это означает, что расчет будет вестись до тех пор, пока максимальная температура отливки (температура в самой горячей точке) не станет ниже температуры солидуса, т. е. до момента полного затвердевания.

Далее вам предстоит определить ряд файлов, в которых программа найдет необходимые для расчета данные или сохранит его результаты. Для этого служат кнопки, расположенные в нижней части раздела «Обязательные исходные данные».

Файл результатов

Кнопка «Файл результатов» предназначена для указания имени файла, в котором будут сохранены результаты расчетов. Нажатие на нее откроет стандартное для Windows-приложений окно сохранения файла. При этом температурные поля формы автоматически будут записаны в файл с расширением *MLD*, а температурно-фазовые поля отливки – в файл с расширением *CST*. После сохранения файла результатов его имя и полный путь будут индентифицированы справа от кнопки «Файл результатов». Отметим, что если файл с заданным вами именем уже имеется на диске, то в этой строке появится предупреждающая надпись “ПОВЕРХ!”.

Файл геометрии

Кнопка «Файл геометрии» открывает стандартное для Windows-приложений окно загрузки. Как вы помните, в программе «Мастер» мы создали файл геометрии *mol_bas.G3D*. Найдем его на диске и выполним загрузку.

Файл свойств сплава

Файл свойств формы

Аналогичным образом выполняется загрузка файлов свойств сплава и формы. Это файлы с расширениями **.BD* - для отливки и **.BDF* – для формы. Эти файлы присутствуют в стандартной базе данных программы ПОЛИГОН. Обычно они находятся в папке *POLIGON/BD*. В нашем примере мы используем свойства стали марки 15Л и земляной формы: *15-L.bd* и *Zemla.bdf*.

Файл теплопередачи

Точно так же осуществляется загрузка файла теплопередачи *Standart.ifo*. Отметим, что в этом файле содержится информация о теплопередаче на границах раздела, имеющих в нашей модели.

На этом подготовка обязательных исходных данных завершена, и вам следует ввести их нажатием на кнопку «Ввод» в нижнем правом углу окна. По окончании загрузки в рабочем поле программы появится изображение нашей модели (рис. 17).

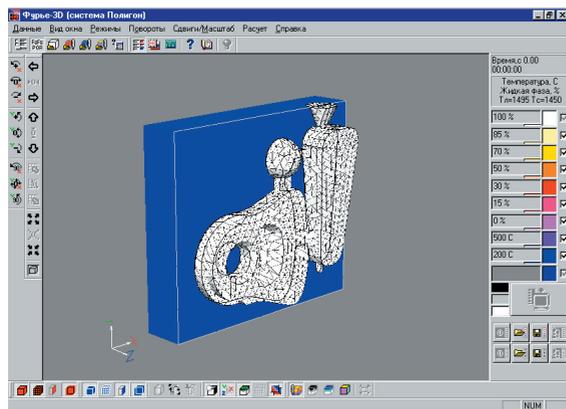


Рис. 17

Цветовое решение картинки, как видно, отличается от картинок, с которыми мы имели дело в модуле «Мастер-3D». Это связано с тем, что в «Фурье» раскраска отражает не типы или индексы объемов и граней, а температурно-фазовые поля или поля пористости.

Используемые при этом цветовая шкала и палитра размещаются по умолчанию в правой части окна.

На рассматриваемом рисунке мы видим шкалу и палитру температурно-фазовых полей. За ее включение отвечает кнопка «Показать поля температур» на панели режимов.



Ориентируясь на шкалу и палитру, можно сказать, как модуль «Фурье-3D» воспринимает исходные условия для расчета: форма – темно синяя окраска – находится в самом «холодном состоянии» (ниже 200°C – так настроена шкала), а отливка – белая окраска – заполнена абсолютно жидким металлом.

Поскольку нас интересует не только тепловая, но и усадочная задача, нам следует ввести ряд дополнительных параметров, необходимых для расчета макро- и микропористости. Принципиально важно понимать, что расчеты пористости и усадки не могут быть выполнены без базовых температурно-фазовых расчетов, и поэтому ввод исходных данных по основным теплофизическим характеристикам модели является обязательным. Данные (рис. 18) по пористости необходимы

только в тех случаях, когда будет выполняться именно расчет усадочной задачи. Для ввода этих данных воспользуемся кнопкой «Ввод данных по пористости».



В верхней части открывшегося окна «Данные для расчета пористости» слева расположены флажки «Расчет МАКРОпористости» и «Расчет МИКРОпористости». Устанавливая или снимая флажки, вы определяете

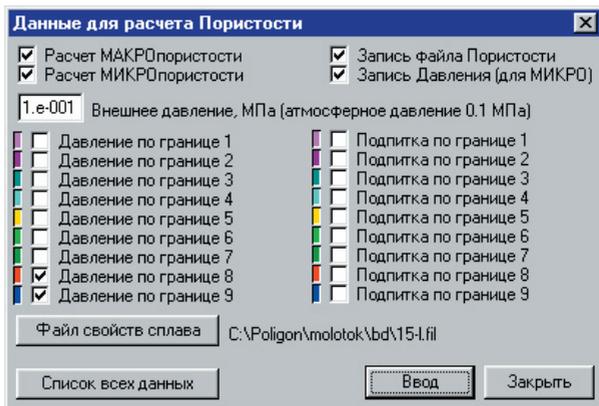


Рис. 18

те виды расчетов, которые будут выполнены. Нас интересуют оба расчета, поэтому мы установим оба флажка.

