

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
в бакалавриате по направлению «Машиностроение

Калининград
Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ»
2014

УДК 621.791

Рецензент

канд. пед. наук, доцент кафедры автоматизированного машиностроения
ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»
И.А. Соколова

Автор

Лещинский, М.Б., к.т.н., доцент кафедры автоматизированного машиностроения
ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой автоматизированного машиностроения ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет» 5 февраля 2014 г., протокол № 6.

Методические указания рекомендованы к изданию методической комиссией факультета автоматизации производства и управления ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет» 10 февраля 2014 г., протокол № 2.

УДК 621.791

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2014 г.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Настоящие указания содержат перечень, описание и методику выполнения лабораторных работ по дисциплине «Утилизация отходов машиностроительного производства»

Лабораторные работы проводятся согласно учебной программе и под руководством преподавателя. Они предназначены для углубления, расширения и закрепления знаний, полученных студентами в процессе теоретического обучения.

Преподаватель кратко информирует студентов о целях и содержании работы, порядке её подготовки, выполнения, а также по оформлению отчета.

Предварительная подготовка к выполнению лабораторной работы состоит в следующем: по рекомендованной учебной литературе изучаются рассматриваемые вопросы, записывается название работы, цель её, план проведения работы, краткая характеристика оборудования, чертятся схемы, таблицы и т. д.

Допущенные к работе студенты начинают знакомиться с теоретической частью и заканчивают устройством наиболее важных, с точки зрения функционирования устройств, узлов или блоков лабораторной установки.

После изучения каждой темы надо ответить на вопросы для самопроверки. Ответы должны быть полными.

По окончании лабораторной работы студенты пишут отчет, в котором излагают цель работы, современные методы анализа. Затем приводится описание исследований, применяемые материалы, анализ процессов, характеристики образцов и дальнейшие рекомендации. Приводятся основные выводы.

Преподаватель проверяет правильность записей и подписывает отчет по проделанной работе.

Лабораторная работа № 1

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Цель работы: ознакомиться с возможностью использования щелочных аккумуляторов по новому назначению.

Идеи металлосберегающих технологий в настоящее время актуальны, как никогда. В сварочном производстве совершенствуются технологические процессы, позволяющие исключить применение дорогостоящих материалов. Например, для газоплазменной обработки материалов используются различные газы – заменители ацетиленов. В таком качестве может применяться водородно-кислородное пламя, получаемое при сжигании газовой смеси, генерируемой электролизно-водными генераторами. Такая замена позволяет отказаться от дорогостоящего, громоздкого баллонного хозяйства, которое также требует периодического обновления. Кроме того, немаловажным следует считать факт уменьшения загрязненности окружающей среды, так как конечным продуктом при сжигании водородно-кислородной смеси является вода.

Теоретическая часть

В настоящее время разработаны и изготовлены электролизно-водные генераторы различной производительности, которые могут использоваться для газовой сварки металлов. Проведенные разработчиками исследования подтвердили возможность сварки деталей водородно-кислородным пламенем в производственных условиях.

Промышленные электролизеры, применяемые для отдельного получения водорода и кислорода, под давлением от 1 до 10 атм производительностью более 1000 л/ч, обычно выполняются стационарными с биполярным включением электродов, количество которых выбирают из расчета непосредственного (бестрансформаторного) включения в сеть. Такая конструкция показана на рис. 1.1.

Биполярные электроды выполняют комбинированными, например из листов коробчатого сечения. Между ними при сборке электролизера размещаются листы асбеста для разделения анодного и катодного пространств, в которых собираются выделяющиеся при электролизе водород и кислород. Для выхода газов из пространства предусмотрены отверстия. Водород и кислород из каждой секции подается в коллекторную систему. После очистки и осушки газы могут использоваться.

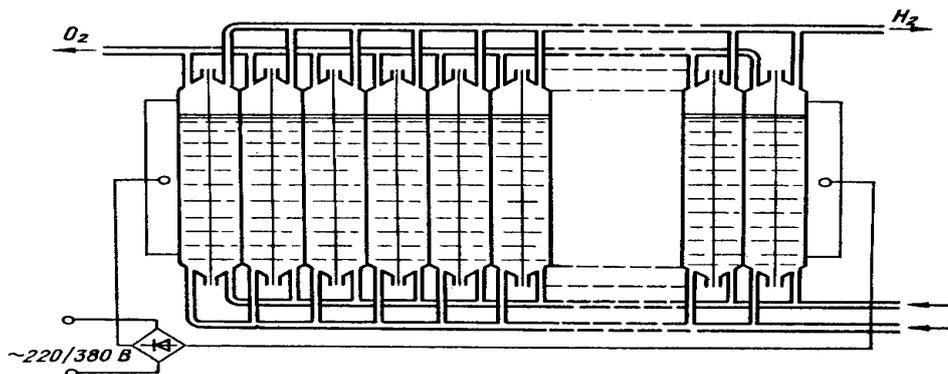


Рис.1.1 Схема биполярного электролизера

Для отдельного получения малых объемов водорода и кислорода (до 10 л/ч) у нас в стране и за рубежом используют электролизеры с пористым объемным электродом, например катодом, внутри которого собирают водород, а над зеркалом электролита – кислород. Такая конструкция показана на рис.1.2.

