

О важности математического моделирования современных металлургических процессов и необходимости построения математической модели ЭШТП с учётом нелинейности процесса

На сегодняшний день широко применяются автоматизированные системы для металлургических процессов, но для ЭШТП таких систем мало, и они не учитывают все критерии процесса. Предложено рассматривать электрические режимы и свойства установки ЭШТП как объекта управления с учётом нелинейности процесса.

Ключевые слова: электрошлаковая тигельная плавка (ЭШТП), математическое моделирование, электрический режим, нелинейность процесса, шлаковая ванна

Введение. В различных отраслях промышленности широко применяются прогрессивные электрошлаковые технологии. Электрошлаковая тигельная плавка (ЭШТП) является одной из таких технологий, которая позволяет утилизировать металлоотходы – стружку (отработавших свой срок детали), обрезь. Также технология является весьма простой в эксплуатации, энергосберегающей и ресурсосберегающей [1].

Однако эффективная реализация ЭШТП с получением высокого и стабильного качества металла может быть достигнута лишь при высоком уровне автоматического управления процессом, что невозможно осуществить без отсутствующих на сегодняшний день достоверных сведений о свойствах установки ЭШТП как объекта управления (ОУ).

Кроме того, существующие методы выбора электрического режима ЭШТП не предусматривают оптимизацию процесса, что снижает эффективность процесса ЭШТП в комплексе с электрошлаковым кокильным литьём (ЭКЛ), фасонным электрошлаковым литьём (ФЭЛ), центробежным электрошлаковым литьём (ЦЭШЛ).

Потому заслуживает внимания применение математического моделирования для получения важной информации относительно рациональных параметров рассматриваемого процесса ЭШТП в производстве металла и получения качественных литых изделий.

За последние годы развитие вычислительной техники, а именно ЭВМ существенно расширило возможности математического моделирования различных процессов получения изделий на основе ЭШТП [2].

Таким образом, для оптимизации работы установки ЭШТП, как ОУ, необходимо составить правильную математическую модель процесса, также разработать метод выбора оптимального электрического режима установки ЭШТП, что является необходимым и актуальным в связи с нехваткой данных моделей и их реализации в автоматических системах управления технологическим процессом ЭШТП (АСУ ТП ЭШТП).

Анализ АСУ ТП установок ЭШТП. Изучив построенную на базе установки УШ-148 АСУ ТП ЭШТП Ин-

ститута электросварки НАН Украины им. Е. О. Патона, можно заметить, что комплекс оборудования для ЭШТП на основе тигельной плавки представляет собой многопозиционную технологическую линию, где последовательно выполняются основные технологические операции: накопление жидкого металла, его переливание в кокиль или в центробежную машину с последующим формированием готового изделия [1].

Но как было обнаружено, особого внимания требуют электрические режимы ЭШТП, которые принципиально отличаются от таковых при классическом электрошлаковом процессе в охлаждаемых кристаллизаторах. Коренное отличие электрошлаковой плавки в режиме накопления жидкого металла состоит в том, что полностью снимается ограничение по глубине металлической ванны, существующее при электрошлаковом переплаве (ЭШП) и электрошлаковом литье (ЭШЛ). Наоборот, при ЭШТП объём ванны жидкого металла должен быть максимально возможным. Однако повышать мощность, выделяемую в шлаковой ванне при ЭШТП выше некоторого предела, также нецелесообразно, так как чрезмерный перегрев металла и шлака в процессе плавки может вызывать значительный угар легкоокисляющихся элементов, входящих в состав переплавляемого металла, и резко повышать износ огнеупорной футеровки. Кроме того, должно неукоснительно соблюдаться основное условие литейной технологии – минимально возможный перегрев металла перед заливкой форм. Поэтому выбранный режим ЭШТП должен обеспечить к моменту накопления заданного количества металла и требуемую для его разлива температуру.

Обеспечение и стабилизация необходимых температурных режимов осуществляются с помощью соответствующего подбора электрических режимов плавки – напряжения на шлаковой ванне и тока переплава. Для управления ЭШТП в качестве определяющего параметра целесообразно выбирать либо температуру поверхности шлаковой ванны в фиксированной точке вблизи расходоуемого электрода, либо непосредственно температуру жидкого металла.

Правильный подбор температурного режима ЭШТП даёт возможность поддерживать необходимую

температуру металла в плавильном тигле, исключая как образование настыва на его дне, так и выплавление подового электрода. При этом количество выливаемого в форму металла практически полностью соответствует массе расплавленной части электрода (или массе загруженной в тигель шихты).

