

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА РАЗНЫХ ФОРМ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ

Шпагин А. И., Коваленко И. Н.

Научный руководитель – профессор Суворин А. В.
Сибирский федеральный университет

На сегодняшний день учеными установлено влияние электрического тока различной формы на процесс электролиза и на свойства покрытий. Следовательно, оказывать влияние на физико-механические свойства покрытий можно не только с помощью изменений химико-технологических параметров электролиза, но и с применением электрического тока различной формы. В результате этого свойства покрытий изменяются в широких пределах, и скорость осаждения металла становится высока.

В настоящее время предложено большое многообразие электрических схем для получения токов различной формы. Рассмотрим некоторые из них:

1. Асимметричный ток промышленной частоты

Чтобы получить асимметричный ток промышленной частоты применяется схема, представленная на рисунке 1.

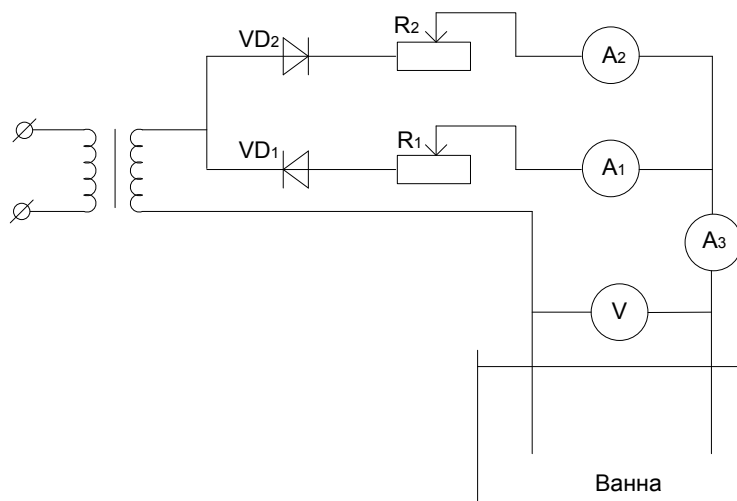


Рис. 1. Схема получения асимметричного несинусоидального тока путем раздельного и независимого регулирования катодной и анодной составляющих переменного тока: 1 - трансформатор; 2 - диоды; 3 - регулировочные сопротивления; 4 - измерительные приборы

В этой схеме для обособленного регулирования анодного тока имеются чугунные или проволочные реостаты (сопротивления), которые включают в цепь секциями с помощью рубильников, что обеспечивает ступенчатую регулировку тока. В условиях агрессивной среды их работа резко снижает надежность контактов.

Главным преимуществом таких источников является снижение температуры электролиза во время процесса до 20-40⁰С при хорошем качестве покрытий. Источники асимметричного нашли широкое применение благодаря простоте конструкции.

Положительное влияние на условия электрокристаллизации оказывает наличие катодной и анодной составляющих у источника асимметричного тока. Длительность анодной составляющей равна половине периода (см. рисунок 2), что позволяет улучшить условия электрокристаллизации. Анодный ток снижает насыщение покрытия водородом и улучшает его физико-механические свойства.

Также необходимо отметить недостатки асимметричного тока по сравнению с постоянным и другими формами:

- 1) большие потери электроэнергии в регулировочных реостатах (около 40 %) от всей мощности, затрачиваемой на процесс;
- 2) ограниченная возможность регулировки катодного и анодного токов;
- 3) недолговечность контактных групп регулировочных реостатов из-за необходимости переключения их под нагрузкой.

Все эти факторы отрицательно сказываются на экономичности процесса.