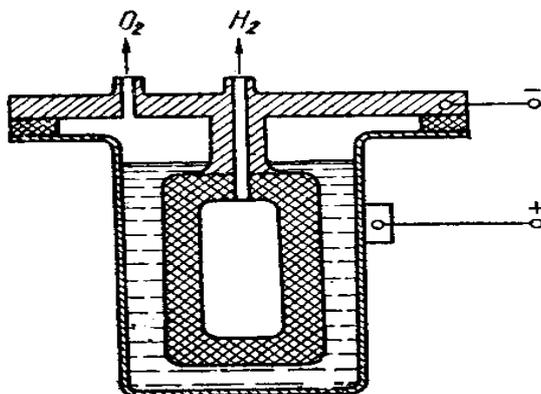


Рис.1.2 Схема электролизера для отдельного получения водорода и кислорода

Если необходимо получить небольшое количество гремучего газа, например до 200 л/ч, можно использовать конструкцию бестрансформаторного стационарного электролизера, из которого изъяты все элементы конструкции и узлы, предназначенные для отдельного получения газов. Схема такого электролизера приводится на рис.1.3.

Самым сложным и дорогостоящим элементом установки в целом является электролизно-водный генератор. Для его изготовления нужен листовый никель или коррозионно-стойкая нержавеющая сталь с высоким его содержанием.

Известно, что в промышленности достаточно широко используются аккумуляторы, которые изготовлены из материалов, предназначенных для работы в щелочных средах. Такие аккумуляторы работают по циклу "заряд-разряд", но ведь в режиме "заряда" происходит выделение водородно-кислородной смеси. Поэтому вполне реально для изготовления электролизера использовать отработавшие свой ресурс никель-железные щелочные аккумуляторы.

Они подвергаются небольшой доработке, а затем из отдельных банок собирается электролизер. Количество аккумуляторных банок, из которых изготавливается электролизер, определяется его заданной производительностью, напряжением и мощностью источника питания постоянного тока.

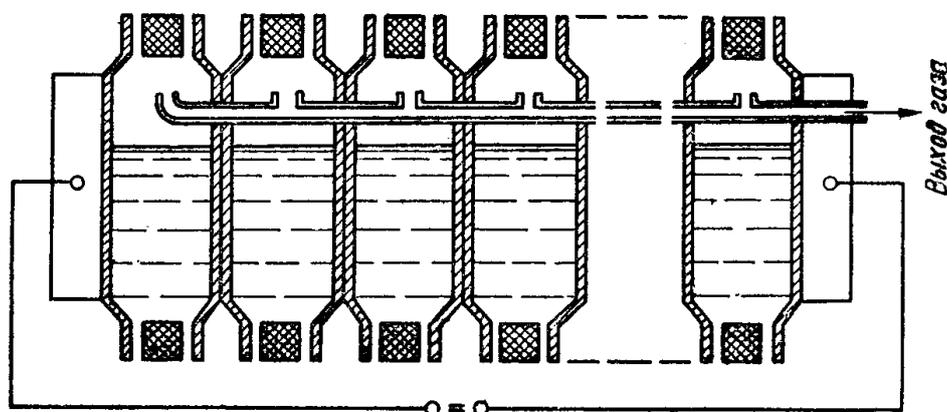


Рис.1.3 Схема биполярного электролизера для получения гремучего газа

Для электролитического разложения воды на водород и кислород в качестве исходного сырья используются электролиты – водные растворы щелочей.

Напряжение разложения воды, т. е. минимальная величина напряжения, приложенная к аноду и катоду, при которой осуществляется выделение на электродах водорода и кислорода в виде газовых пузырьков составляет при 25⁰С около 1,2 В. Однако для реальных процессов из-за потерь напряжения на омическом сопротивлении электродных пластин, явлений поляризации, общее напряжение на ячейке находится в пределах от 1,8 до 2,4 В при изменении плотности тока электролиза от 50 до 300 мА/см².

Образование молекул газа при электролизе происходит за счет диссоциации молекул воды или их прямого разряда с образованием атомов водорода на катоде и их последующей рекомбинацией в молекулы, и выделением кислорода на аноде в результате разряда гидроксид-иона ОН⁻.

