

УДК 621.74

Р.М.Фаррахов (асп., каф. ФХЛСиП), Ю.А.Щербаков (5 курс, каф. ФХЛСиП),

В.М.Голод, к.т.н., проф.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДОЛИВКИ ПРИБЫЛЕЙ

При изготовлении крупных отливок важнейшим элементом литейной технологии является доливка прибылей, определяющая тепловой режим, процессы питания отливки и формирование плотного металла, а также выход годного как экономический показатель качества разработанной литейной технологии. Существующие в литературе рекомендации по назначению доливок неполны и противоречивы, имеющиеся формулы для определения параметров доливок основаны на обобщении производственных или экспериментальных данных и могут рассматриваться только как грубые оценки, не учитывающие возможность применения новых материалов и технологий (экзотермических смесей, теплоизолирующих засыпок и т.д.).

Для определения оптимальных параметров доливки прибылей и изучения влияния на них особенностей литейной технологии проведена серия вычислительных экспериментов (моделирование процесса затвердевания отливки с помощью программного комплекса POLYCAST [1]), в которых варьировали параметры доливки. Объектами для моделирования выбраны отливки "Шабот" из среднеуглеродистой стали ("ОМЗ Спецсталь") и гребные винты из алюминиевой бронзы (ОАО "Балтийский завод"). По результатам серии строили регрессионные модели с целью оптимизации режима доливок. Оптимизируемым параметром выбрана расчётная глубина раковины.

Для ограничения числа исследуемых факторов, а также с целью сравнения стратегии назначения параметров доливок для разного числа доливок в исследование включены факторы, показывающие интенсивность изменения массы доливок и времени между доливками. Эти интенсивности описаны степенными функциями:

$$h_i = H_{осн} + \frac{H_{np} - H_{осн}}{n^\alpha} i^\alpha, \quad \tau_i = \frac{\tau_{np}}{n^\beta} i^\beta,$$

где h_i , τ_i - уровень доливаемого металла и время от основной заливки для i -ой доливки, соответственно; α и β - интенсивность нарастания высоты доливаемого слоя и времени между доливками, n - число доливок; H_{np} - высота прибыли; $H_{осн}$ - уровень основной заливки; τ_{np} - время последней доливки прибыли.

Время последней доливки определяли в долях от времени затвердевания отливки без доливок τ_3^* :

$$\tau_{np} = B \tau_3^*,$$

где B - коэффициент.

Определение 4-х факторов ($H_{осн}$, α , B , β) позволяет задать режим доливки и сравнить между собой режимы доливок с разным числом доливок и для геометрически и

теплотехнически различных отливок. Для построения регрессионной модели с учётом всех возможных взаимодействий достаточно 16 вычислительных экспериментов.

На рис.1 приведены результаты двух серий вычислительных экспериментов по расчёту затвердевания ступицы гребного винта, различающихся интервалом варьирования факторов $H_{осн}$, α , B , β , при неизменном значении исходного уровня. Наблюдаемое несоответствие во влиянии факторов на глубину раковины при одинаковых матрицах планирования численных экспериментов говорит о существенной нелинейности этого влияния, в связи с чем регрессионная модель не подходит для решения задачи оптимизации, т.е. для определения таких значений $H_{осн}$, α , B , β , при которых глубина раковины будет минимальной.

Для определения оптимальных значений $H_{осн}$, α , B , β с помощью программного модуля, работающего совместно с системой POLYCAST, выбран симплексный поиск как метод, экономичный по затратам временных ресурсов и, одновременно, надёжный при исследовании нелинейных зависимостей.

Основными проблемами реализации симплексного поиска в данном конкретном приложении являются правильный выбор исходной точки и определение рационального масштаба симплекса. Для выбора начальной точки использовали наилучшие результаты выполненных численных экспериментов.

Начальный масштаб симплекса и коэффициент его редуцирования принимали независимыми для разных отливок, исходя из накопленного практического опыта. Опыт оптимизации показывает, что для достижения оптимума достаточно осуществить от 5 до 15 шагов симплекса.