Правее расположены флажки «Запись файла пористости» и «Запись давления (для МИКРО)», которые позволяют вам задать или отказаться от записи результатов расчета в виде отдельных файлов. Установим также оба флажка.

Ниже расположено поле ввода, в котором вы должны указать величину внешнего давления при формировании отливки в мегапаскалях. В нашем примере мы рассматриваем литье при атмосферном давлении, поэтому внесем в поле ввода значение 0,1.

Основное поле окна занимают флажки давления и подпитки по границам. Для удобства слева от каждого флажка расположен цветовой индикатор (рис. 19), соответствующий цвету индекса граней, заложенному вами при индексации границ в программе «Мастер-3D». Чтобы восстановить в памяти картину назначения индексов граней, можно воспользоваться кнопкой «Показать индексы границ цветами» на панели режимов.



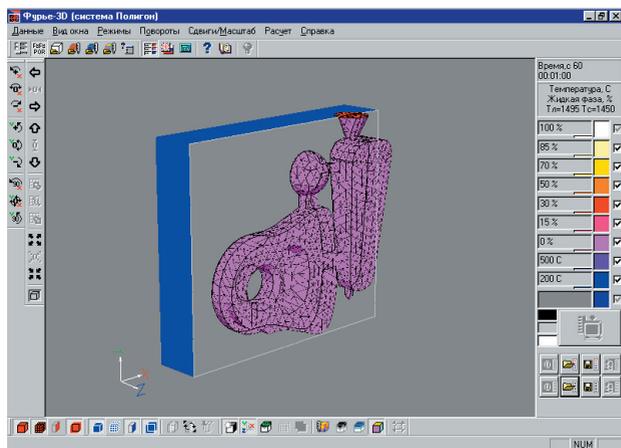


Рис. 19

В нашем примере при выбранном способе литья можно считать, что атмосферное давление прикладывается по границе 8 «отливка – внешняя среда», обозначенной красным цветом, и по границе 9 «форма – внешняя среда», обозначенной синим цветом. Потому установим флажки в полях 8 и 9.

Файл свойств сплава

С помощью кнопки «Файл свойств сплава» через стандартное окно загружается файл с усадочно-фильтрационными свойствами сплава, имеющий расширение *FIL*. После выбора загружаемого файла его имя и полный путь будут написаны справа от кнопки. Файлы с усадочными свойствами создаются и редактируются в модуле «Сплав». Для нашего примера воспользуйтесь заранее подготовленным файлом в базе данных ПОЛИГОНа: *15-L.FIL*.

В заключение работы с окном «Данные для расчета пористости» вы должны подтвердить ввод исходных данных нажатием на кнопку «Ввод». Для просмотра результатов усадочного расчета в модуле «Фурье-3D» существуют свои шкала и палитра, которые вызываются кнопкой «Показать поля пористости» на панели режимов.



При использовании этих шкалы и палитры картинка модели перед началом расчета целиком окрашена в белый цвет – пористость отсутствует (рис. 20).

Теперь, когда все приготовления завершены, можно переходить к собственно процедуре расчета. Для запуска расчета следует воспользоваться выпадающим списком пункта меню «Расчет» (рис. 21).

Однако перед тем как начать расчет хотим обратить ваше внимание на еще две позиции из этого выпадающего списка.

Первая из них определяет приоритет выполнения расчета в модуле «Фурье-3D» по отношению к другим работающим в это время Windows-приложениям. Вы можете выбрать либо Высокий, либо Нормальный Приоритет. Выбор высокого приоритета несущественно ускоряет расчеты, но самое главное не позволяет другим программам замедлить расчет. Однако этот режим замедляет работу других приложений. Он хорош, скажем, если вы оставляете машину выполнять расчет в ночное время. Нормальный приоритет хорош в обычном режиме работы, но следует иметь в виду, что, например, автоматический запуск программы заставки Screen Saver может замедлить расчет в несколько раз, если не включен Высокий приоритет.

