

А.А.Щетинин, Л.С.Печенкина А.В.Щетинин, С.В. Жеглов
Воронежский государственный технический университет

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ СПЛАВА НА ОБРАЗОВАНИЕ УСАДОЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В СКМ ЛП «ПОЛИГОНСОФТ»

*Труды 4-й международной научно-практической конференции
«Прогрессивные литейные технологии»*

Под ред. проф. Белова В.Д. –М.: ИД Медпрактика – М, 2007, 280 с. С. 173-177

На предприятиях, имеющих цикл литейного производства, сегодня полагаются преимущественно на практический опыт квалифицированных технологов-литейщиков, которые добиваются положительных результатов при отработке сложных технологий методом проб и ошибок. Использование специалистами главным образом эвристических приемов при решении технологических проблем сопровождается значительными затратами времени и материальных ресурсов.

Для получения бездефектных отливок интуитивно приходится учитывать роль многих факторов в литейных процессах, таких как литейный сплав и его свойства, геометрия отливки и ее расположение в форме, геометрия литниковой системы, температура расплава и скорость заполнения расплавом формы, материал формы и ее предварительный прогрев, управление скоростью теплопередачи через внутренние и внешние поверхности посредством холодильников, покрытий, утеплителей и т.д. Опытные инженеры держат в голове огромный объем эмпирической информации об удачных и неудачных попытках получения отливок.

Компьютерное моделирование литейных технологий за последние годы получило настолько мощное развитие, что сегодня уже можно говорить о реальной экономии времени и материальных ресурсов на этапе проектирования оснастки и геометрии отливки с использованием виртуальных литейных имитаторов.

Для моделирования процесса затвердевания и выявления усадочных дефектов на примере отливки «Корпус насоса» (рис.1) в данной работе применялась система компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «ПолигонСофт», которая позволяет моделировать тепловые процессы при затвердевании; образование раковин, макро- и микропористости; гидродинамические процессы при заливке, а также деформационные процессы для прогноза развития кристаллизационных трещин и т. п. Основной задачей исследований являлось определение влияния химического состава, а следовательно, и свойств материалов на получение плотной структуры отливки специального назначения методом литья по выплавляемым моделям.

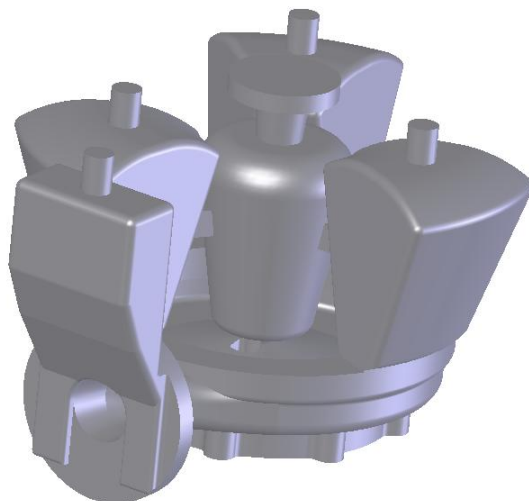


Рис.1. Отливка «Корпус насоса» с литниково-питающей системой

Широкое промышленное значение легированных сталей трудно переоценить: их применяют в аэрокосмической, нефтеперерабатывающей, химической и других отраслях промышленности. Арматура для химической промышленности, коллекторы выхлопных систем, детали печной арматуры, ящики и крышки для травильных корзин и другие детали изготавливаются из сталей 12Х18Н12ТЛ, 12Х18Н9Л, 12Х18Н9ТЛ, 12Х18Н10ТЛ по ГОСТ 977-88 [1].

