

А.Ю. Шурыгин

канд. техн. наук, доцент,
кафедра «Технология машиностроения»,
Арзамасский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Н.В. Печкорина

инженер,
ОАО «Арзамасский приборостроительный
завод им. П.И. Пландина»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОЧИЩЕННОГО И НЕОЧИЩЕННОГО РАСПЛАВА В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ MAGMASOFT

Аннотация. В статье приведены результаты программного моделирования затвердевания очищенного и неочищенного расплавом в литейной форме, в частности количество жидкой фазы в различные моменты времени, время охлаждения от температуры солидус до температуры ликвидус, критерий Нияма, время окончания кристаллизации, пористость. Проведен анализ влияния очистки расплава на параметры процесса затвердевания.

Ключевые слова: расплав, форма, моделирование, жидкая фаза, время затвердевания, пористость.

**A.Yu. Shurigin, Arzamas Polytechnic Institute (branch) Nizhny Novgorod State Technical University
n.a. R.E. Alexeev**

N.V. Pechkorina, Arzamas Instrument Plant JSC

SIMULATION OF SOLIDIFICATION OF THE PEELED AND UNPEELED MELT IN THE MOLD IN A SOFTWARE MODULE MAGMASOFT

Abstract. The article presents the results of the software simulation of solidification of the peeled and unpeeled melt in the mold, in particular liquid phase at different time points, time solidification from the solidus temperature to the liquidus temperature, criterion Niyama, end time of solidification, porosity. It is shown the influence of the melt refining on the solidification process parameters.

Keywords: melt, mold, simulation, liquid phase, time solidification, porosity.

Применение зернистых фильтров при рафинировании алюминиевых сплавов способствует измельчению их структуры (с грубоигольчатой на мелкодисперсную) и выравниванию содержания химических элементов в сплаве, что обеспечивает получение отливок с более высокими технологическими свойствами, то есть с меньшим количеством дефектов (уменьшение количества пор, раковин и трещин) или их полным отсутствием, и, как следствие, приводит к снижению количества брака в отливках [1].

Эффективным средством комплексной оптимизации литейных технологий еще до изготовления какой-либо формы является программный продукт MAGMASOFT. Применение MAGMASOFT позволяет:

– заметно уменьшить затраты времени на проектирование и техническую подготовку изделий;

– повысить качество отливок и, как следствие, готовых изделий;

– увеличить конкурентоспособность изделий;

– снизить общие затраты времени на производство изделий;

– понизить себестоимость отливок и готовых изделий;

– минимизировать отходы литейного производства, уменьшить материалоемкость;

– значительно уменьшить, а в некоторых случаях полностью исключить брак.

Расчет затвердевания расплава в форме следует за этапом расчета заполнения литейной формы в модуле MAGMASOFT [2]. Показателем затвердевания является количество жидкой фазы в процентном соотношении от общего объема расплава в форме. Данный показатель необходим для определения времени выдержки отливки в форме с целью ее полного затвер-

дения. На рисунках 1–2 предоставлены результаты расчета количества жидкой фазы в разные промежутки времени затвердевания.

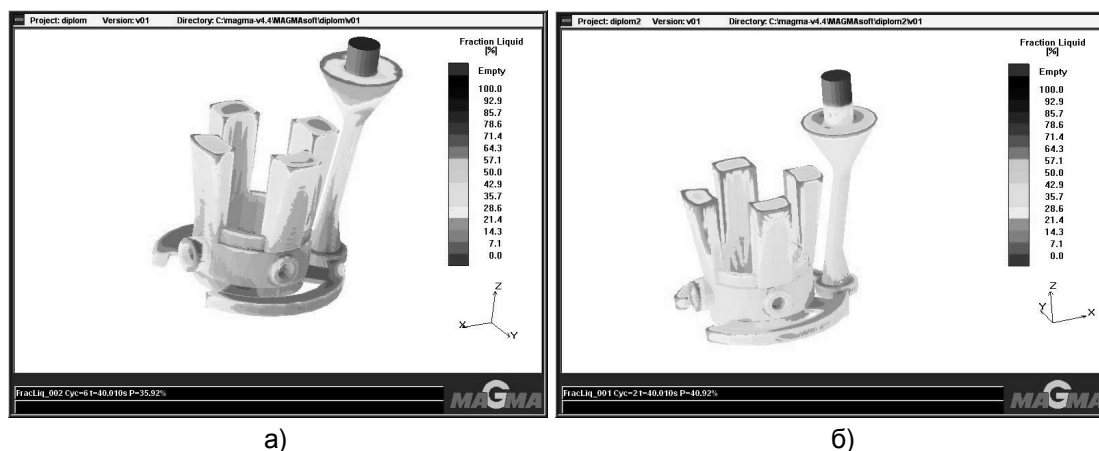


Рисунок 1 – Количество жидкой фазы сразу после окончания заливки расплава в форму для отливки: а) без фильтра; б) с фильтром