Согласно суммарному уравнению реакции разложения воды при электролизе



количество щелочи в растворе остается неизменным при соблюдении условий, исключающих ее кипение и унос пузырьками газа, а количество воды уменьшается как в результате ее разложения, так и в результате испарения и уноса пузырьками газа.

Температура водородно-кислородного пламени находится в пределах 2100-2800⁰С и зависит от отношения объемов кислорода и водорода в смеси. Максимальная температура пламени достигается при:

$$\beta_0 = V_{\text{O}_2}/V_{\text{H}_2} = 0,3. \quad (1.2)$$

При газопламенной обработке используются горючие смеси, имеющие различные скорости распространения фронта пламени. Для ацетиленокислородной смеси ее значение при атмосферном давлении и комнатной температуре составляет 12,5-13,7, для водородно-кислородной – 8,9, для пропаново-кислородной – 3,8-4,5 м/с.

Низкие скорости распространения пламени при сжигании пропана, бутана, метана и других газов – заменителей ацетилена в кислороде обуславливают более длинное пламя и больший объем зоны пламени, чем при сжигании ацетиленокислородной смеси в горелках с одинаковыми диаметрами отверстия. В результате количество передаваемой теплоты на единицу площади сечения канала горелки и концентрация нагрева поверхности при использовании газов-заменителей ацетилена уменьшается.

Благодаря высокой скорости распространения водородно-кислородное пламя имеет меньший объем и, по сравнению с другими газами-заменителями ацетилена, обеспечивают наиболее концентрированный нагрев.

Как уже отмечалось выше, электролизно-водные генераторы генерируют водородно-кислородную смесь с постоянным нерегулируемым отношением объемов кислорода к водороду $\beta_0 = 0,5$ – гремучий газ.

Одним из наиболее простых способов регулирования состава горючей газовой смеси является обогащение ее парами легкоиспаряющихся углеводородных соединений. Исследования показали, что для получения нормального сварочного пламени доля паров различных углеводородных соединений должна быть в пределах 5-25% от общего объема газовой смеси.

Выбор углеводородных соединений производится с учетом возможности максимального насыщения газа – носителя парами этих соединений с целью повышения тепловых характеристик пламени, в частности, теплотворной способности горючей газовой смеси, и минимального вредного воздействия углеводородных соединений на организм человека.

Для этих целей в той или иной мере подходят бензин, керосин, спирт, ацетон.

Бензин – самое летучее из жидких нефтяных топлив. Температура бензиново-кислородного пламени – 2500°C , а скорость распространения фронта пламени бензина зависит от многих факторов, но достаточно высока – более 10 м/с. С учетом этого обстоятельства можно предположить, что добавление паров бензина в гремучий газ, повышая теплотворную способность, не будет снижать концентрацию нагрева металла.

Расход электроэнергии при электролизе связан с необратимыми потерями, составляющими значительную долю в общем тепловом балансе:

$$Q_{\text{э}} = U \cdot I \cdot t \text{ [Вт}\cdot\text{с]}, \quad (1.3)$$

где $Q_{\text{э}}$ – электрическая энергия, Вт·с; U – электрическое напряжение, В; I – сила тока в электролите, А; t – продолжительность прохождения тока, с.

При горении горючего газа высвобождается тепловая энергия:

$$Q_{\text{т}} = V \cdot H \text{ [Дж]}, \quad (1.4)$$

где Q_T – количество теплоты, выделившееся при горении, Дж; V – объем полностью сгоревшего газа, Дж/м³; H – теплота сгорания газообразного топлива, Дж/м³ (для водорода $H=10,8$ МДж/м³).

Объем сжигаемого газа связан с его массой:

$$V = m/\rho \text{ [м}^3\text{]}, \quad (1.5)$$

где m – масса выделившегося при электролизе вещества, кг; ρ – плотность, кг/м³ (для водорода $\rho = 0,09$ кг/м³).

Согласно первому закону Фарадея:

$$m = n \cdot k \cdot I \cdot t \text{ [кг]}, \quad (1.6)$$

где m – масса выделившегося при электролизе вещества, кг; n – количество ячеек электролизера; k – электрохимический эквивалент (для водорода $k=0,01045$ мг/А·с); I – сила тока в электролите, А; t – продолжительность прохождения тока, с.

Тогда коэффициент полезного действия использования энергии при электролизе воды и сжигании полученного водорода может быть определен по формуле:

$$\eta = Q_T / Q_{Э} 100 \%, \quad (1.7)$$

Важным элементом установки является предохранительное устройство, которое служит для защиты электролизно-водного генератора от попадания в него пламени при обратном ударе.