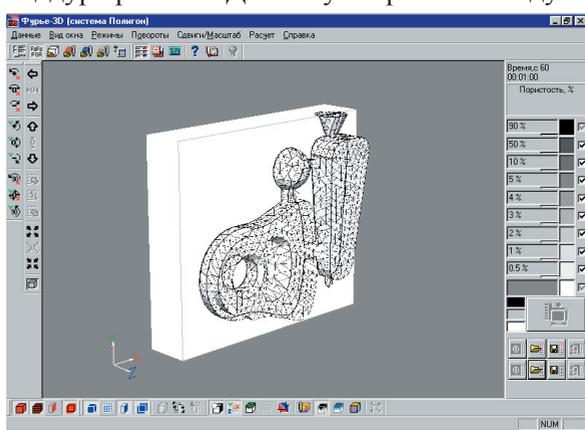


Рис. 20

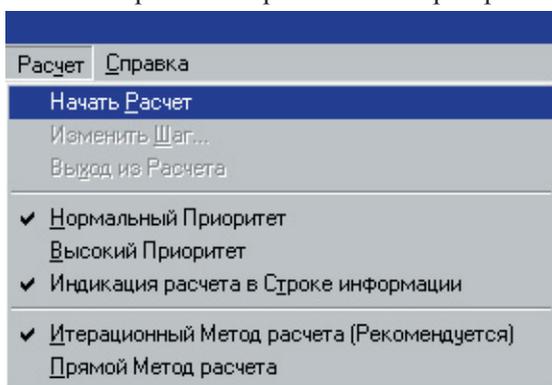


Рис. 21

Вторая позиция – метод расчета. В подавляющем большинстве случаев рекомендуем применять итерационный метод как более быстрый и менее ресурсоемкий.

Для непосредственного запуска расчета следует воспользоваться строкой «Начать расчет» из выпадающего списка пункта меню «Расчет».

При этом программа загружает необходимую информацию и начинает производить вычисления. О том, что расчет выполняется, свидетельствует «Индикатор расчета» – особая кнопка-индикатор на панели рабочих кнопок.



При начале расчета пиктограмма на ней – лампочка – окрашивается в зеленый цвет, а сама кнопка индикатора самостоятельно нажимается и отжимается при переходе к каждому следующему шагу расчета. По окончании расчета лампочка гаснет. Кроме этого о прохождении расчета можно судить по счетчику времени, расположенному в верхней части панели палитры и шкалы.

В процессе расчета в рабочем поле происходит последовательная визуализация каждого его шага. При этом отображающиеся на картинке параметры определяются тем, какая из кнопок управления показом на панели режимов нажата. Так, чтобы наблюдать за изменением тепловых и фазовых полей в процессе затвердевания, следует предварительно нажать на кнопку «Показать поля температур», а для визуализации пористости – кнопку «Показать поля пористости».

Однако наиболее полно возможности визуализации результатов расчета реализованы в специализированном модуле ПОЛИГОНа «Мираж-3D».

4. Визуализация результатов расчета и работа в модуле «Мираж-3D»

После выполнения расчетов в модуле «Фурье-3D» ваша работа должна быть продолжена в модуле «Мираж-3D». Главная задача этого модуля – визуализация результатов расчетов. Принципиально важно понимать, что файлы с результатами расчетов содержат поля значений тех или иных параметров во всех точках объекта моделирования в моменты процесса затвердевания, определяемые заданным шагом расчета. Процесс визуализации по сути сводится к последовательной пошаговой демонстрации этих полей в наглядной и выразительной форме. Интерфейс «Миража» позволяет наблюдать результаты визуально в виде последовательно изменяющихся температурных и фазовых полей, а также полей с различной пористостью в каждый расчетный момент времени. Наглядность и выразительность представления достигаются за счет имеющихся в программе мощного аппарата работы с трехмерными геометрическими объектами, настраиваемой цветовой палитры и шкалы отображаемого параметра, а также механизма управления последовательностью и скоростью отображения шагов расчета.

Работа в модуле «Мираж-3D» осуществляется в несколько последовательных этапов:

- загрузка результатов расчетов;
- настройка параметров визуализации;
- визуализация результатов расчетов.

Модуль «Мираж-3D» запускается нажатием на соответствующую кнопку в окне оболочки системы.



Через несколько секунд вам будет открыто рабочее окно модуля (рис. 22). Его обрамляют уже частично знакомые вам по модулям «Мастер-3D» и «Фурье-3D» панели инструментов. Для того чтобы загрузить файл с результатами расчетов, вам следует воспользоваться кнопками, расположенными в левой верхней части окна на панели рабочих кнопок. Для решения задачи нам потребуются две кнопки:

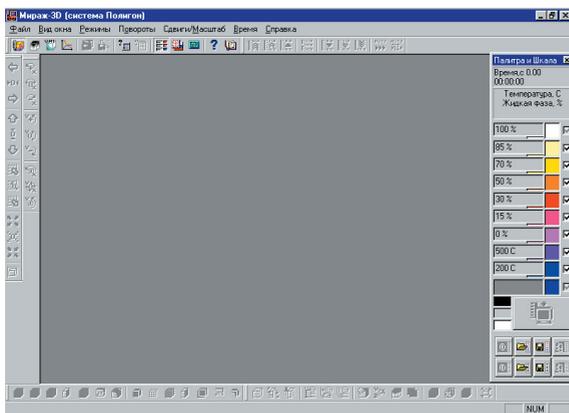


Рис. 22

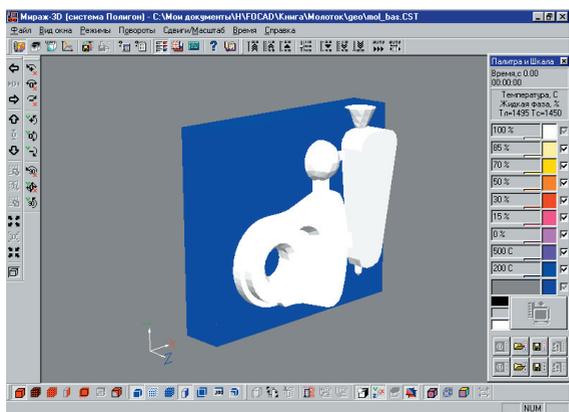


Рис. 23

• кнопка «Загрузить файл Температур»;