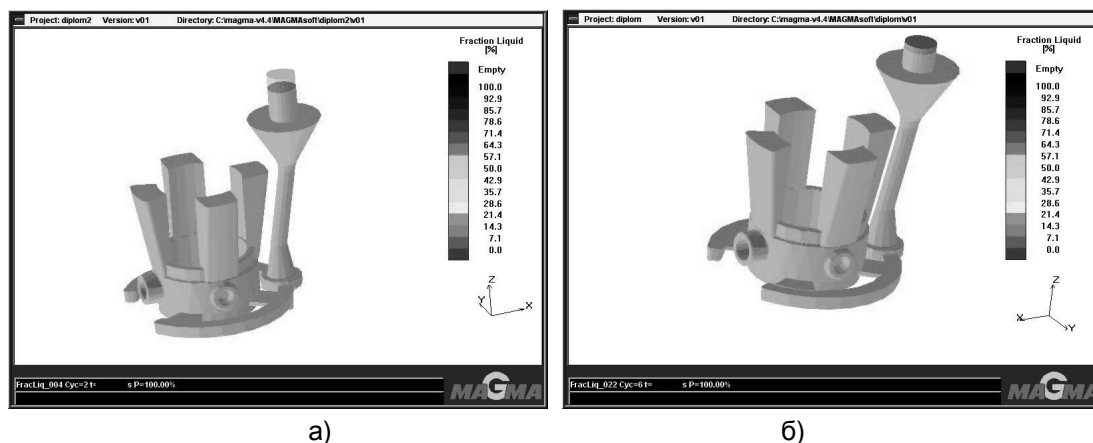


Рисунок 2 – Количество жидкой фазы в отливке:

а) с фильтром (время затвердевания 212,0 с); б) без фильтра (время затвердевания 225,5 с)

По данным расчета видно, что количество жидкой фазы сразу после прекращения заливки расплава в форму у отливки без фильтра несколько больше чем у отливки с фильтром, что обусловлено лучшими механическими свойствами рафинированного сплава. Так же видно, что полное затвердевание отливки с фильтром происходит несколько быстрее, чем у отливки без фильтра, что вызвано теми же причинами. А это в свою очередь приводит к получению лучшей структуры отливки из рафинированного сплава.

Основными критериями при расчете затвердевания формы являются:

- время охлаждения от температуры солидус до температуры ликвидус «LIQTOSOL»;
- критерий Нияма «NIYAMA»;
- время окончания кристаллизации «SOLTIME»;
- пористость «POROSITY».

Критерий «LIQTOSOL» позволяет воспроизвести временной интервал, в течение которого отдельные участки отливки необходимо охладить с температуры начала кристаллизации до температуры окончания кристаллизации (рис. 3). В качестве единицы измерения используется секунда. Области отливки, не попавшие в температурный интервал кристаллизации, воспроизводятся серым цветом (не заполняются).



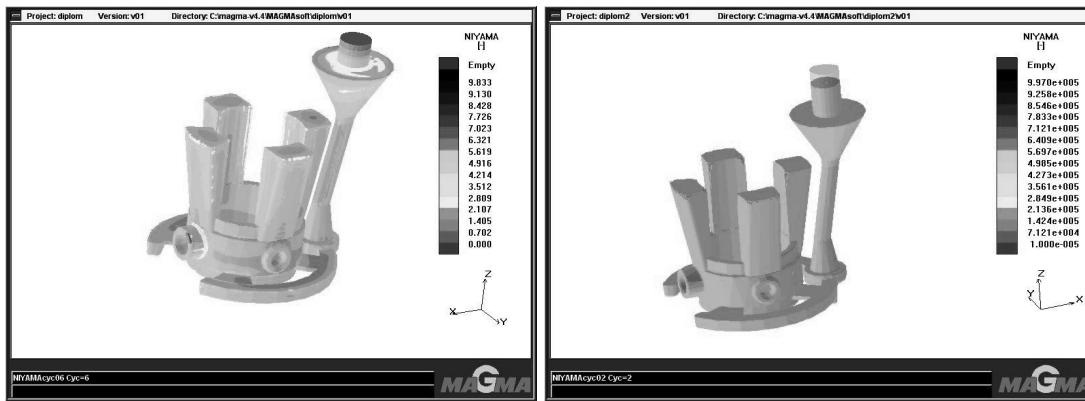
а)