Таким устройством является водяной затвор, конструкция которого сводится к отрезку металлической трубы, установленной вертикально и заглушенной с одной стороны (это дно). Другая сторона – это подпружиненная крышка с резиновым уплотнением. Над уровнем воды под крышкой находится любой гранулированный инертный материал, уменьшающий объем гремучего газа в затворе и частично осушающий газ. Водяной затвор является одновременно и устройством для насыщения гремучего газа парами углеводородных соединений. Газ, проходя через слой жидкости, состоящей из воды и, например, бензина, насыщается его парами и отводится в горелку. При относительно небольшой производительности электролизера горелкой может служить медицинская игла нужного диаметра; для более мощных конструкций используется обыкновенная ацетиленовая горелка с удаленным инжектором.

Ход работы

1. Осмотреть электролизер на предмет отсутствия внешних протечек электролита.
2. Проверить наличие воды в водяном затворе, при необходимости заправить его.
3. Присоединить к водяному затвору микромощную горелку.
4. Включить блок питания и, плавно вращая ручку регулятора, выставить ток $I=60$ А.
5. Звук выходящего газа из отверстия горелки свидетельствует о правильной работе установки.

6. Продувать систему в течение 1 мин.
7. Поджечь выходящий газ.
8. Проверить возможность сварки и резки металла на образцах из низкоуглеродистой стали (толщина 0,5 мм).
9. Повторить пп. 3-8, присоединив горелку №1, выставив ток $I=100\text{A}$ и выбрав металл толщиной в 1 мм.
10. Используя формулы (1.1)-(1.7), рассчитать коэффициент полезного действия использования электрической энергии при электролизе воды.

Вопросы для самопроверки

1. Какие электролизеры используются в промышленности?
2. Поясните принцип работы электролизера и водяного затвора.
3. Какие материалы применяют для изготовления электродов электролизера?
4. Почему в процессе электролиза не расходуется щелочь?
5. Какие расчеты необходимы, чтобы определить η процесса?

Литература

1. Корж, В.Н. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем / В.Н. Корж, С.Л. Дыхно. – Киев: Техника, 1984.
2. Якименко, Л.М. Электролиз воды / Л.М. Якименко, И.Д. Модылевская, З.А. Ткачек. – Москва: Химия, 1970.
3. Степанов, В.В. Справочник сварщика / В.В. Степанов. – Москва: Машиностроение, 1974.

Лабораторная работа № 2

ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Цель работы. Изучение возможности модернизации пускорегулирующей аппаратуры для продления рабочего цикла люминесцентных ламп.

Люминесцентное освещение применяется достаточно широко. Это объясняется тем, что при затрате той же мощности достигается значительно большая освещенность по сравнению с лампами накаливания. Спектральный состав видимого излучения зависит от состава люминофора и приближен к дневному свету. Люминесцентные лампы значительно менее чувствительны к повышению напряжения, это положительно сказывается на их ресурсе.

Наличие в лампе дозированного количества ртути приводит к определенным трудностям при её утилизации. Поэтому, оправдан поиск путей по продлению ресурса работы лампы, хотя это не снимает проблему по переработке ламп, а только отдалает её.

Теоретическая часть

Продолжительность горения люминесцентной лампы значительно больше продолжительности горения ламп накаливания (1000 ч), и в зависимости от типа составляет несколько тысяч часов. Световой поток после 70% средней продолжительности горения снижается до 70% среднего номинального потока.

Люминесцентная лампа представляет собой стеклянную трубку, покрытую изнутри слоем люминофора – вещества, светящегося под действием ультрафиолетовых лучей. В трубке находится капля ртути и газ аргон.

Слева и справа в трубке находятся электроды, представляющие собой спиральки из вольфрамовой проволоки.

Схема включения такой лампы в сеть содержит необходимую пускорегулирующую аппаратуру (см. рис. 2.1).

Дроссель (Др.) почти не потребляет электроэнергии, потому что ту энергию, которую он берет из сети при намагничивании, он почти полностью возвращает в сеть при размагничивании. Но эта "перекачка" энергии из сети в сеть загружает ее провода и вызывает в них потери, так как ток (каково бы ни было его происхождение) нагревает провода. Кроме того, из-за тока дросселя снижается пропускная способность сети. Чтобы разгрузить сеть от тока дросселя, в его цепь включают конденсатор (С). Тогда перекачка энергии происходит уже не между сетью и дросселем, а между дросселем и конденсатором, т. е. внутри самой установки.