• кнопка «Загрузить файл Пористости»;



После нажатия на любую из них на экране появится стандартное для Windows-приложений окно загрузки файла, в котором вы должны отыскать файлы результатов расчетов для нашего примера, созданные в модуле «Фурье-3D»: *mol_bas.CST* – для теплового расчета и *mol_bas.P3D* – для расчета пористости.

Загрузим сначала файл с результатами теплового расчета

– *mol_bas.CST*. В рабочем поле появится изображение температурно-фазовых полей модели в начальный момент времени, уже знакомое нам по модулю «Фурье-3D» (рис. 23).

При этом панель палитры и шкалы автоматически настроится на демонстрацию температурно-фазовых полей. Теперь мы можем приступить непосредственно к визуализации результатов расчета. Панель контроля времени предназначена для задания тем или иным способом момента времени расчета, визуализируемого в рабочем поле.



Эта панель по умолчанию размещается по верхней границе рабочего поля в ее правой части. Если она отсутствует в окне программы, ее можно вызвать, используя пункт меню Время или Вид окна, в подменю которых имеется позиция «Панель контроля времени».

Шесть кнопок, объединенных в две похожие друг на друга группы, в чем-то сродни кнопкам перемотки на плеере. Нажимая на них, вы можете перейти к тому или иному времени расчета и получить соответствующую ему картинку в рабочем поле.



Расположенная между ними кнопка «Шкала времени» позволяет перейти к любому шагу расчета и зафиксировать его на экране, минуя демонстрацию промежуточных состояний. Нажатие на нее вызывает окно «Выбор времени» (рис. 24).

Центральную часть окна занимает шкала времени с движком-регулятором, оцифрованная в соответствии с заложенными в расчет временными параметрами. При открытии окна движок находится в положении, отвечающем текущему моменту расчета. Для выбора необходимого момента времени следует установить движок в соответствующее положение. При этом в расположенном ниже окошечке «Время, с» будет индцировано точное значение установленного времени в секундах. Кстати, с помощью этого окошечка также можно задать необходимый момент времени непосредственно в числовом виде. При этом движок-регулятор мгновенно отработает новое время расчета и займет соответствующее положение. Нажатие на кнопку «Ввод» подтверждает принятие заданного момента времени и приводит к появлению соответствующей картинке в рабочем поле.

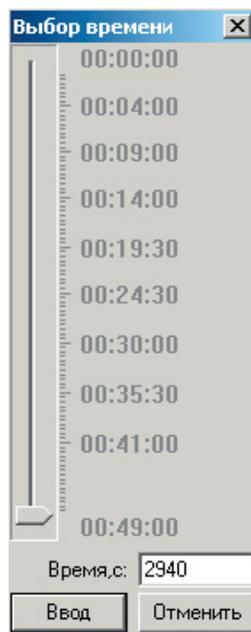


Рис. 24

Кроме того, в «Мираже-3D» имеется возможность динамического представления процесса с помощью кнопки «Автопросмотр временных шагов вкл/выкл».



Нажатие на нее запускает (отжатие – приостанавливает) механизм последовательной смены изображений модели в рабочем поле. Стартовым моментом пошаговой визуализации является текущий момент времени в рабочем поле независимо от того, каким образом он был назначен. Рассмотрим изменение температурно-фазовых полей в моделируемой нами отливке. Предварительно для того чтобы увидеть процесс затвердевания внутри отливки, отбросим ее «выступающую» из формы часть с помощью кнопки «Сечение отливки вкл/выкл» на панели режимов.

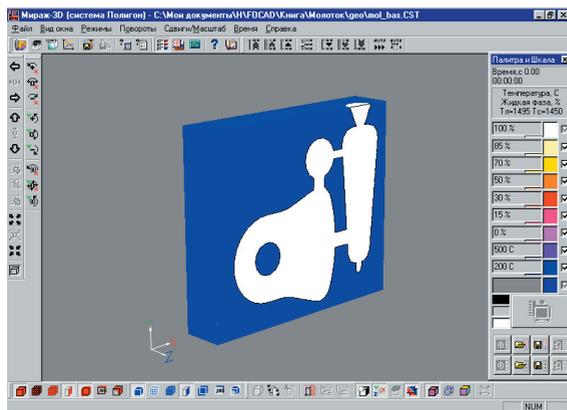


Рис. 25

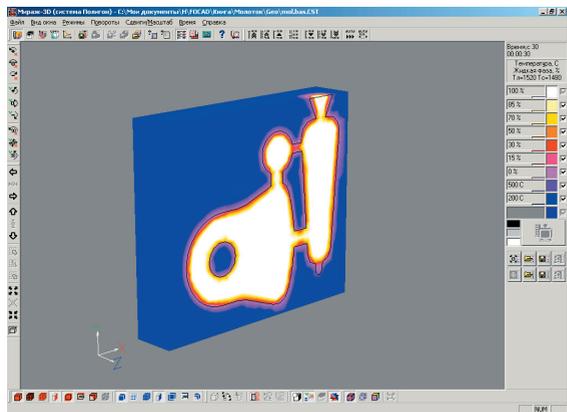


Рис. 26

Для большей выразительности картинки обведем контур сечения отливки, воспользовавшись клавишей «Контур сечения отливки вкл/выкл» на панели режимов.



