



It is determined that application of nonstick coverings with additives of nanostructured materials in technological process of castings production will enable increase of the casting mold filling degree, reduction of underfilling and seals waste.

Д. М. КУКУЙ, Ю. А. НИКОЛАЙЧИК, БНТУ

УДК 621.74

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАПОЛНЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОТИВОПРИГАРНЫХ ПОКРЫТИЙ С ДОБАВКАМИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящей работе было исследовано влияние противопригарных покрытий, содержащих в своем составе добавки наноструктурированных материалов, на особенности заполнения разовых песчаных форм. Для реализации экспериментов была использована технологическая проба по определению жидкотекучести сплавов (спираль Керри, ГОСТ 16438–70).

Литейные формы «спираль Керри» изготавливали из холоднотвердеющей песчано-смоляной смеси следующего состава: смола карбамидно-фурановая марки КФ-65 – 2,0 мас.%; 50%-ный раствор ортофосфорной кислоты – 1,0 мас.%; кварцевый формовочный песок марки 1К₁О₂02 – остальное. Плоскость разъема и полость спиралевидного канала окрашивали различными защитными покрытиями: на основе композитного наполнителя, состоящего из дистен-силлиманита и наноструктурированного бемита; на основе чистого дистен-силлиманита. Для выполнения сравнительного

анализа в эксперименте участвовала неокрашенная форма. Под заливку собранные и предварительно просушенные литейные формы устанавливали на плацу строго горизонтально, что контролировали уровнем УС-II (ГОСТ 9416–83). Заливку осуществляли серым чугуном марки СЧ20 (ГОСТ 1412–70) при температуре 1320 °С.

Установлено (рис. 1), что использованные противопригарные покрытия оказывают влияние как на процесс заполнения литейной формы расплавом, так и на степень заполнения канала (см. таблицу).

Очевидно, что при одинаковых условиях эксперимента (химический состав сплава, температура заливки, материал литейной формы, величина гидростатического напора и др.) противопригарные покрытия влияют, в первую очередь, на временной промежуток пребывания расплава в жидком состоянии при его движении по спирали Керри, т. е. на условия контактного теплообмена между отливкой и литейной формой.

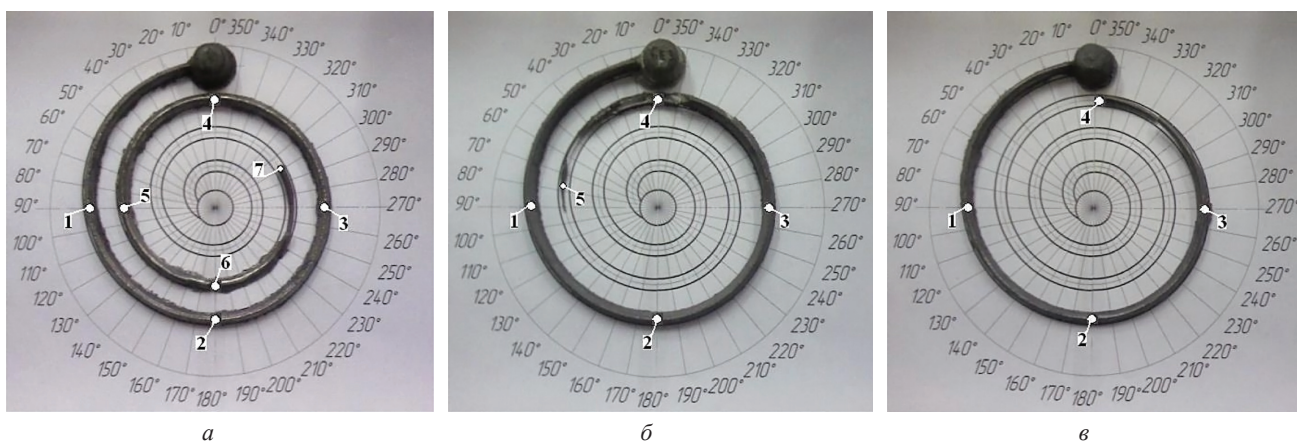
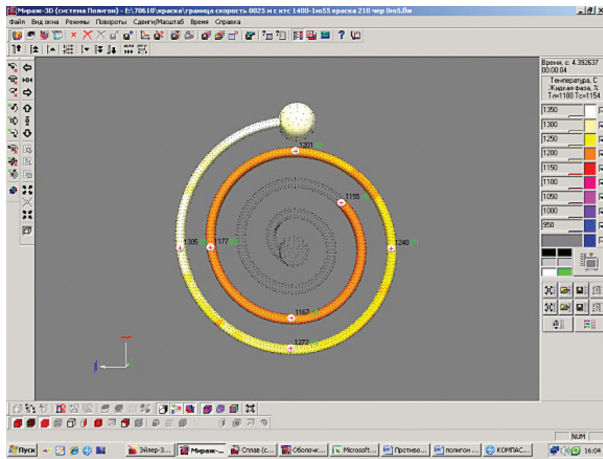
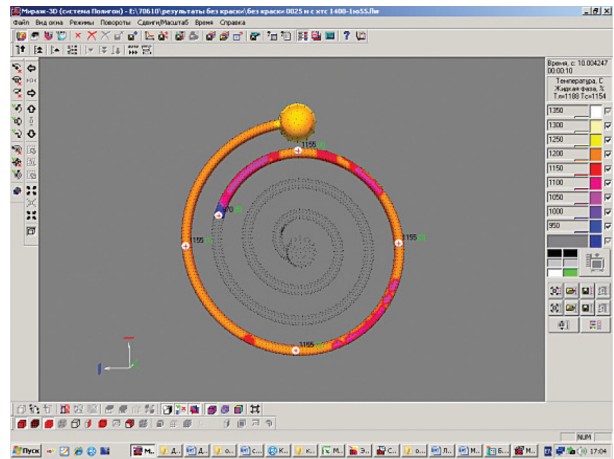