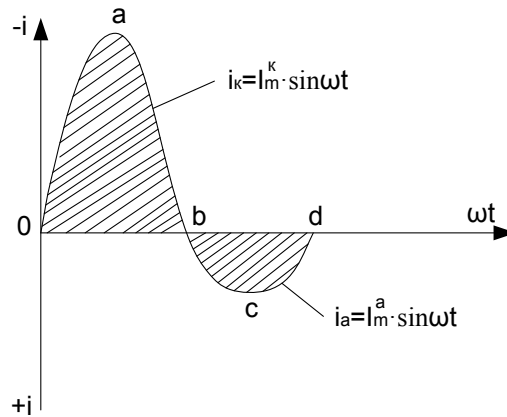


Рис. 2. График асимметричного несинусоидального тока

2. Периодический ток с обратным регулируемым импульсом (ПТОРИ)

Для получения периодического тока с обратным регулируемым импульсом применяется схема, предложенная на рисунке 3.

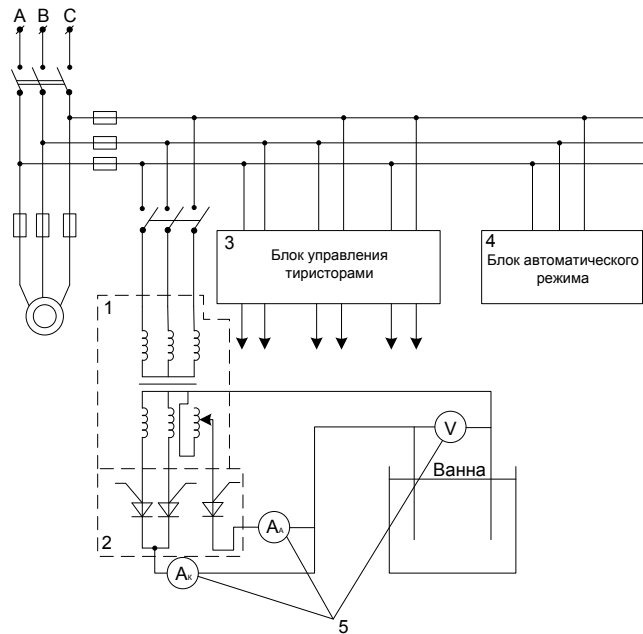


Рис. 3. Блок-схема источника периодического тока с обратным регулируемым импульсом:

1 - силовой трансформатор; 2 - блок тиристорov;
 3 - блок управления тиристорами; 4 - блок автоматического режима; 5 - контрольно-измерительные приборы; 6 - вентилятор

Наличие тиристорного преобразователя дало схеме такие преимущества над асимметричным источником тока, как исключение из силовой цепи регулировочных реостатов и наличие плавной регулировки тока.

Также необходимо отметить недостатки ПТОРИ:

- 1) разворот третьей фазы в катодный полупериод увеличивает на $1/3$ величину катодного тока и соответственно уменьшает время действия анодной составляющей;
- 2) сокращение времени действия анодной составляющей несколько ухудшает условия электрокристаллизации. Значительное уменьшение времени анодного тока сказывается на явлениях диффузии, конвекции, миграции ионов железа, выделение водорода и кислорода в прикатодном пространстве;
- 3) сокращение времени выделения кислорода на катоде и соответственно времени взаимодействия его с ионами водорода способствует большему насыщению водородом осадка и ухудшению его качества;
- 4) трудность изготовления разработанной модели источника тока заинтересованными ремонтными предприятиями из-за сложности схемы;
- 5) сложность конструкции преобразователя из-за максимальной автоматизации процесса, следовательно, снижение надежности всего устройства.

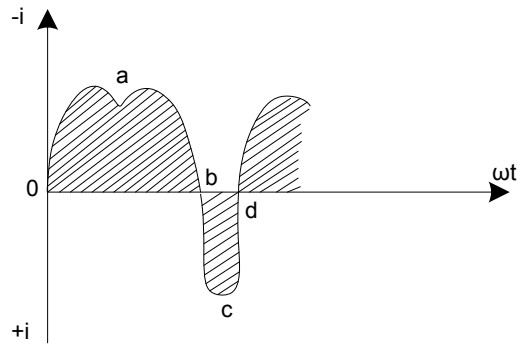


Рис. 4. График периодического тока с обратным регулируемым импульсом

3. Синусоидальный ток с отсечкой (СТО)

Для получения синусоидального тока с отсечкой применяется схема, представленная на рисунке 5.

