

УДК 669.184

**В.С.Богушевский, докт. техн. наук, профессор, В.Ю.Сухенко, канд. техн. наук,
К.Д. Карастамати**

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина

РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГРАНУЛЯЦИИ ШЛАКОВОГО РАСПЛАВА

**V.S. Bogushevskii, Dr., Prof., V.Yu. Sukhenko, Ph.D, K.D. Karastamati
CONTROL OF MELTED SLAG GRANULATION PROCESS**

Продукцией доменных цехов является чугун, шлак та доменный газ. Эффективное доменное производство предполагает 100 % использование как чугуна, так и шлака. В настоящее время шлак на металлургических комбинатах используется только на 70 – 80 %. Доменные шлаки широко применяются как сырье для производства разных строительных материалов: цемента, связывающих веществ, растворов и бетонов, шлаковой ваты, дорожной брусчатки и других материалов. Основную часть огненно-жидкого шлака (> 50 %) подвергают грануляции, т.е. быстрому охлаждению водой или воздухом с получением мелких твердых зерен шлака (гранул). Их используют для производства цемента и известково-связывающих веществ [1].

Получение шлаковой продукции с заданными свойствами связано с поддержанием определенного режима охлаждения шлакового расплава водой [2, 3]. На практике же количество воды подают с избытком.

Целью настоящих исследований является минимизация расхода воды и повышение надежности работы гидрожелобной установки.

Для расплава с определенной температурой и интенсивностью его подачи можно установить минимальный расход воды, необходимый для охлаждения расплава до заданной температуры. При изменении температуры шлакового расплава и сохранении интенсивности его подачи и расходе охлаждающей воды температура гранулированного шлака будет отличаться от заданной. В этом случае для поддержания заданной температуры гранулированного шлака необходимо установить новый расход охлаждающей воды, равный

$$V_{31} = V_3 + k_1(t_{ш} - t_3),$$

(1)

где V_{31}, V_3 – соответственно новый и минимальный расход охлаждающей воды, м³/мин; k_1 – коэффициент пропорциональности, м³/(мин · °С); $t_{ш}, t_3$ – соответственно фактическая и заданная температура шлака, °С.

Однако вода на гидрожелобных установках используется не только для охлаждения расплава, но также для его диспергирования и транспортировки по желобу. Анализ условий диспергирования и транспортировки позволяет установить минимальный дополнительный расход охлаждающей воды к требуемому для охлаждения расплава.

Интенсивность диспергирования (хрупкого разрушения) зависит главным образом от вязкости данного расплава, расхода (скорости удара струй) воды и ее удельного расхода. Для определения диапазона изменения параметров шлака, пригодного к грануляции, при повышении вязкости расход воды, при котором наступает разрушение, уменьшается. В первом приближении зависимость между расходом охлаждающей воды, необходимым для диспергирования шлакового расплава, можно принять в виде

$$V_{32} = k_2 V_0 \vartheta_{отн}, \quad (2)$$

где V_{32} – расход охлаждающей воды, необходимый для диспергирования шлакового

расплава, м³/мин; k_2 – коэффициент, характеризующий влияние на величину расхода воды, необходимого для диспергирования, интенсивности слива шлакового расплава (изменяется от 0,9 для интенсивности слива 4 т/мин до 1,1 для интенсивности слива 10 т/мин); V_0 – величина расхода воды, необходимого для диспергирования, расплава с вязкостью ϑ_0 . Здесь

$$\vartheta_{\text{отн}} = \frac{\vartheta_0}{\vartheta}, \quad (3)$$

где $\vartheta_{\text{отн}}$ – относительное значение вязкости; ϑ – вязкость шлакового расплава, Па·с.

Для измерения вязкости в футеровку ковша, со стороны противоположной сливному носку, запрессовывают два металлических стержня, отстоящих друг от друга по высоте на расстоянии 200 мм. В течение слива шлака с заданной интенсивностью нарушается контакт сначала с первым стержнем, а затем со вторым. Промежуток времени между этими отключениями характеризует относительную вязкость шлака [4].

Условия транспортировки должны исключать закупорку (закозление) желоба. Известна зависимость между критическим напором воды на выходе из насадки и удельным расходом расплава (количество расплава на 1 м³ воды). В зависимости от величины последнего следует выбирать напор воды P , превышающий критический, при котором возможна закупорка желоба. С учетом того, что расход $V \approx \sqrt{P}$, можно установить минимально необходимый для транспортировки расход воды, который в первом приближении можно определить из выражения

$$V_{33} = k_3 + k_4 \frac{Q_{\text{шл}}}{V}, \quad (4)$$

где V_{33} – минимально необходимый для транспортировки расход воды, м³/мин; k_3 , k_4 – коэффициенты; $Q_{\text{шл}}$ – интенсивность слива шлакового расплава, т/мин; V – текущий расход воды, м³/мин.

Значение величин k_1 , V_0 , k_3 , k_4 – зависят от типа гидрожелобной установки и определяются опытным путем.

В процессе функционирования устройства при регулировании расхода воды учитываются величины расходов, необходимые для охлаждения расплава, его диспергирования и транспортировки. Управление проводится по наибольшему расходу, определенному в (1), (2) и (4).

Регулирование процесса грануляции шлакового расплава позволяет сократить удельный расход воды в 1,5 – 2 раза, а также снизить время простоев гидрожелобной установки на 10 %.

Литература

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д.Ф.Чернега, В.С.Богушевський, Ю.Я.Готвянський та ін.; За ред. Д.Ф.Чернеги, Ю.Я.Готвянського. – К.: Вища школа, 2006. – 503 с.
2. Гиндис Я.П. Устройство для автоматизированного управления процесса слива шлаков из ковшей. *Металлург*, 1987, № 3, с. 18 – 19.
3. Патент Японии № 62-30645, кл. С 07 В 6/02, 1985.
4. Богушевский В.С. Устройство определения массы шлака в ковше. Материалы IV международной научно-практической конференция МЕТАЛЛУРГИЯ-2015, 26-28 мая, г. Запорожье, с. 277 – 279.