Помимо стандартных легированных сталей со специальными свойствами существует значительное количество аналогичных сплавов, разработанных в различных отраслях промышленности с учетом специфики эксплуатации изготавливаемых отливок, например 06ХН28МДТЮ. Хромоникелевые сложнолегированные стали обладают практически самым высоким уровнем механических свойств среди легированных конструкционных сталей. Основным легирующим комплексом является Cr и Ni. Для улучшения механических и технологических свойств стали дополнительно легируют титаном, ванадием, молибденом, алюминием. Комплексное легирование стали хромом и никелем позволяет получить мелкозернистую структуру при кристаллизации и фазовой перекристаллизации отливок, увеличить прокаливаемость, что важно при изготовлении толстостенного крупногабаритного литья. Никель способствует повышению пластичности, вязкости, хладостойкости отливок наряду с высокой прочностью. Главным недостатком хромоникелевых сталей является их склонность к отпускной хрупкости. Поэтому, как правило, эти стали легируют молибденом, который устраняет этот недостаток и гомогенизирует литую структуру.

Для сравнения плотности структуры тела отливки в процессе моделирования использовались две марки коррозионных сплавов - 06ХН28МДТЮ и 12Х18Н12ТЛ (табл.1). Сплав 06ХН28МДТЮ относится к коррозионностойким на железо-никелевой основе с содержанием 25% Cr и 28% Ni. Сталь 12Х18Н12ТЛ – коррозионно-, жаростойкая хромоникелевая аустенитного класса с содержанием 18% Cr и 12% Ni. Эти материалы предназначены для изделий, работающих в агрессивных средах и при повышенных температурах. Применение таких сплавов обусловлено условиями работы выбранной для эксперимента отливки.

Таблица 1 – Химический состав, %

Материал отливки	Si	Mn	Cu	Mo	Ni	S	Ti	C	P	Cr
12Х18Н12ТЛ	0,8	2,0	0,3	-	11-13	0,02	0,6-0,7	0,12	0,035	17-19
06ХН28МДТЮ	0,8	0,8	2,5-3,5	2,5-3,0	26-29	0,02	0,5-0,9	0,06	0,035	22-25

Механические свойства сплавов – наиболее объективные показатели ее качества, отражающие эксплуатационные характеристики отливок. Стали аустенитного класса, за редким исключением, характеризуются высокими пластическими характеристиками, вязкостью ($KCU\ 981\ \text{кДж/м}^2$) при средних значениях прочностных свойств (табл. 2).

Таблица 2 – Механические свойства

Материал отливки	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %
12Х18Н12ТЛ	195	490	45	70
06ХН28МДТЮ	195	540	40	55

Для моделирования технологии изготовления отливки в СКМ ЛП «ПолигонСофт» в качестве исходных данных из справочной литературы были выбраны теплофизические свойства указанных марок. Наиболее важными из вводимых параметров являются удельная теплоемкость и теплопроводность (рис. 2), так как учет тепловыделений при фазовых превращениях и теплопередачи на поверхности раздела являются обязательными условиями формирования плотной структуры отливки.