В итоге картинка примет следующий вид (рис. 25).

Теперь переместимся на 1 шаг расчета, нажав на кнопку «Следующий шаг» на панели контроля времени.



Картинка в рабочем поле претерпит некоторые изменения (рис. 26).

По периметру сечения отливки наметилась зона пер-

вичной кристаллизации: красная окантовка отвечает 30 % жидкого. Одновременно наметился прогрев слоя формы, прилежащей к отливке: лиловый ореол имеет температуру, близкую к температуре солидуса.

Для продвижения сразу на 5 шагов расчета воспользуемся кнопкой «5 шагов вперед».



Нажмем ее 10 раз, т. е. переместимся сразу на 50 шагов расчета. В верхней части панели палитры и шкалы можно увидеть, какому моменту времени соответствует текущее состояние картинки. В нашем случае от начала затвердевания прошло 1530 секунд. Рассмотрим картинку в рабочей зоне (рис. 27).

Мы отчетливо видим в рабочей зоне нашего будущего изделия «молоток» крупный тепловой узел – на картинке он окрашен в ярко-желтый цвет, отвечающий доле жидкой фазы 70 – 85 %. В то же время вокруг него располагается зона красно-малинового цвета, отвечающая доле жидкой фазы 15 – 30 %. Продвинемся еще на 20 шагов расчета (рис. 28).

На фоне общего остывания отливки наметившийся тепловой узел локализо-

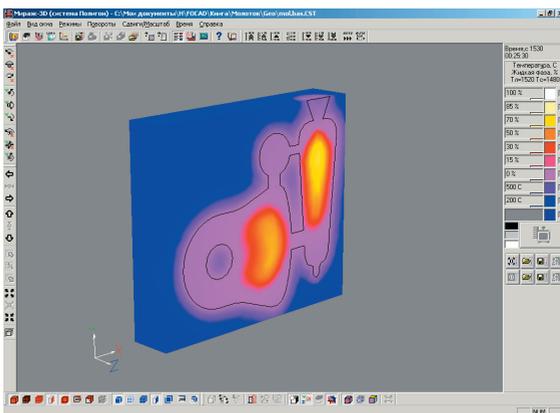


Рис. 27

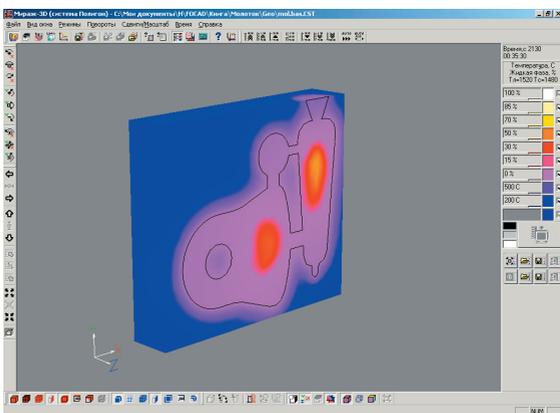


Рис. 28

вался и сместился к внешней рабочей поверхности изделия. Судя по малиновому окрашиванию, доля жидкой фазы в этой зоне составляет около 15 %. Можно предположить, что в этом месте отливки должен образоваться серьезный усадочный дефект.

Проверим это предположение, визуализировав результаты усадочного расчета. Для этого загрузим в модуль «Мираж-3D» файл mol_bas.P3D и уже известным способом нанесем на модель сечение, открывающее внутренний объем отливки (рис. 29).

В случае анализа пористости нас интересует в основном итоговый результат, поэтому мы можем перейти непосредственно к

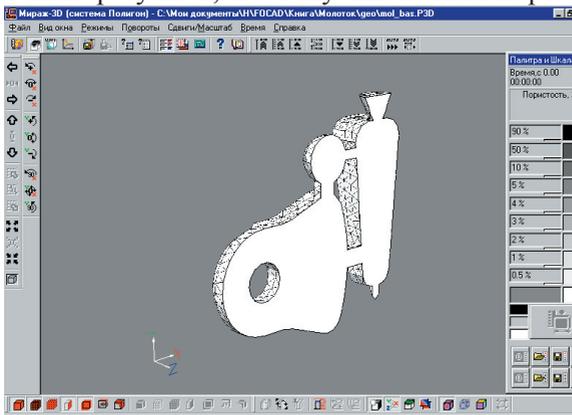


Рис. 29

последнему шагу расчета, когда отливка уже полностью затвердела. Для этого воспользуемся кнопкой «Конечный шаг» на панели контроля времени:



Мы получим следующую картинку (рис. 30).