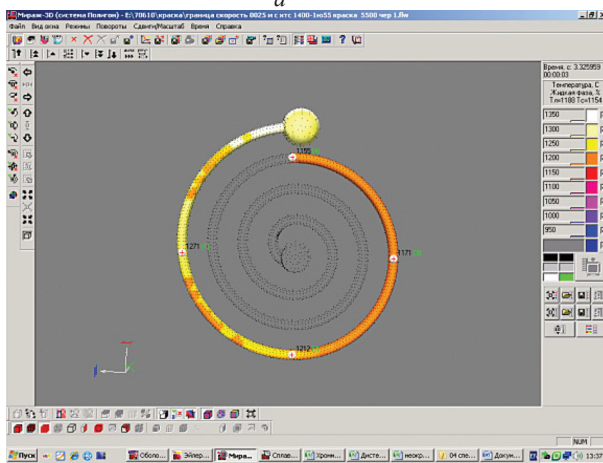
Рис. 1. Спирали Керри, полученные при использовании противопригарных покрытий: а – спираль, полученная при использовании противопригарного покрытия с добавками наноструктурированного бемита; б – спираль, полученная при использовании противопригарного покрытия на основе дистен-силлиманита; в – спираль, полученная в неокрашенную форму



а



б



в

Рис. 2. Результаты моделирования процесса заполнения расплавом спирали Керри, полученные при использовании противопригарных покрытий: а – противопригарное покрытие с добавками наноструктурированных материалов; б – противопригарное покрытие на основе дистен-силлиманита; в – неокрашенная форма

Результаты экспериментов по заполнению литейной формы

Литейная форма	Угол, пройденный расплавом, град	Длина пути, пройденного расплавом, мм
Окрашена противопригарным покрытием с добавками наноструктурированного бемита	662	851
Окрашена противопригарным покрытием на основе дистен-силлиманита	453	661
Не окрашена	356	524

С целью установления факторов, влияющих на процесс заполнения, было выполнено компьютерное моделирование при начальных и граничных условиях, аналогичных натурному эксперименту. Анализ физических процессов осуществляли при помощи системы СКМ «Полигон V12.1».

Результаты моделирования показывают (рис. 2), что наличие противопригарных покрытий в контактной зоне снижает скорость падения температуры расплава при его движении по спирали Керри, что и обуславливает более высокие показатели заполняемости (для противопригарного покрытия с добавками наноструктурированного бемита на

327 мм больше, чем в неокрашенной форме и для дистен-силлиманитового противопригарного покрытия на 137 мм больше, чем в неокрашенной форме).

При этом анализ динамики изменения температуры неокрашенной формы (рис. 3) в контрольных точках спирали (рис. 1, в, точки 1, 2, 3, 4) с координатами 90° ($L = 154$ мм), 180° ($L = 284$ мм), 270° ($L = 397$ мм), 360° ($L = 529$ мм) соответственно показывает, что расплав движется неравномерным пульсирующим потоком. В процессе заполнения до полной остановки расплава ($\tau = 3,32$ с) амплитуда колебаний температуры носит экстремальный характер и достигает максимальных значений в короткие промежутки времени. В контрольной точке 1 наблюдаются два отчетливых пика (кривая 1, рис. 3), характеризующих колебательный характер процесса заполнения. После увеличения температуры расплава до температур, близких к температуре заливки, практически мгновенно (за 0,2 с) происходит ее падение на 81°C , а затем повышение за 0,69 с на 38°C . Аналогичные колебания температуры наблюдаются и в контрольной точке 2 (кривая 2, рис. 3), однако их амплитуда существенно меньше, чем в точке 1 (паде-