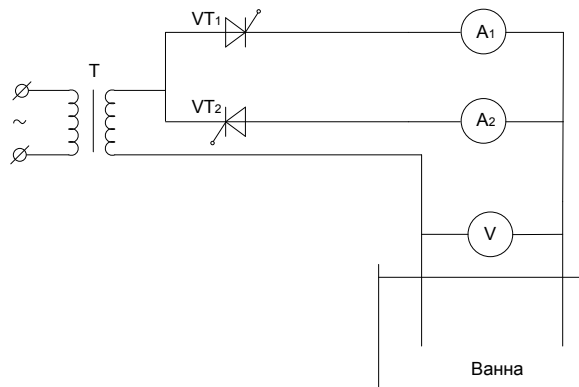


Рис. 5. Схема получения синусоидального тока с отсечкой:

T - трансформатор; VT₁-VT₂ - тиристоры; A₁-A₂ - амперметры; V - вольтметр

Отличительной особенностью данной схемы является введение в нее тиристоров. Это позволило убрать из силовой цепи регулировочные реостаты и осуществлять изменение анодного и катодного токов косвенным путем. С помощью тиристорного источника тока снижаются потери электроэнергии.

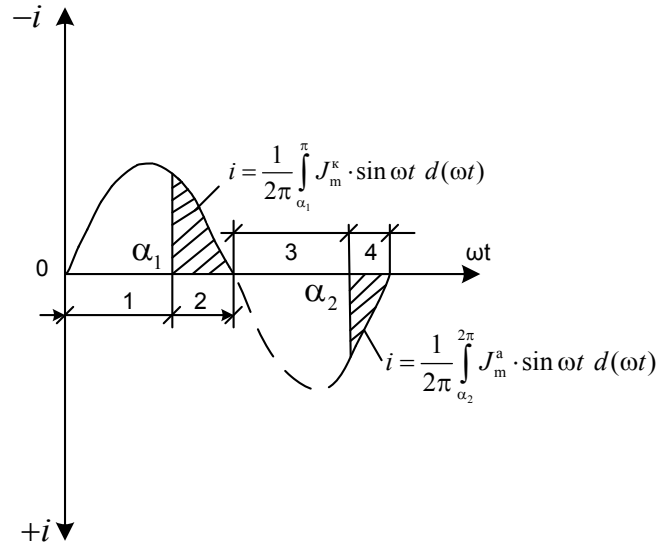


Рис. 6. Характер изменения синусоидального тока с отсечкой

Проведенный анализ источников питания гальванических процессов показал, что использование источника СТО дает ряд положительных преимуществ по сравнению с другими:

1) при использовании асимметричного тока и ПТОРИ установлено существенное влияние анодного тока на микроструктуру покрытий, которое проявляет склонность к слоистости, с наличием мелкой сетки трещин и микроблоков инородных частиц. При применении СТО покрытие имеет четко выраженную слоистость и незначительную пористость. Также структура покрытия является более плотной, с меньшим количеством инородных включений;

2) микротвердость покрытия, осажденного при СТО выше микротвердости покрытия, осажденного при асимметричном токе;

3) сцепляемости покрытий с основной деталью, полученные при применении СТО и асимметричного тока, имеют незначительные отличия;

4) внутреннее напряжение покрытий, полученное при использовании СТО несколько выше, чем при использовании периодического тока. Это обусловлено длительностью анодного импульса, который позволяет снизить катодную и концентрационную поляризации и соответственно уменьшить внутренние напряжения;