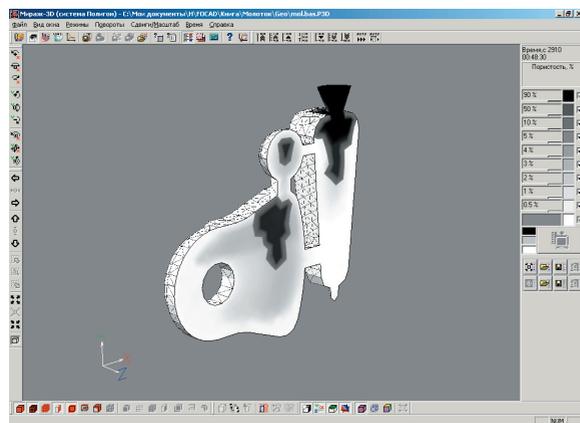


Рис. 30

Как видно, наши опасения насчет возникновения серьезных усадочных дефектов подтвердились. Для того чтобы увидеть раковину целиком и более объемно, воспользуемся еще одной функцией модуля «Мираж-3D» – построением изоповерхностей – которая активизирует

ся нажатием на кнопку «Изоповерхность для отливки» на панели режимов.



В открывшемся окне «Параметры изоповерхности (отливка)» в разделе «Значение изоповерхности» включим радиокнопку «50 %», а в правой части окна – радиокнопку «Показать изоповерхность и ниже», а затем нажмем на кнопку «Ввод» (рис. 31).

В результате мы получим картинку, на которой отчетливо будет видна форма образовавшейся при затвердевании раковины (рис. 32).

Очевидно, что технология, приводящая к получению отливки с таким дефектом в рабочей зоне, не может быть признана годной и нуждается в корректировке.

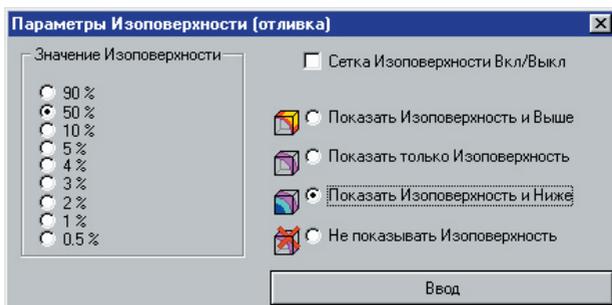


Рис. 31

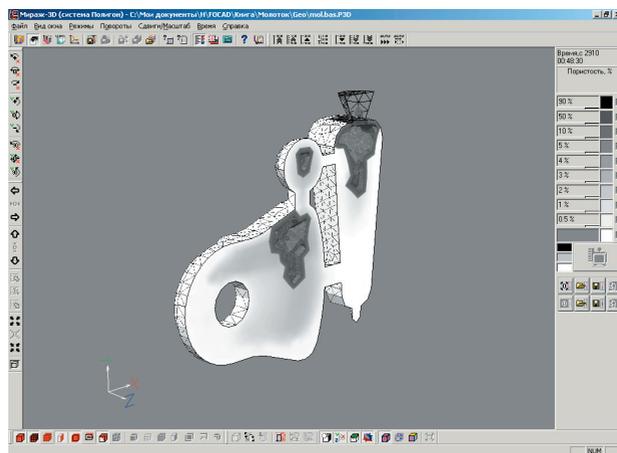


Рис. 32

5. Корректировка литейной технологии с использованием программы ПОЛИГОН

Итак, первая рассмотренная нами технология, приводящая к получению отливки с серьезным усадочным дефектом в рабочей зоне, не может быть признана годной и нуждается в корректировке. Технолог, изучив результаты моделирования, решает снять сферическую прибыль. Геометрическая модель нового технологического варианта уже подготовлена в файле *mol_b_sph.hyp*.

Пройдем с этой моделью по уже знакомой нам цепочке модулей ПОЛИГОНа. Для начала загрузим файл геометрии в модуле «Мастер-3D». После выполнения всех необходимых преобразований вы должны получить в рабочем поле следующую картинку (в режиме демонстрации типов объемов) (рис. 33).

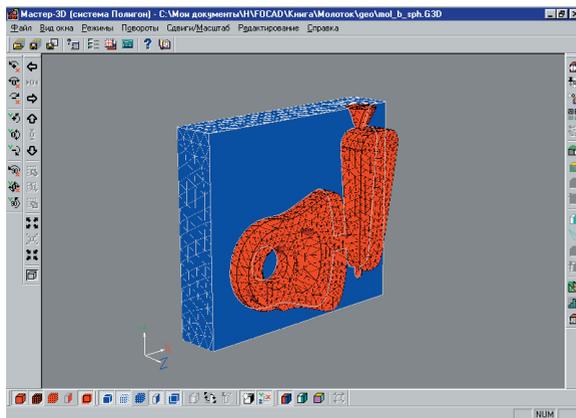


Рис. 33

Сохраним ее в файле *mol_b_sph.G3D*. Затем перейдем в модуль «Фурье-3D». Загрузим только что созданный файл геометрии и те же файлы свойств и теплопередачи, что и в предыдущем варианте. Укажем в качестве файлов для сохранения результатов файла с именем *mol_b_sph*. Далее выполним собственно расчет.