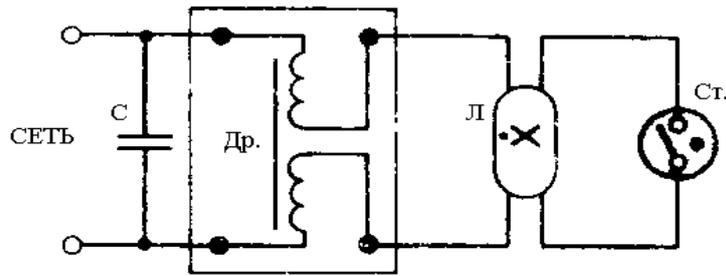


Рис. 2.1 Принципиальная схема питания люминесцентной лампы переменным током

В процессе зажигания люминесцентной лампы (Л) совершается ряд явлений. В общих чертах они состоят в следующем.

При включении к стартеру (Ст.) прикладывается напряжение сети. В стартере возникает чуть заметный тлеющий разряд, который разогревает его электроды. Один из электродов – биметаллический. Под действием тепла он изгибается и касается другого электрода. В результате ток в цепи значительно увеличивается, а разряд в стартере гаснет.

Увеличившийся ток разогревает электроды люминесцентной лампы, и они начинают испускать электроны (это подготовка к зажиганию).

Электроды стартера тем временем остывают, биметалл распрямляется, и, наконец, между электродами образуется зазор. При этом сила тока в цепи резко уменьшается. При уменьшении тока в дросселе согласно закону Ленца возникает кратковременное, значительное напряжение, стремящееся поддержать исчезающий ток. Это напряжение самоиндукции складывается с напряжением сети, в результате чего к электродам люминесцентной лампы оказывается приложенным импульс напряжения большего значения, чем напряжение сети. Под действием этого импульса в люминесцентной лампе возникает разряд в аргоне: лампа начинает несколько разогреваться.

Под действием теплоты капля ртути испаряется и создает в лампе ртутные пары необходимой плотности. Так как они ионизируются значительно легче паров аргона, то в дальнейшем разряд происходит в основном уже не в аргоне, а в ртутных парах.

Когда лампа горит, напряжение на ее электродах, а следовательно, и на электродах стартера (который присоединен параллельно) ниже напряжения в сети потому, что последовательно с лампой включен дроссель, через который теперь проходит значительный ток, причем ток переменный. В результате в дросселе индуцируется электродвижущая сила (э.д.с.) самоиндукции, действующая согласно закону Ленца навстречу напряжению сети. В итоге, на лампу и стартер приходится уже не полное напряжение сети, а разность между ним и напряжением самоиндукции. Это совершенно необходимо, иначе лампа погаснет, потому что, если при горячей лампе на стартере снова оказалось напряжение, равное напряжению сети (а не ниже), то в стартере вновь возник бы разряд, и спустя небольшое время электроды стартера, сомкнувшись, замкнули бы цепь лампы.

У дросселя еще одна важнейшая задача – он не дает току безгранично возрастать, что имело бы место при включении люминесцентной лампы непосредственно в цепь: таковы свойства газового разряда.

Таким образом, люминесцентные лампы при сравнении с лампами накаливания обнаруживают как положительные качества, так и недостатки. К недостаткам относятся пульсации светового потока и ухудшение коэффициента мощности.

Чтобы уменьшить пульсации светового потока ламп дневного света, можно использовать для их питания специальные источники постоянного тока. В этом случае зажигание ламп осуществляется без предварительного подогрева катодов, что значительно увеличивает срок их службы, а также позволяет использовать лампы с перегоревшими электродами. Применение конденсаторов в качестве балластных сопротивлений значительно улучшает коэффициент мощности сети. Пример такой схемы приведен ниже на рис. 2.2.

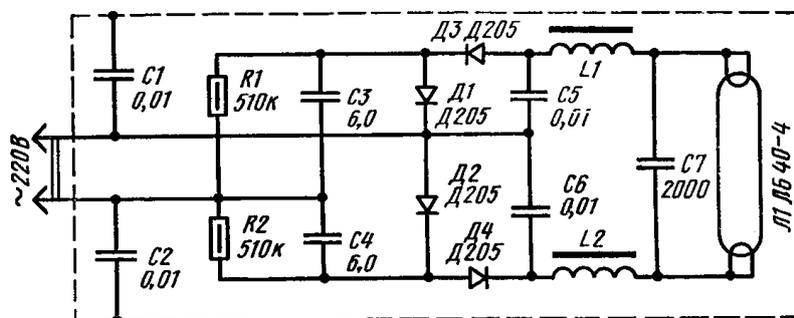


Рис.2.2. Принципиальная схема питания люминесцентной лампы постоянным током

Динамическое сопротивление участка электрической цепи (промежуток между электродами лампы), состоящего из ионизированного газа, мало. В такой цепи изменение силы тока будет довольно значительно, а напряжение на этом участке останется в заданных для данного прибора пределах. Если допустить повышение напряжения больше верхнего предела, то произойдет пробой ионизированного участка. При падении напряжения ниже минимально допустимого ток в цепи прекратится (лампа гаснет). Напряжение питания газоразрядного прибора в два раза больше его рабочего напряжения, а излишек напряжения гасят балластным сопротивлением (включенным в цепь питания последовательно), определяющим силу тока в цепи.