б)

Рисунок 3 – Критерий «LIQTOSOL» для отливки: а) без фильтра; б) с фильтром

Критерий «NIYAMA» показывает взаимосвязь между градиентом (G) и скоростью охлаждения (R). Этот критерий рассчитывается по следующей формуле:

$$NIYAMA = \frac{G}{\sqrt{R}}. \quad (1)$$



а)

б)

Рисунок 4 – Критерий «NIYAMA» для отливки: а) без фильтра; б) с фильтром



а)

б)

Рисунок 5 – Критерий «SOLTIME» для отливки: а) без фильтра; б) с фильтром

С помощью этого критерия можно предсказать центр усадки. В областях, в которых кри-

сталлизация проходит быстро, вблизи должен быть горячий сплав (в результате чего может создаваться высокий градиент), чтобы подпитывать область во время кристаллизации (рис. 4). Дефектные участки, выведенные в граничных областях, не имеют значения.

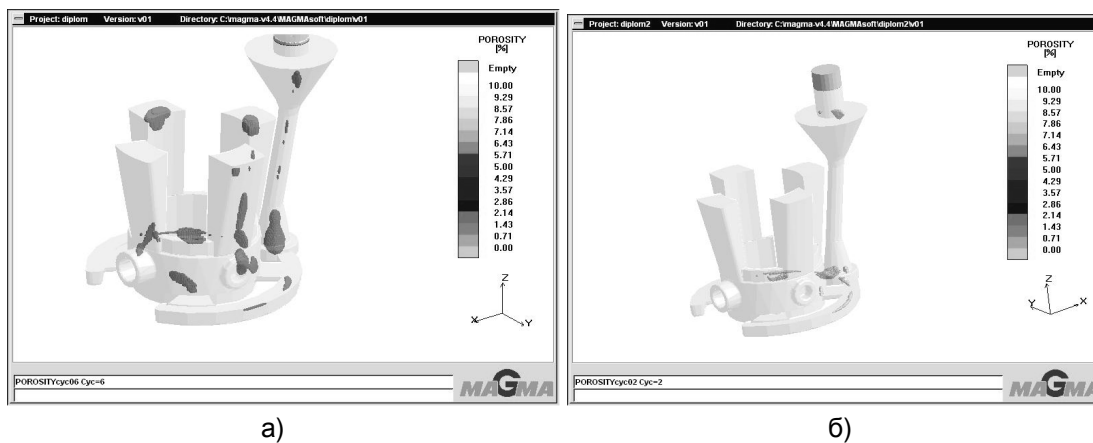


Рисунок 6 – Критерий «POROSITY» для отливки: а) без фильтра; б) с фильтром

Критерий «SOLTIME» (время окончания кристаллизации) воспроизводит время от начала расчета затвердевания до того момента, когда температура падает ниже температуры кристаллизации (рис. 5). В качестве единицы измерения используется секунда.

Критерий «POROSITY» (пористости) выводит на экран пористости в отливке (рис. 6). В качестве единицы измерения используется процент. Не заполненные и соответственно полые (пористые) участки воспроизводятся белым цветом. Для того, чтобы выполнить надежный анализ проблем, обычно рассматриваются несколько критериев.

Сравнивая результаты критериев пористости, видим, что пористость в отливке без фильтра значительно больше, чем в отливке с фильтром.

Анализ процесса затвердевания алюминиевого расплава в форме на основе всех рассмотренных критериев подтверждает эффективность очистки расплава с использованием зернистого фильтра с активированным фильтрующим слоем. Эффективность очистки расплава достигается за счет снижения содержания неметаллических включений, модифицирующего воздействия и улучшения механических свойства отливки.

Список литературы:

1. Шурыгин, А.Ю. Экспериментальные исследования эффективности очистки алюминиевых сплавов с применением зернистых фильтров / А.Ю. Шурыгин, Н.В. Печкорина // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 12-2. – С. 87–91.
2. Шурыгин, А.Ю. Моделирование и анализ заполнения формы очищенным и неочищенным сплавом в программном продукте MAGMASOFT / А.Ю. Шурыгин, Н.В. Печкорина // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 12-2. – С. 84–87.