Теперь загрузим в модуль «Мираж-3D» файл результатов расчета *mol_b_sph.CST* – файл температур. Как нам уже известно из первого опыта моделирования отливки «молоток», тепловые узлы в ней заметно локализируются в районе 50-го шага расчета. Чтобы корректно сравнить первую и вторую модели, перейдем с помощью шкалы времени (так как это было описано при рассмотрении возможностей модуля «Мираж-3D») сразу к 1530-й секунде расчета (рис. 34).

Как видно, на этой стадии затвердевания отсутствие сферической прибыли практически не сказывается на распределении температурно-фазовых полей по телу отливки. Повторяя анализ первой модели, перейдем к 2130-й секунде расчета (рис. 35).

Мы видим, что и в этом варианте имеет место образование локального теплового узла, характерного усадочными дефектами, в рабочей зоне молотка. Можно констатировать, что удаление сферической прибыли практически не влияет на ход затвердевания отливки.

Однако проверим это с использованием результатов расчета по пористости. Для этого загрузим в модуль «Мираж-3D» файл *mol_b_sph.P3D* – файл пористости. Рассмотрим результаты после последнего шага расчета в режиме демонстрации изоповерхности с пористостью 50 % и выше (рис. 36).

Из картинке видно, что усадочный дефект несколько изменил свою форму по сравнению с первой технологией, но рабочая зона отливки по-прежнему не имеет должного качества.

Технолог предлагает очередное решение: сделать питатель более мощным и перенести его в верхнюю часть отливки. Геометри-

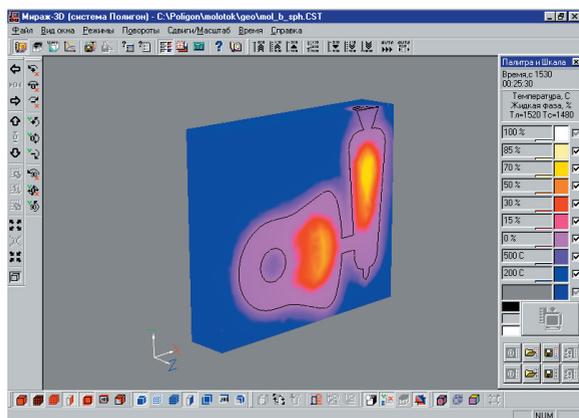


Рис. 34

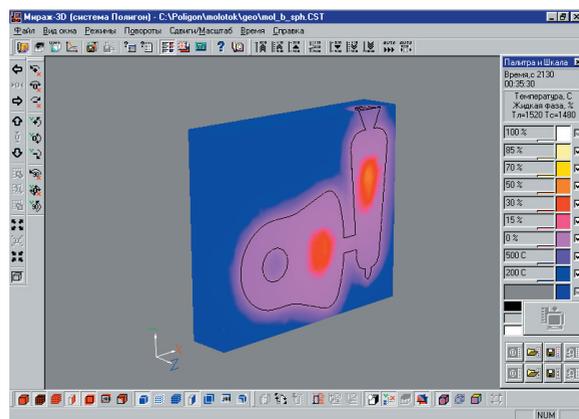


Рис. 35

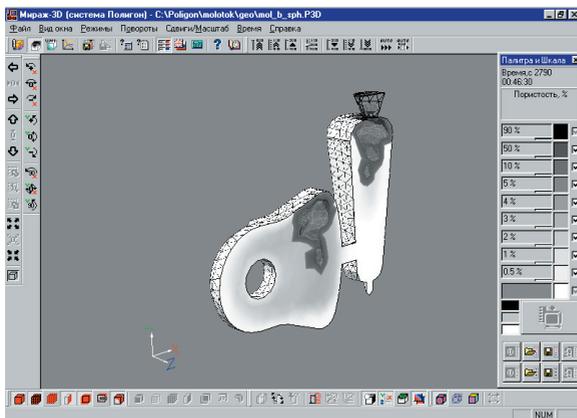


Рис. 36

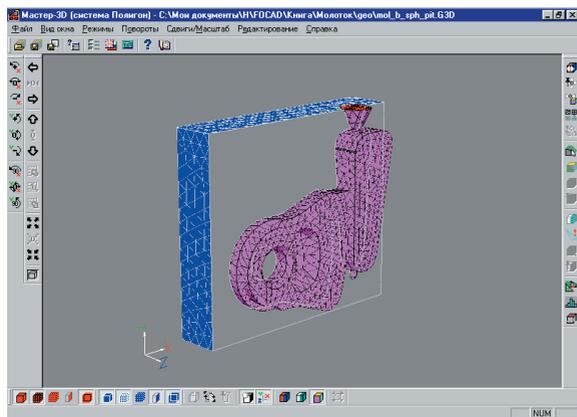


Рис. 37

чекская модель нового технологического варианта уже подготовлена в файле *mol_b_sph_pit.hyp*.

