УДК 669.71

М.А.ГЛУЩЕНКО
аспирант кафедры автоматизации технологических процессов и производств

ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ПРОЦЕССАХ ЭЛЕКТРОЛИЗА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ АЛЮМИНИЯ

Процессы электролитического получения алюминия часто сопровождаются магнитогидродинамической неустойчивостью. Это явление приводит к ухудшению характеристик процесса и должно быть компенсировано соответствующей системой управления. Представлены выводы обработки материалов по работе подсистемы обнаружения и ликвидации волнения металла и направление развития программ автоматической системы управления технологическими процессами (АСУТП) для решения задачи компенсации магнитогидродинамических нарушений.

Processes of aluminum electrowinning are frequently accompanied by magnetic and hydrodynamic instability. This phenomena leads to deterioration of the process characteristics and has to be compensated by a corresponding control system. The paper gives a summary of data processing on operation of a subsystem designed to detect and compensate metal agitation and describes a trend in software for automatic process control systems to compensate magnetic and hydrodynamic instability.

Технологический процесс электролитического получения алюминия часто сопровождаются магнитогидродинамической (МГД) неустойчивостью, которая является одной из основных причин электрохимических потерь алюминия в электролизерах. Сильные электрические и магнитные поля, присутствующие в электролизере, вызывают гравитационные волны. При некоторых условиях наблюдается рост амплитуд этих волн, который называют магнитогидродинамической неустойчивостью (или нестабильностью).

Свободная поверхность жидкого алюминия, находящаяся в равновесии в поле тяжести, плоская. Если под влиянием внешнего воздействия поверхность жидкого алюминия в каком-нибудь месте выводится из ее равновесного положения, то возникают движение, которое распространяется вдоль всей поверхности в виде волн, и незатухающие колебания поверхности раздела металл-электролит. С технологической точки зрения за предел стабильности электролизера принимается минимальное значение расстояния анод-металл, при котором возникают такие незатухающие колебания.

Основные технологические факторы, влияющие на появление волнения металла, снижение запаса МГД-устойчивости следующие: ухудшение катодного и анодного токораспределения, увеличение рабочего тока серии, снижение уровня металла в электролизной ванне, переохлаждение электролита. С целью интенсификации процесса электролиза необходимо стремиться к снижению межполюсного расстояния и уровня металла, и повышению плотности тока. Такая тенденция уменьшает запас МГД-устойчивости электролизера в нормальном

режиме его эксплуатации и может привести к тому, что оптимальной окажется стабилизация технологического режима точно на грани возникновения волнения металла. Увеличение уровня и амплитуды волнений поверхности металл-электролит в рабочем пространстве электролизера способствует замыканию металла на анод. Это приводит к ухудшению характеристик процесса и должно быть компенсировано соответствующей системой управления.

В результате обработки материалов по работе подсистемы обнаружения и ликвидации волнения металла можно сделать следующие выводы. Из общего числа работающих электролизеров корпуса волнение возникает хотя бы раз за смену в среднем на 20 % работающих электролизерах. По характеру волнения металла эти электролизеры могут быть условно разделены на три группы.

Группа 1. Электролизеры с кратковременным волнением металла, возникающим один раз за смену и устраняемым однократным перемещением анодного массива вверх. К этой группе относятся электролизеры, у которых сужение зоны устойчивости носит кратковременный характер, например, из-за ухудшения катодного токораспределения, обусловленного флуктуациями анодного токораспределения на следующем электролизере, выдаваемых регламентными операциями, анодным эффектом или иными причинами.

Группа 2. Электролизеры, волнение на которых возникает 2-3 раза за смену и ликвидируется несколькими перемещениями анодного массива. К этой группе относятся электролизеры, МГД-неустойчивость которых вызвана холодным ходом ванны, ухудшенным катодным токораспределением, одновременной загрузкой в ванну большого количества глинозема или обвала анодного массива, а также ухудшением анодного токораспределения при установке нового анода, так как требуется некоторое время для вхождения анода в нормальный режим работы.