В случае питания переменным током, при изменении силы тока от амплитудного значения до нуля в течение каждого полупериода, максимальное напряжение на лампе превышает минимальное примерно в полтора раза. При этом световой поток колеблется в такт мгновенным значениям мощности с удвоенной частотой источника питания. Благодаря инерционности свечения люминофора, нанесенного на внутренней поверхности баллона ламп, пульсации светового потока значительно сглаживаются. Однако при старении люминофора амплитуда пульсации светового потока увеличивается (см. рис. 2.3, а).

При старении активных слоев катодов лампы может наблюдаться однополупериодный режим работы (рис. 2.3, б). При этом световой поток еще ухудшается. Кроме того, частота пульсации в этом случае будет в два раза меньше (равняться частоте сети). Этот режим является наименее благоприятным для глаз человека.

Существенное улучшение качества светового потока излучаемого люминесцентной лампой получается при её питании от источника постоянного тока (рис. 2.3, в).

Использование резистора в качестве балласта в цепи постоянного тока в данном случае нерационально, так как он будет потреблять более половины активной мощности всего устройства. Целесообразно в качестве источника постоянного тока использовать выпрямитель, а реактивное балластное сопротивление включать в цепь переменного тока.

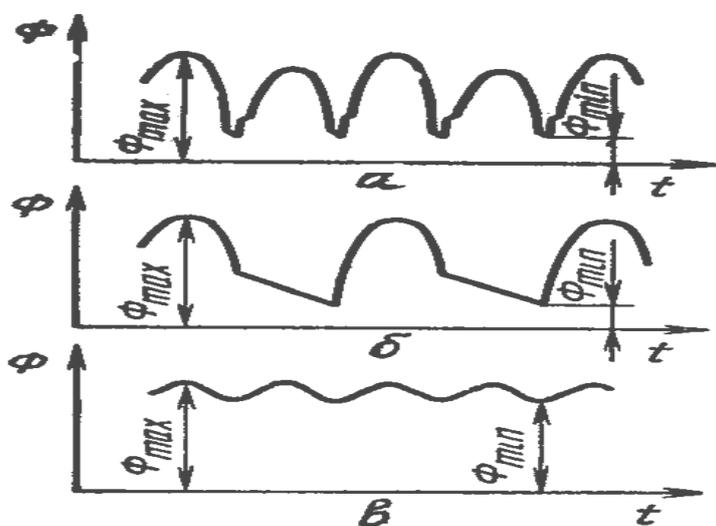


Рис. 2.3. Зависимость светового потока люминесцентных ламп от напряжения питания

На выходе выпрямителя получается учетверенное выпрямленное напряжение сети, которое поджигает лампу без подогрева катодов (а значит, и лампу со сгоревшими электродами). После того, как через лампу потечет ток, конденсаторы небольшой емкости C_5 и C_6 практически уже не участвуют в формировании выходного напряжения, диоды D_3 и D_4 работают только в прямом смещении, а конденсаторы C_3 и C_4 за каждый период питающего тока успевают перезарядиться и служат реактивным балластом в цепи переменного тока. На выходе выпрямителя устанавливается рабочее напряжение лампы (95-110В). Вместо дросселей L_1 и L_2 целесообразно включить в цепь одну лампу накаливания. Наличие в цепи лампы накаливания упрощает подбор балластных конденсаторов C_4 и C_5 , уменьшая пульсации тока питания и обеспечивая заданную величину его, а также добавляет в спектр люминесцентной лампы желтые лучи, улучшая общую цветопередачу.

Ход работы

1. Используя типовую схему включения люминесцентной лампы, подключив измерительные приборы (обратить внимание на подключение ваттметра), измерить U , I и P , а также освещенность E . Определить коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = P/S, \quad (2.1)$$

где $S = U \cdot I$.

2. Используя схему питания люминесцентной лампы от источника постоянного тока, измерить U , I и P , освещенность E (обратить внимание на установку одинакового расстояния от источника света до фотодатчика измерительного прибора). Определить $\cos \varphi$.

3. Сравнить коэффициенты мощности включения ламп по двум схемам.