5) при применении СТО усталостная прочность покрытий немного выше, чем при использовании асимметричного тока. Это небольшое различие свидетельствует о родстве применяемых токов, анодная составляющая в обоих случаях способствует снижению внутренних напряжений, а слоистость делает сетку возникающих трещин мелкой и перекрывающейся каждым новым микрослоем или несколькими микрослоями. Следовательно, покрытия, обладающие более низкими внутренними напряжениями, отличаются повышенной усталостной прочностью;

6) износостойкость гальванических покрытий при использовании СТО выше, чем при применении асимметричного тока. Слоистость покрытий, полученная при асимметричном токе, будет отличаться от покрытий при СТО большей величиной слоя и более крупным зерном, так как действие катодной составляющей распространяется на весь полупериод, а не на его часть, как при СТО, несмотря на одинаковую величину катодного тока;

7) гальванические покрытия, полученные при СТО, являются более стойкими в условиях агрессивной среды по сравнению с покрытиями, осажденными при примене-

нии других форм электрического тока, так как в этом случае покрытие формируется послойно, согласно импульсам, проходящим через электролит, в соответствии с частотой сети. Отсутствие трещин свидетельствует о мягком режиме (разгонный цикл), а отсутствие резкой границы между покрытием и основным металлом указывает на продолжение роста поверхностных кристаллов металла подложки и соответственно высокую сцепляемость.

Всё это ярко подтверждается полученными микроструктурами, показанными на рисунке 7.

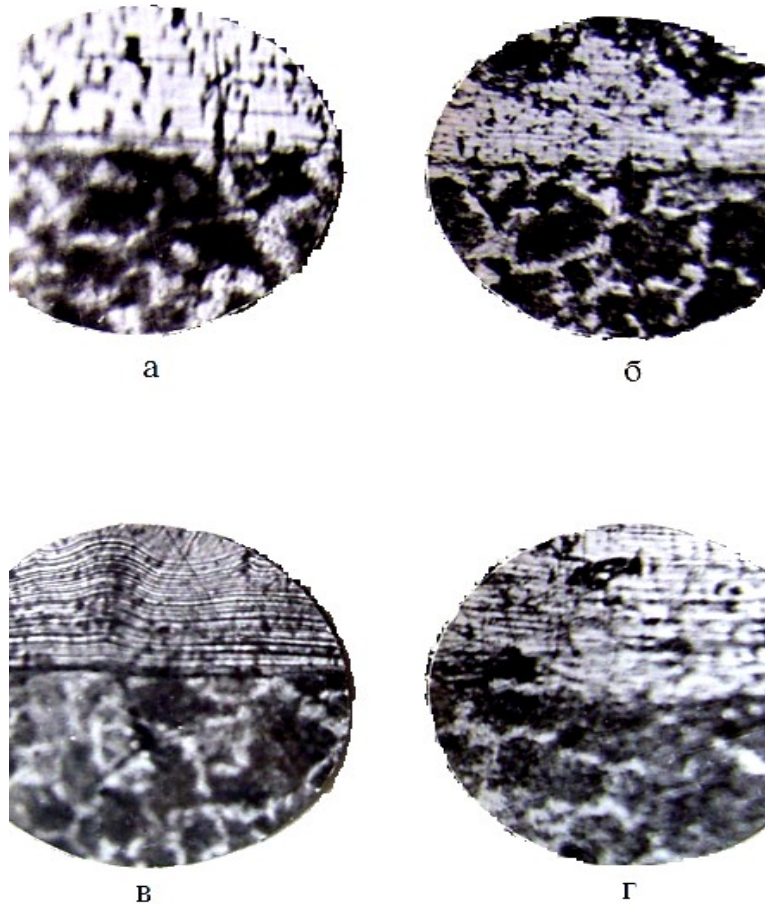


Рис. 7. Микроструктура покрытий:

- а – при осаждении сплава железо-никель с использованием постоянного тока;
- б - при осаждении железного покрытия с использованием постоянного тока;
- в - при осаждении сплава железо-никель с использованием СТО;
- г - при осаждении железного покрытия с использованием СТО.