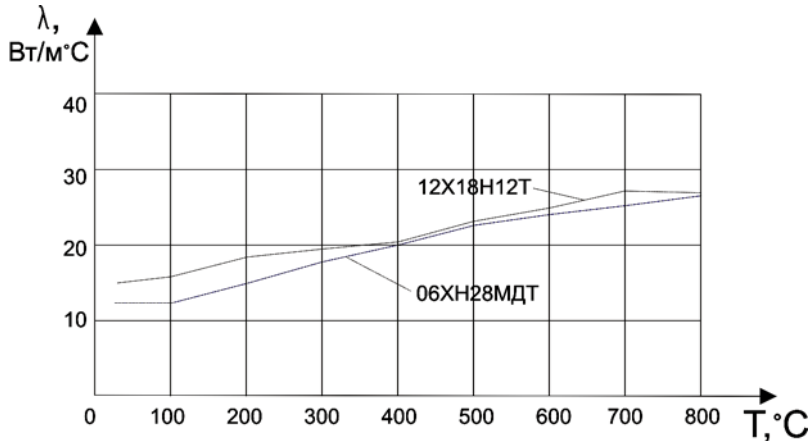


Рис. 2. Зависимость теплопроводности от температуры

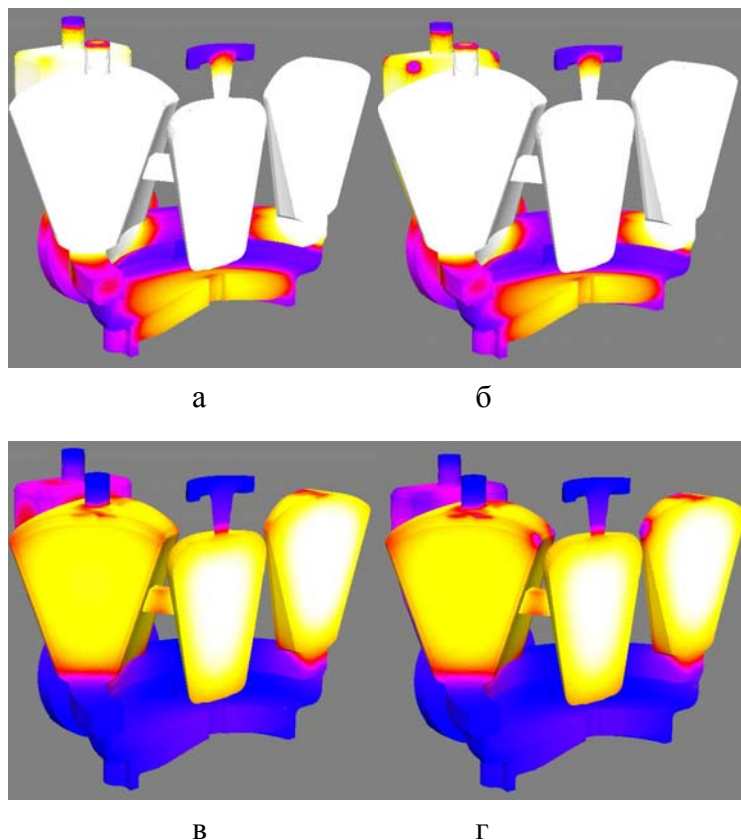


Рис.3. Формирование температурно-фазовых полей
а,б – 1500 секунд после заливки, для 06XН28МДТЮ
и 12X18Н12ТЛ, соответственно; в,г – 2500 секунд

На рис.3. показан процесс формирования температурно-фазовых полей в СКМ ЛП «ПолигонСофт», из которого видно, что затвердевание отливки для стали 12Х18Н12ТЛ идет немного быстрее. Это обусловлено температурой заливки, которая составляет для 12Х18Н12ТЛ - 1570°С, а для 06ХН28МДТЮ - 1590°С. По условиям же формирования отливки эти процессы не отличаются друг от друга.

Формирование усадочных дефектов для обоих материалов происходит также схожим образом. Усадочные раковины формируются в прибыльной части таким образом, что тело отливки получается бездефектным (рис.4). Следует отметить, что усадочные раковины во всех прибылях из стали 06ХН28МДТЮ глубже проникают в массивы прибылей. Это объяснимо также большим перегревом стали.

В процессе моделирования выявлена возможность уменьшения объема прибыли. [2]. Однако, при одинаковых условия работы изделия, следует обратить внимание на стоимость рассматриваемых материалов. Поскольку стоимость Ni во много превышает стоимость Cr, а в стали 06ХН28МДТЮ содержатся также дорогостоящий Mo и увеличенное количество Cu, то возникает необходимость использовать более дешевые компоненты, не нарушая технологического процесса получения качественной отливки.

Таким образом проведенный компьютерный эксперимент показал, что данная технология расположения питающих элементов может использоваться для двух выбранных сплавов. Применение как одного, так и другого материала позволяет получать качественные отливки, поэтому использование той или иной стали должно определяться конкретными условиями работы отливки. Химический состав в рамках данного типа сплавов не оказывает решающего влияния на образование литейных пороков.

Литература

1. Производство стальных отливок / Козлов Л.Я., Колокольцев В.М., Вдовин К.Н. и др./ Под ред. Л.Я.Козлова. – М.: «МИСИС», 2003. – 352 с.
2. Щетинин А.В. Моделирование литейных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов: дис. канд. техн. наук/ Щетинин Алексей Викторович. – М., 2007. – 137 с.