

УДК 621.357.12

## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Гапунов И.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кузьмар И.И. – к. т. н., зав. НИЛ 2.2 НИЧ БГУИР

**Аннотация.** Эффективность гальванического производства во многом определяется набором оборудования, которое применяется для формирования электрохимических покрытий. Ключевыми элементами гальванического оборудования являются источники питания, гальванические ванны, контрольно-измерительные устройства и системы управления. В данной статье произведен обзор используемых источников питания для осаждения металлических покрытий.

**Ключевые слова:** гальванотехника, источник питания, выпрямительный агрегат.

**Введение.** Обзор источников питания для гальванических процессов охватывает широкий спектр технических решений, направленных на обеспечение стабильного и оптимизированного процесса осаждения металлических покрытий. От выбора конкретного источника питания зависит качество гальванопокрытия, производительность, экономическая эффективность и удобство эксплуатации.

В данной статье показано разнообразие используемого технологического оборудования.

**Основная часть.** Основная задача любого источника – обеспечить подачу электрической энергии в виде постоянного или периодического тока, что необходимо для проведения электрохимических процессов осаждения металлов.

Для осаждения покрытий на линиях по обработке мелкосерийной продукции или в лабораторных условиях применяются блоки питания небольших габаритов, которые обладают возможностью регулировать напряжение и ток, работать в режиме стабилизации.

При этом для снижения трудозатрат при обработке мелких деталей зачастую используют гальванические барабаны. Современные решения позволяют объединить источник питания с ванной и барабаном в единое устройство. Так, фирма TOS LTD специализируется на создании компактных агрегатов для формирования гальванических покрытий, их продукт – установка ВЕРМ-10А/1L представлена на рисунке 1 [1].



Рисунок 1 – Гальваническая барабанная установка ВЕРМ-10А/1L

Для обработки деталей в промышленных масштабах применяются мощные выпрямительные агрегаты, и делятся по типу используемых вентилях на: селеновые; германиевые, кремниевые и тиристорные.

Селеновые, германиевые и кремниевые выпрямительные агрегаты в нынешнее время редко, но все еще можно встретить на гальванических производствах. Применение выпрямителей на селеновых вентилях для питания гальванических ванн неэффективно, так как они имеют малый срок службы и низкий КПД (менее 60 %). Кремниевые и германиевые агрегаты меньше и легче селеновых агрегатов, но не способны выдерживать значительные перегрузки по току (из-за высокой плотности тока в электронно-дырочном переходе) и чрезмерные напряжения [2].

В настоящее время все еще производятся выпрямительные агрегаты на тиристорах серии ТЕ, ТВ, которые способны регулировать ток до 25000 А и напряжение до 115 В. Однако стоит отметить, что одним из эффективных способов улучшения качества гальванических покрытий является автоматическое реверсирование тока в ванне (изменение полярности). Осаждение металлов в случае реверсирования тока может осуществляться при более высокой рабочей плотности тока по сравнению с осаждением покрытия на постоянном токе. При реверсировании тока достигается уменьшение пористости покрытия, увеличение адгезии, снижение внутренних напряжений, наводороживания основы, повышение твердости покрытия. Осаждающиеся при этом покрытия имеют мелкокристаллическую структуру. С этой целью промышленностью выпускаются агрегаты серии ТЕР и ТВР. Эти источники обеспечивают постоянный ток с автоматической или ручной сменой полярности [3].

Применение программного управления периодическими токами позволяет контролировать процесс формирования толщины покрытия, снизить количество включаемых примесей и пор, повысить плотность и износостойкость покрытий.

Авторы Хмыль А.А, Ланин В.Л, Емельянов В.А классифицируют источники периодических токов на шесть групп (рисунок 2) [4]:

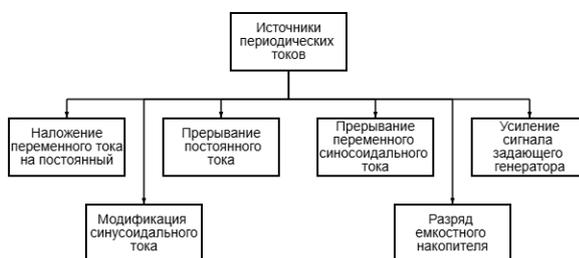


Рисунок 2 – Классификация источников периодического тока

При применении принципа наложения переменного тока на постоянный можно получать режимы с анодной составляющей, изменяя соотношения значений постоянного и переменного тока. Источники, построенные по такому принципу, работают на фиксированной частоте питающей сети.