Результаты. При разработке высокоэффективной АСУ ТП ЭШТП основная задача состоит в правильном подборе регулировочной характеристики ЭШТП. Исследования показали, что процесс ЭШТП является нелинейным объектом. Это обосновывается тем, что практически все параметры, входящие в рассмотренную модель уравнения физики процесса ЭШТП оцениваются косвенно, а в ряде случаев заменяются приближёнными оценочными значениями. Исходя из этого, главная задача состоит в том, чтобы учесть нелинейность процесса ЭШТП, а особенно всех параметров, которые описывают шлаковую ванну, так как она обладает существенной нелинейностью.

Рассмотрев электрические режимы ЭШП можно предположить, что регулировочная характеристика АСУ ТП ЭШП может быть представлена в виде совокупности электрической характеристики, описывающей процессы в электрической цепи независимо от электротехнологических режимов установки, и зависимости величины междуэлектродного промежутка от сопротивления шлаковой ванны, отражающей влияние электротехнологических режимов ванны на её электрический режим.

В установках электрошлакового переплава нелинейностью шлаковой ванны часто можно пренебречь, что в значительной мере упрощает расчёты электрических режимов печей такого типа. В установках электрошлаковой тигельной плавки ванна обладает существенной нелинейностью, и поэтому возможность такого упрощения требует специального анализа.

Проявление нелинейности из-за высокой инерционности процессов преобразования электриче-

ской энергии в тепловую различно при разных скоростях изменения режимов. С этой точки зрения все задачи управления установками ЭШТП можно разделить на 2 группы: статические, связанные с выбором оптимальных режимов плавки и динамические, связанные с анализом быстро изменяющихся режимов (например, при автоматическом регулировании режимов).

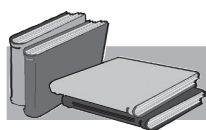
Так как преобразователем электрической энергии в тепловую в электрошлаковой тигельной печи является шлаковая ванна, в ней проходят сложные электрические, тепловые, магнитогидродинамические процессы.

Потому для составления математической модели процесса необходимо рассмотреть характер теплообмена в ванне и распределение тепловых потоков в ней. Составить математическую модель процесса ЭШТП, построенную на основе метода интегрального теплового баланса, которая отражает взаимосвязь между основными показателями плавки и технологическими параметрами процесса, провести специальный анализ с использованием интеллектуальных систем управления нелинейными объектами.

Выводы

Для оптимизации работы установки ЭШТП как объекта управления необходимо составить правильную математическую модель процесса, а также разработать метод выбора оптимального электрического режима установки, что является необходимым и актуальным в связи с нехваткой данных моделей и отсутствием их реализации в АСУ ТП ЭШТП.

Процесс ЭШТП является нелинейным процессом. Особенно существенной нелинейностью обладает шлаковая ванна. Поэтому для построения математической модели АСУ ТП ЭШТП требуется специальный анализ с использованием интеллектуальных систем управления нелинейными объектами.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Медовар Б. И.* Электрошлаковая тигельная плавка и разливка металла / Б. И. Медовар, В. Л. Шевцов, В. М. Мартын и др. Под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара; АН УССР, Ин-т электросварки им. Е. О. Патона. – Киев: Наукова думка, 1988. – 170-175 с.
2. *Махненко В. И.* Математическое моделирование процессов укрепления слитков из высоколегированных сталей и сплавов способом электрошлаковой наплавки жидким металлом в токоподводящем кристаллизаторе / В. И. Махненко, Л. Б. Медовар, В. Я. Саенко, Т. В. Королева, А. А. Полишко // Современная электрометаллургия : Международный научно-теоретический и производственный журнал НАН Украины. Институт электросварки им. Е. О. Патона. – 2008. – № 4. – С. 30-37.

Анотація

Іванова О. С.

Про важливість математичного моделювання сучасних металургійних процесів та необхідності побудови математичної моделі ЕШТП з урахуванням нелінійності процесу

На сьогоднішній день широко застосовуються автоматичні системи для металургійних процесів, але для ЕШТП таких систем мало і вони не враховують всі критерії процесу. Запропоновано розглядати електричні режими і властивості установки ЕШТП як об'єкта управління з урахуванням нелінійності процесу.

Ключові слова

електрошлакова тигельна плавка (ЕШТП), математичне моделювання, електричний режим, нелінійність процесу, шлакова ванна

Summary

Ivanova O.

About the importance of the modern mathematical modeling metallurgical processes and necessity to construct mathematical models ESCP counting nonlinearity of a process

Today is widely used automated systems for metallurgical processes, but such systems ESCR a few and they don't take into account all the criteria of the process. It is consider the electrical properties of the modes and settings ESCR as facility management, taking into account the nonlinearity of the process.

Keywords

electroslag crucible remelting (ESCR), mathematical modeling, electric mode, the non-linearity of the process, slag bath

Поступила 10.02.2015