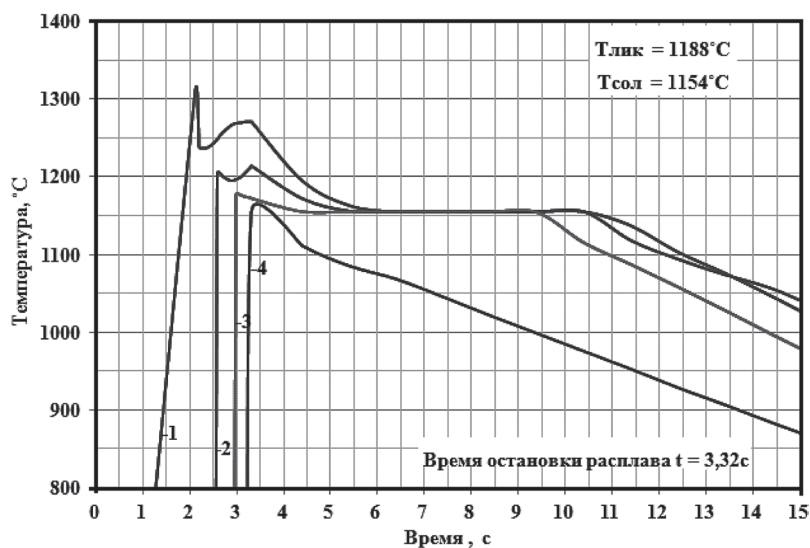


Рис. 3. Динамика изменения температуры в контрольных точках на спирали Керри в неокрашенной форме: 1 – контрольная точка с координатой 90° ($L = 154$ мм); 2 – контрольная точка с координатой 180° (284 мм); 3 – контрольная точка с координатой 270° ($L = 397$ мм); 4 – контрольная точка остановки расплава с координатой 360° ($L = 529$ мм)

ние температуры – 16°C , а последующий рост – 25°C).

В контрольной точке 3 температура достигает значений ($t = 1180^\circ\text{C}$), близких к температуре ликвидус расплава, и повторных колебаний не наблюдается. Движение расплава продолжается до температуры солидус (точка 4). После его остановки пульсации температуры отсутствуют и она монотонно убывает. Таким образом, механизм заполнения неокрашенной спирали Керри можно представить следующим образом. В период времени от 0 до 2,1 с поток расплава, поступаая из литниковой системы, под действием гидростатического напора перемещается в спиральном канале на некоторую максимальную длину. Головная часть потока, соприкасаясь с холодными стенками формы, интенсивно охлаждается. При этом, согласно [1, 2], в пристеночном слое в некоторый промежуток времени начинается образование тонких пленок металла на мениске, которые ломаются движущимся потоком и захватываются им. Результаты моделирования (рис. 3) показывают, что повышение вязкости расплава, связанное со скачкообразным падением температуры, происходит в промежуток времени от 2,1 до 2,3 с. В результате этого интенсивное развитие получает процесс кристаллизации на мениске, который приводит к падению скорости и резкому замедлению потока. Практически мгновенное изменение скорости движения головной части расплава вызывает быстрое нарастание напора и приводит к эффекту гидравлического удара, что обуславливает повторный скачок температуры в период от 2,3 до 2,98 с. Можно полагать, что возникшая при торможении потока корочка твердого металла разламывается вновь ускоряю-

щимся потоком, поступающим из литниковой системы. В промежуток времени от 2,98 до 3,2 с скорость потока существенно замедляется и при достижении необходимого количества твердой фазы на мениске поток полностью останавливается.

В результате моделирования установлено, что при наличии в контактной зоне противопригарного покрытия (рис. 4, 5) характер движения жидкости значительно изменяется. Время пребывания расплава в жидком состоянии увеличивается на 0,39 с при использовании противопригарного покрытия на основе дистен-силлиманита и на 1,19 с для противопригарного покрытия с добавками наноструктурированного бемита, что позволяет получить лучшие результаты по заполняемости литейной формы (см. таблицу). Характерные пики пульсации температуры сглаживаются и нивелируются во времени. При использовании противопригарного покрытия на основе дистен-силлиманита колебания температуры более отчетливо просматриваются (рис. 4), чем при использовании противопригарного покрытия с добавками наноструктурированного бемита (рис. 5). Это говорит о том, что разрушающее действие гидравлического удара сведено к минимуму при использовании противопригарного покрытия на основе чистого дистен-силлиманита и практически отсутствует при использовании противопригарного покрытия с добавками наноструктурированного бемита.