Источники с модификацией синусоидального сигнала конструируются по схеме однополупериодного и двухполупериодного выпрямления, с отсечкой или без отсечки сигнала. Частота периодического сигнала не превышает частоты питающей сети.

Установки построенные по принципу прерывания постоянного тока в качестве ключа при выпрямлении переменного тока используют транзисторные или тиристорные ключи.

Ранее упомянутые серии выпрямителей ТЕР и ТВР построены на принципе прерывания синусоидального сигнала. При автоматической смене полярности длительность импульсов катодного тока устанавливается в пределах 2-200 с, а анодного тока – 0,2-20 с.

Для обеспечения быстрого ввода в электролизер больших мощностей используются генераторы тока с применением накопительных конденсаторов, однако в таком случае из-

за экспоненциального закона разряда емкости форма тока существенно отличается от прямоугольной.

Схемы, основанные на задающем генераторе, позволяют формировать различные виды периодического тока. При этом сигнал создается с высокой точностью, затем усиливается усилителем и поступает в гальваническую ванну. В программируемой версии такого оборудования доступны девять вариантов формы периодического тока, при этом частота импульсов достигает 1000 Гц, а ток может иметь амплитуду до 100 А.

Дальнейшее совершенствование источников питания связано с разработкой программируемых систем, интегрированных с системами контроля и мониторинга производства, которые позволяют учитывать динамику изменения технологических условий и дают возможность оперативно изменять параметры осаждения.

В условиях гибкого производства интерес представляют модульные системы, которые позволяют адаптировать оборудование под конкретные задачи. Разделение системы на отдельные, взаимозаменяемые блоки, позволяет легко масштабировать установки, добавляя или заменяя отдельные модули без необходимости полной перестройки системы. Так, фирма Kraft Powercon производит модульные системы FlexCraft [5].

Модульная конструкция позволяет увеличивать мощность выпрямителя по мере роста производства, а в случае неисправности отдельного модуля работа выпрямителя может продолжаться с меньшей мощностью.

**Заключение.** Современные источники питания для гальваники охватывают широкий спектр решений, от компактных блоков до мощных выпрямительных агрегатов. Внедрение периодических токов позволило улучшить качество осаждаемых покрытий, снизить пористость и повысить адгезию, а применение программных средств управления позволяет контролировать параметры осаждения что является перспективным направлением в развитии гальванотехники.

Развитие источников питания для гальваники идёт в сторону универсальности, программируемости и энергоэффективности. Это открывает новые возможности для повышения качества гальванических покрытий, оптимизации производственных процессов и повышения рентабельности предприятий, работающих в данной отрасли.

### Список литературы

1. Barrel Electroplating Machine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://platingandaccessories.com/product/10a-barrel-electroplating-machine-motorised/>
2. Крылов В.Ф. Электрохимические технологии в авторемонтном производстве: Учебное пособие.–Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. – с. 138-141.
3. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование. Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева.– Изд. 2-е, перераб. и доп.; «Глобус». М., 2005.– с. 89-92.
4. Хмыль А.А. Гальванические покрытия в изделиях электроники / А.А. Хмыль, В.Л. Ланин, В.А. Емельянов. – Минск : Интегралполиграф, 2017.– с. 381-384.
5. Выпрямитель для гальваники и хромирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kraftpowercon.com/ru/product/vipriamiteli-dlya-galvaniki-flexkraft>

UDC УДК 621.357.12

## POWER SUPPLIES FOR GALVANIC TECHNOLOGY

Tapunov I.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kuzmar I.I. – Cand. of Sci., Head of the Research Laboratory of R&D Department

**Annotation.** The efficiency of galvanic production is largely determined by the set of equipment used to form electrochemical coatings. The key elements of galvanic equipment are power supplies, galvanic baths, control and measuring devices and control systems. This article provides an overview of the power supplies used for deposition of metal coatings.

**Keywords:** galvanotechnics, power supply, rectifier unit.