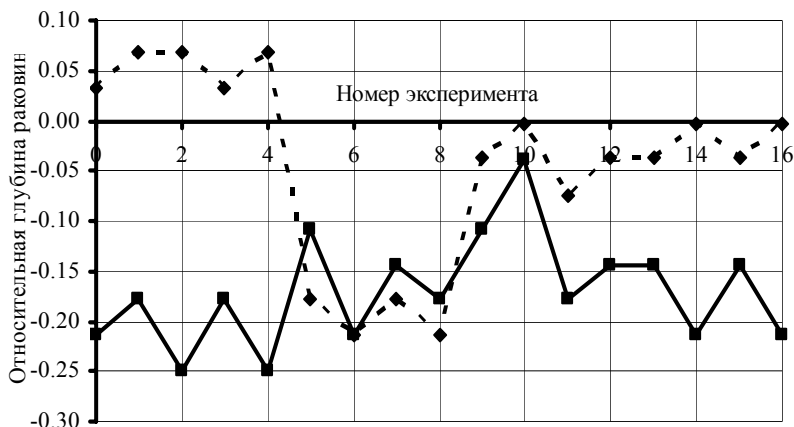


Рис. 1. Относительная глубина усадочной раковины в двух сериях вычислительных экспериментов при разных интервалах варьирования факторов

По результатам исследования можно сделать важные практические выводы:

- принятый в производственной практике уровень основной заливки в 15-40 % от высоты прибыли является завышенным; достаточной является основная заливка до уровня 10-15%;
- наиболее выгодным как с точки зрения экономии металла (уменьшения необходимой высоты прибыли), так и с позиции устойчивости технологического процесса к колебаниям производственных факторов является режим с нарастанием

доливок по массе и времени между доливками; соответствующие значения факторов для исследованных отливок находятся в пределах $\alpha, \beta = 1,8 - 2,2$; $B = 0,20 - 0,25$;

- увеличение числа доливок, производимых за тот же интервал времени, повышает вероятность получения годной отливки, снижая неблагоприятное влияние колебаний технологии (опоздание с доливкой из-за неготовности металла, малый перегрев металла и

т.д.); однако с теплотехнической точки зрения вклад каждой доливки становится менее значимым, поэтому режим с большим количеством доливок не даёт лучших результатов по глубине усадочной раковины, нежели режим с малым числом доливок.

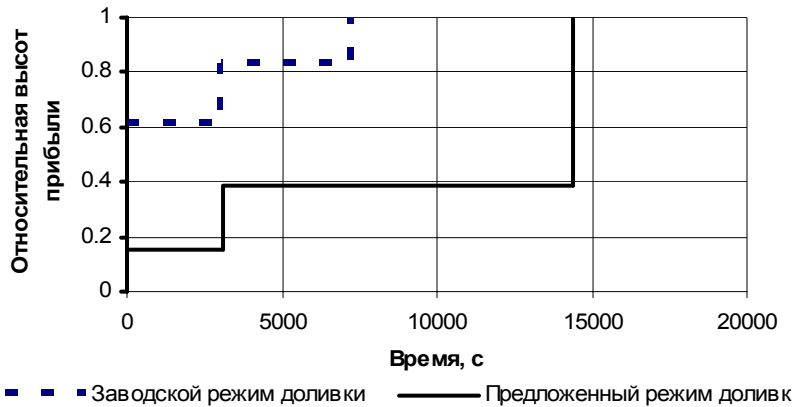


Рис. 2. Сравнение заводского и разработанного режимов доливки прибыли

снижении уровня основной заливки для увеличения массы доливаемого металла и смещении времени последней - наиболее массивной - доливки на период формирования усадочных пустот, чтобы обеспечить их эффективное питание из долитой прибыли.

На основе результатов симплексного поиска и приведённых рекомендаций разработаны режимы доливок, принятые к производственной реализации. На рис. 2 дано сравнение заводской технологии доливки ступицы гребного винта (заливочная масса 16 тонн), забракованной по усадочным пустотам, и успешно реализованной в цеховых условиях. Главное отличие нового режима доливки состоит в

ЛИТЕРАТУРА:

1. Голод В.М. и др. Интегрированная САПР литейной технологии POLYCAST литейного завода КамАЗ // Литейное производство. - 1994. - №10-11. - С.44-47.