

Перспективным следует считать использование таких материалов для оптимизации процессов разлива и кристаллизации расплава на слабых МНЛЗ.

Выводы. Промышленные исследования показали, что независимо от способа получения нанопорошковых материалов введение нанопорошков-инокуляторов в промежуточный ковш машины непрерывного литья заготовок является предпочтительным и обеспечивает высокую технологичность модифицирования металла по сравнению с подачей материала в кристаллизатор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комшуков В.П., Черепанов А.Н., Протопопов Е.В.

и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2008. № 8. С. 10, 11.

2. Плазмохимический синтез ультрадисперсных порошков и их применение для модифицирования металлов и сплавов / В.П. Сабуров, А.Н. Черепанов, М.Ф. Жуков и др. – Новосибирск: Наука, 1995. – 344 с.
3. Гальченко Н.К., Самарцев В.П., Колесников К.А., Фойгт Д.Б. – В кн.: Сборник трудов Международной конференции по физической мезомеханике, компьютерному конструированию и разработке новых материалов. – Томск: ИФПМ СО РАН, 2009. С. 482, 483.
4. Комшуков В.П., Черепанов А.Н., Протопопов Е.В. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2008. № 10. С. 21 – 24.

© 2012 г. С.В. Фейлер, А.Н. Черепанов,
Е.В. Протопопов, Р.Ф. Калимуллин
Поступила 31 октября 2012 г.

УДК 669.046:62 – 503.5

Г.В. Макаров, В.Ф. Евтушенко

Сибирский государственный индустриальный университет

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДОБИЯ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПО КОНТРОЛИРУЕМЫМ ВОЗМУЩЕНИЯМ*

Обеспечение подобия систем управления натурным объектом и его физической моделью, как это было показано ранее¹, связано с выполнением условия $\varphi_w^o(s) = \varphi_w^\Phi(s)\varphi_k(s)$, где φ_w – оператор преобразования контролируемых возмущений w_k ; φ_k – корректирующий оператор; индексы «о» и «ф» означают принадлежность натурному объекту и физической модели, а индекс «и» – принадлежность каналу преобразования контролируемых возмущений.

Для проверки этого положения проводили численное моделирование при следующих условиях. Известны математические модели двух систем регулирования по контролируемым возмущениям, одна из которых рассматривалась как система регулирования натурального объекта, а другая – как физической модели. Математическая модель каналов преобразования контролируемых возмущений и регулирующих воздействий представлена в виде последовательного соединения инерционного звена первого порядка и звена чистого запаздывания. Коэффициенты моделей изменялись в следующих пределах: $0,1 \leq k^o = k^\Phi \leq 1$; $100 > T^o < 500$ и $20 < T^\Phi > 100$; $10 > \tau^o > 50$ и $2 < \tau^\Phi > 10$; здесь k , T и τ – соответственно коэффициент передачи, постоянная времени и время чистого запаздывания (в секундах).

Объект подвержен влиянию неконтролируемых возмущений, приведенных к регулируемому входу.

Контролируемые и приведенные возмущения представляли суммой детерминированной и случайной составляющих. Значения приведенных возмущений изменяли в диапазоне $1 \div 5\%$ от среднего уровня контролируемых возмущений. Эффективность работы систем оценивали среднемодульной ошибкой регулирования. Моделирование проводили как при введении корректирующего оператора φ_k , так и без него. Этот оператор, полученный из приведенного выше условия, представляет собой последовательное соединение интегро-дифференцирующего звена и звена запаздывания, либо упредителя в зависимости от $\delta\tau = \tau_u - \tau_w$, где индекс «и» – означает принадлежность каналу преобразования регулирующих воздействий.

Значения коэффициентов T и τ изменяли с шагом, равным $0,5$ с для времени чистого запаздывания, и 5 с для постоянной времени. Значения контролируемых возмущений для обеих систем были одинаковы. Расчеты проводили при различных соотношениях коэффициентов T_w , T_u , τ_w и τ_u .

Из результатов моделирования следует. Без корректирующего оператора φ_k отклонения среднемодульных ошибок регулирования обеих систем друг от друга изменялись в диапазоне $40 - 200\%$. С этим оператором значения среднемодульных ошибок регулирования обеих систем при отсутствии неконтролируемых возмущений практически совпадали, а при их наличии – не превышали пятипроцентного уровня, что подтверждает подобие рассмотренных систем при выполнении условия $\varphi_w^o(s) = \varphi_w^\Phi(s)\varphi_k(s)$.

* Работа выполнена в рамках государственного задания № 7.4916.2011 Министерства образования и науки на выполнение СибГИУ научно-исследовательских работ.

¹ Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф., Зельцер С.Р. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2010. № 11. С. 65 – 67.

© 2012 г. Г.В. Макаров, В.Ф. Евтушенко
Поступила 26 октября 2012 г.