Можно полагать, что такие изменения скорости падения температуры обусловлены в первую очередь тем, что противопригарные покрытия создают в контактной зоне определенное термическое сопротивление тепловому потоку, направленному

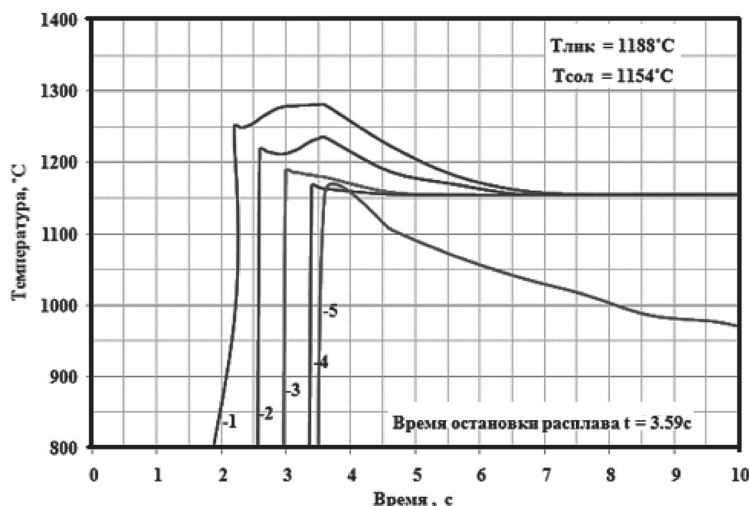


Рис. 4. Динамика изменения температуры в контрольных точках на спирали Керри в форме, окрашенной противопопригарным покрытием на основе дистен-силлиманита: 1 – контрольная точка с координатой 90° ($L = 154$ мм); 2 – контрольная точка с координатой 180° (284 мм); 3 – контрольная точка с координатой 270° ($L = 397$ мм); 4 – контрольная точка с координатой 360° ($L = 529$ мм); 5 – контрольная точка остановки расплава с координатой 453° ($L = 661$ мм)

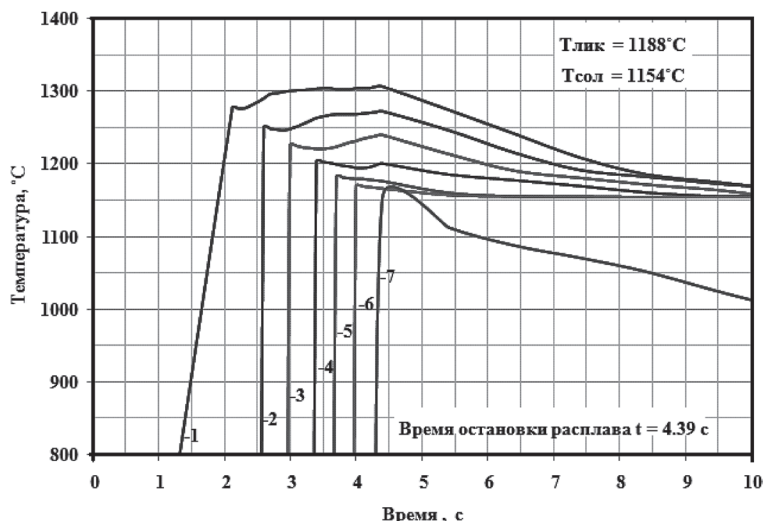


Рис. 5. Динамика изменения температуры в контрольных точках на спирали Керри в форме, окрашенной противопопригарным покрытием с добавками наноструктурированного бемита: 1 – контрольная точка с координатой 90° ($L = 154$ мм); 2 – контрольная точка с координатой 180° (284 мм); 3 – контрольная точка с координатой 270° ($L = 397$ мм); 4 – контрольная точка с координатой 360° ($L = 529$ мм); 5 – контрольная точка с координатой 450° ($L = 636$ мм); 6 – контрольная точка с координатой 540° ($L = 742$ мм); 7 – контрольная точка остановки расплава с координатой 662° ($L = 851$ мм)

от расплава в литейную форму, которое определяется эффективным коэффициентом теплопередачи α . Для противопопригарного покрытия с добавками наноструктурированного бемита такое термическое сопротивление выше, чем у противопопригарного покрытия на основе чистого дистен-силлиманита. В результате моделирования установлено, что для противопопригарного покрытия на основе дистен-силлиманита коэффициент α составил $318 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а для противопопригарного по-

крытия с добавками наноструктурированного бемита – $187 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Таким образом, применение противопопригарных покрытий с добавками наноструктурированных материалов в технологическом процессе изготовления отливок будет способствовать увеличению степени заполнения литейной формы и, как следствие, снижению брака по недоливам, неслитинам, слямам, особенно характерным при изготовлении тонкостенных отливок.

Литература

1. Винокуров В. К. Механизм движения жидкого металла в литейных формах тонкостенных отливок. Мн.: Высш. шк., 1972. Вып.2. С 39–42.
2. Дорожко И. В. Исследование влияния процесса микролегирования на жидкотекучесть чугуна: Автореф. ... канд. техн. наук. Мн., 1981.