4. Определить коэффициент "восстановления работоспособности", ведь лампа со сгоревшими катодами работать по первой схеме не может! Поэтому хотя бы по обеспечиваемой освещенности:

$$K = E_2/E_1 \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

Вопросы для самопроверки

1. В чём состоит трудность утилизации люминесцентных ламп?
2. Для чего нужна пускорегулирующая аппаратура?
3. Что происходит при старении люминесцентных ламп?
4. Как можно улучшить качество светового потока люминесцентных ламп?
5. В чём состоит назначение лампы накаливания, применяемой в предлагаемой пускорегулирующей аппаратуре?

Литература

1. Борноволоков, Э.П. В помощь радиолюбителю / Э.П. Борноволоков. – Москва: ДОСААФ, 1979. – Вып. 67.
2. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов., М.В. Сумароков. – Москва: Стройиздат, 1990.
3. Прищеп, Л.Г. Учебник сельского электрика / Л.Г. Прищеп. – Москва: Агропромиздат., 1986.

Лабораторная работа № 3

ОЧИСТКА ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ БЕЗЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Цель работы: ознакомиться с возможностью использования электрического разряда между электродом и поверхностью воды для её очистки.

Бытовые сточные воды хорошо очищаются биологическими методами и фильтрацией. Эти методы давно разработаны и являются основными технологиями, применяемыми на всех городских очистных сооружениях. Однако промышленные сточные воды содержат много ядовитых веществ, которые могут отравлять бактерии на городских очистных сооружениях, поэтому такие воды требуют предварительной очистки перед сбросом их в городскую канализационную сеть.

Ряд предприятий сбрасывают свои воды непосредственно в открытые водоемы. Биологические методы не позволяют очистить высококонцентрированные и ядовитые воды до уровня ПДК (предельно допустимой концентрации), поэтому для их доочистки необходимо применять дополнительные методы. На предприятиях, где объем сточных вод порядка 10 м^3 в сутки, не выгодно строить громоздкие биологические очистные сооружения. Там будет удобнее применять более энергоемкие, но компактные установки.

В районах, где имеется много соленой воды, на первый план выходит задача очистки воды от избытка солей (обессоливание). Водопроводная вода в ряде регионов России не может быть использована для питья.

Таким образом, самые дешевые способы очистки воды – биохимическая очистка и фильтрация – не могут обеспечить всех задач очистки и подготовки к использованию воды.

Для решения указанных выше задач могут быть использованы улучшенные окислительные технологии. Эти технологии основаны на генерировании химически активных частиц: озона и радикалов ОН. Эти частицы могут вырабатываться в отдельных установках, либо образовываться при воздействии на воду ионизирующего излучения высокой энергии, ультрафиолетового излучения, электрического разряда. Активные частицы могут образовываться также в химических реакциях. Генерируемые химически активные частицы являются высоко реакционноспособными, однако для их выработки необходимо затрачивать энергию, т. е. улучшенные окислительные технологии являются более эффективными, но и более дорогостоящими в эксплуатации.

Наиболее распространенной и широко известной улучшенной окислительной технологией является озонирование. Озон генерируется в барьерном электрическом разряде, происходящем между твердым диэлектриком и металлическим электродом под действием переменного электрического поля частотой несколько кГц. Сейчас изготавливаются мощные высокопроизводительные озонаторы, в которых на выработку 1 кг озона расходуется около 10 кВт.ч электроэнергии, вводимой в электрический разряд. В силу своего окисли-

тельного потенциала озон является селективным окислителем. Есть много соединений, с которыми он практически не взаимодействует. Продуктом реакций с озоном могут быть озониды, относящиеся к веществам, опасным для здоровья человека.

Существенно более высокий окислительный потенциал имеют радикалы ОН. Поэтому они оказываются фактически универсальным окислителем. Для многих веществ константа скорости реакции с радикалами ОН по крайней мере в миллион раз больше, чем с озоном. Однако есть вещества, которые имеют более высокий окислительный потенциал, чем радикалы ОН, например, фторопласт. Такие вещества не окисляются радикалами ОН.

Существуют различные виды электрических разрядов, в которых возможно генерирование радикалов ОН. Особо следует выделить маломощный вспышечный коронный электрический разряд, характеризующийся тем, что плотность генерируемых активных частиц мала. При большой плотности активных частиц они взаимодействуют в первую очередь между собой, что приводит к их бесполезной гибели. При вспышечном коронном электрическом разряде, когда плотность частиц мала, они взаимодействуют прежде всего с примесями воды. Импульсный характер вспышечного разряда обеспечивает перемешивание слоя воды в процессе реакции на глубину не менее 2 см. Эти особенности вспышечного коронного разряда легли в основу нового направления – безэлектродных электрохимических реакций. В процессе безэлектродной электрохимической реакции происходит окисление веществ, растворенных в воде. Органические соединения разлагаются до углекислого газа и воды.