Пройдем с этой моделью по уже знакомой нам цепочке модулей ПОЛИГОНа. Для начала загрузим файл геометрии в модуль «Мастер-3D». После выполнения всех необходимых преобразований вы должны получить в рабочем поле следующую картинку (в режиме демонстрации индексов границ) (рис. 37).

Сохраним ее в файле *mol_b_sph_pit.G3D*. Затем перейдем в модуль «Фурье-3D». Загрузим только что созданный файл геометрии и те же файлы свойств и теплопередачи, что и в предыдущем варианте. Укажем в качестве файлов для сохранения результатов файлы с именем *mol_b_sph_pit.**. Далее выполним собственно расчет.

Теперь загрузим в модуль «Мираж-3D» файл результатов расчета *mol_b_sph_pit.CST* – файл температур. Как и в предыдущих вариантах рассмотрим результаты на 1530-й и 2130-й секундах расчета (рис. 38).

Как видно из (рис. 39), тепловой узел в рабочей зоне перестал быть локальным, а соединился с тепловым узлом в прибыли и смещается к ней по мере затвердевания отливки. Это создает предпосылки к ликвидации мешающей нам усадочной раковины.

Однако проверим это с использованием результатов расчета по пористости. Для этого загрузим в модуль «Мираж-3D» файл mol_b_sph_pit.P3D – файл пористости. Рассмотрим результаты после последнего шага расчета в режиме демонстрации изоповерхности с пористостью 50 % и выше (рис. 40).

Как видно, усадочная раковина в рабочей зоне отливки практически полностью ликвидирована, а пористость в этой зоне не превышает 0,5 %, что вполне допустимо. Таким образом, последняя технология решает поставленную задачу.

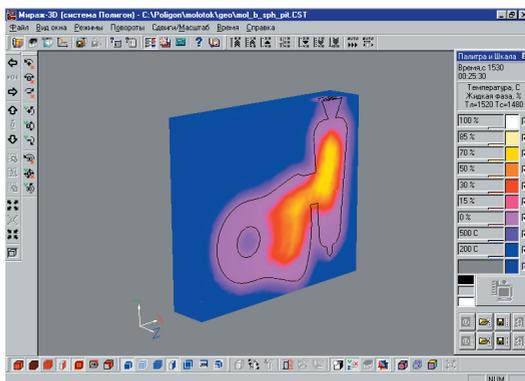


Рис. 38

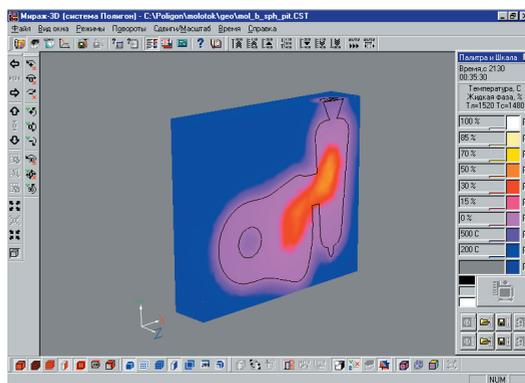


Рис. 39

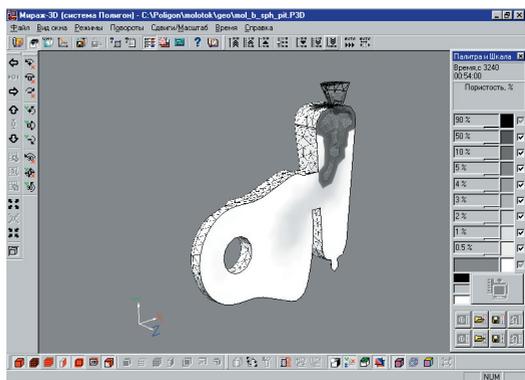


Рис. 40

Библиографический список

1. Система компьютерного моделирования литейных процессов. Первый опыт: Моделирование процесса получения отливки «Молоток»: пособие для пользователя [электронный ресурс] www.focad.ru.

2. Система автоматизированного моделирования литейных процессов «Полигон». Версия 10.0 [электронный ресурс] 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) Санкт-Петербург, 2003.

3. Михалкин, К. С. КОМПАС-3D V6: практ. руководство / К. С. Михалкин, С. К. Хабаров. – М.: Бином-Пресс, 2004. – 288 с. – ISBN 5-9518-0101-X.

4. Потемкин, А. Е. Твердотельное моделирование в системе КОМПАС-3D / А. Е. Потемкин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 512 с. – ISBN 5-94157-472-X.

Оглавление

Предисловие	3
Моделирование молотка	5
1. Постановка задачи	5
2. Импорт базовой модели и работа в модуле «Мастер-3D»	6
3. Назначение исходных данных и работа в модуле «Фурье-3D».....	15
4. Визуализация результатов расчета и работа в модуле «Мираж-3D»	23
5. Корректировка литейной технологии с использованием программы ПОЛИГОН	30
Библиографический список	34

**Методические указания к лабораторным работам
«Информационные технологии в металлургии»**

Составитель
НОВИКОВА ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В. А. Кечин

Подписано в печать 07.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,09. Тираж 100 экз.
Заказ

Издательство
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.