Ликвидация волнения металла поднятием анода на электролизерах этой группы происходит не только непосредственно из-за увеличения межполюсного расстояния, но и косвенно путем подогрева ванны. Поскольку тепловые процессы в электролизере инерционны, то подсистема ликвидации волнения металла поддерживает электролизеры второй группы на границе МГД-неустойчивости длительное время – пока не устранится причина, приведшая к сужению зоны МГД-неустойчивости. К этой группе относятся также электролизеры с пониженным уровнем металла после выливки. Постепенно по мере накопления металла в ванне происходит расширение зоны МГД-неустойчивости. Последняя причина увеличивает число ванн с волнением особенно в конце месяца, когда производится сверхнормативная выливка металла.

Группа 3. Электролизеры, волнение на которых длится несколько смен и не может быть ликвидировано, а только ограничивается повышением заданного значения сопротивления. К причинам возникновения такого рода волнения следует отнести неправильное анодное токораспределение из-за проскальзывания, отрыва или установки нового анода ниже горизонта анодного массива. В описанной ситуации волнение металла сопровождается кратковременными подмыканиями на этот выступ. При этом в колебаниях сопротивления наблюдается выраженный отрицательный пик при достаточно слабой положительной полуволне. Распознать такую ситуацию можно по значительному повышению отрицательной амплитуды над положительной, а при ограничении волнения металла целесообразно ориентироваться только на положительную амплитуду колебаний.

В этом случае увеличение межполюсного расстояния, очевидно, нецелесообразно; вместо этого следует выровнять подошву анода. К третьей группе следует отнести также ванны с нарушенной формой рабочего пространства. Для ликвидации волнения на таких электролизерах необходимо вмешательство технологического персонала цеха.

В среднем электролизеры, на которых возникают волнения, распределяются между перечисленными группами следующим об-

разом, %: 1-я группа – 45; 2-я группа – 20; 3-я группа – 35.

Среднее увеличение приведенного напряжения за смену в расчете на один электролизер соответствующей группы составило, мВ: 1-я группа – 60; 2-я группа – 150; 3-я группа – 170.

Среднее увеличение приведенного напряжения за смену в расчете на один работающий электролизер корпуса составило 29 мВ, из них по группам, мВ: 1-я группа – 4; 2-я группа – 4; 3-я группа – 13.

Максимальное текущее превышение приведенного напряжения не более 300 мВ для электролизеров 3-й группы.

Поскольку одной из основных причин электрохимических потерь алюминия в электролизерах является магнитогидродинамическая неустойчивость, то для повышения выхода по току в первую очередь необходимо снизить уровень и амплитуду МГД-нарушений[*].

Эта задача решается, прежде всего, за счет внедрения технологии адаптации программ АСУТП к конструктивным и технологическим особенностям электролизеров разного типа. Суть адаптации заключается в том, чтобы с помощью быстродействующих аналитических компьютерных программ определить уровень отрицательных последствий от функционирования управляющих технологическими операциями алгоритмов и управляемости электролизеров. Данные анализа используют для наладки программ АСУТП и повышения уровня управляемости электролизеров.

Дальнейшее развитие этого направления связано с реализацией программами АСУТП логических функций. При этом учитывается, что действующие в электролизных цехах программы АСУТП представляют собой таймерные системы с набором добавленных напряжений, временем их поддержания и порядком снижения. При снижении напряжения по заданному времени не учитывают качество межполюсного зазора и технологическое состояние электролизера. По этой причине с помощью управляющей программы достаточно часто проводится циклическое поджатие межполюсного зазора между обработками и анодными эффектами. Таким образом, действующие программы АСУТП в какой-то степени способствуют формированию условий для повышения электрохимических потерь алюминия. Введение программного продукта для АСУТП с целью реализации управляющими алгоритмами логических функций решает эти главные недостатки, кроме того, создает условия для существенного снижения электрохимических потерь алюминия и увеличения выхода по току[*].

Выводы

1. Основными причинами появления МГД-нарушений являются следующие: ухудшение катодного и анодного токораспределения, увеличение рабочего тока серии, снижение уровня металла в электролизной ванне, переохлаждение электролита, нарушение формы рабочего пространства электролизера.

2. Влияние МГД-нарушений может быть компенсировано за счет реализации программами АСУТП логических функций путем аппроксимации колебаний напряжения, использования их для прогнозирования возникновения явлений волнения металла и своевременного их предупреждения.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Ю.В.Шариков*

[*] Повышение магнитогидродинамической устойчивости алюминиевых электролизеров / А.К.Ногай, В.В.Крюков, В.В.Ефимов и др. // Цветные металлы. 2005. № 11. С.65-67.