Под действием электрического разряда в воде может происходить не только окисление примесей, но и расслоение воды на области, где концентрируются растворенные в ней вещества, и области, где этих веществ будет намного меньше. Это явление может служить основой для обессоливания воды на конечном этапе очистки в замкнутой системе водообеспечения. Это же явление может быть использовано для обессоливания морской воды. Расслоение воды на потоки с разной концентрацией растворенных в ней солей может решить задачу извлечения из воды азотсодержащих соединений, так как в этом случае можно получить концентрированный раствор нитратов и затем извлечь их из раствора в виде азотных удобрений.

Теоретическая часть

Основой предлагаемого метода является расслоение водного раствора соли под действием импульсного электрического разряда на области с повышенной и пониженной концентрацией растворенного вещества. Импульсный разряд между точечным электродом и поверхностью жидкости приводит к появлению на поверхности жидкости электронных или ионных сгустков с плотностью тока, в тысячи раз превышающей средний ток электрического разряда. За счет этого на поверхности воды образуется слой, обедненный солями. Толщина такого слоя может достигать 20 мм. Сливая жидкость из реактора двумя

потоками: поверхностный слой и вода со дна реактора, получим воду, обедненную солями с верхнего слоя и обогащенную снизу.

Это явление можно использовать для создания нового технологического процесса обессоливания воды. Образующиеся при электрическом разряде над поверхностью воды химически активные частицы – радикалы ОН и озон, могут быть использованы для очистки и обеззараживания воды. Энергозатраты на обессоливание предполагаемым методом должны быть примерно в 10-100 раз меньше, чем при дистилляции и сильно уменьшаются с увеличением импульса тока на поверхности жидкости.

Рассмотрим возможность применения электронных сгустков для очистки воды. Растворенные в воде вещества могут диссоциировать на положительные и отрицательные ионы, либо оставаться в молекулярной форме. Если к жидкости приложить электрическое поле, то ионы будут двигаться со скоростью:

$$V_i = q_i * W' / k_T, \quad (3.1)$$

где q_i – заряд иона; W' – градиент электрического поля; k_T – коэффициент трения ионов.

Положительные и отрицательные ионы, образующиеся при диссоциации одной соли, как правило, сильно отличаются по массам и имеют разные коэффициенты трения. Поэтому доля заряда, переносимая ионами каждого знака (числа переноса заряда):

$$t_i = q_i / (q_+ + q_-), \quad (3.2)$$

будет разной: t_+ не равно t_- . Тогда в анодном и катодном пространствах изменяется концентрация растворенного вещества dC :

$$dC = N_e * dt, \quad (3.3)$$

где dt – разность чисел переноса заряда ионов разного знака; N_e – число элементарных носителей заряда, прошедших в цепи.

Для формирования сгустка электрических зарядов, расположим над поверхностью воды электрод. Используем схему формирования разряда, поддерживающую между поверхностью воды и электродом импульсный искровой разряд. Сгустки электронов, попадая на поверхность, будут создавать импульсы напряжения амплитудой, определяемой напряжением источника питания (до десятков киловольт) и частотой повторения не менее сотни герц. При небольшой величине емкости схемы это соответствует импульсам тока в точке попадания разряда на поверхность жидкости до 500 мА при среднем токе разряда 0,5 мА. Сгусток ионов, образовавшихся на поверхности жидкости в точке попадания разряда, будет двигаться вглубь жидкости. При этом он расширяется, плотность тока и потенциал относительно земли падают. В верхнем слое воды толщиной до 20 мм описанный режим разряда создает градиент потенциала $W' = 4$ кВ/см, в остальной толще жидкости градиент не превышает 1 В/см. В результате за счет движения ионов в сильном электрическом поле верхний слой воды оказывается обедненным или обогащенным примесью, растворенной в воде, в зависимости от соотношения скоростей движения положительных и отрицательных ионов. Недиссоциированные растворенные вещества будут увлекаться движением ионов диссоциированного соединения и также концентрироваться или удаляться из верхнего слоя. Таким образом, правильно выбирая по-

лярность напряжения на разрядном электроде, можно обеспечить очистку верхнего слоя воды от солей.

Для очистки воды от ионов обоих знаков следует проводить обработку разрядами при разной полярности на электроде относительно поверхности воды. Степень очистки будет определяться зарядом, прошедшим в цепи.

Устройство для реализации предложенного метода должно выглядеть, например как на рис. 3.1.

Вода поступает в реакционный сосуд через трубу 1. На выходе сосуда имеется перегородка 4. Уровень воды в сосуде определяется высотой перегородки. На поверхность воды попадают электрические разряды с электродов. Под действием разрядов верхний слой обедняется солями. Этот слой сливается через перегородку 4 и далее поступает на выход через трубу 3. Вода, обогащенная солями, уносится через трубу 2 (дренаж).

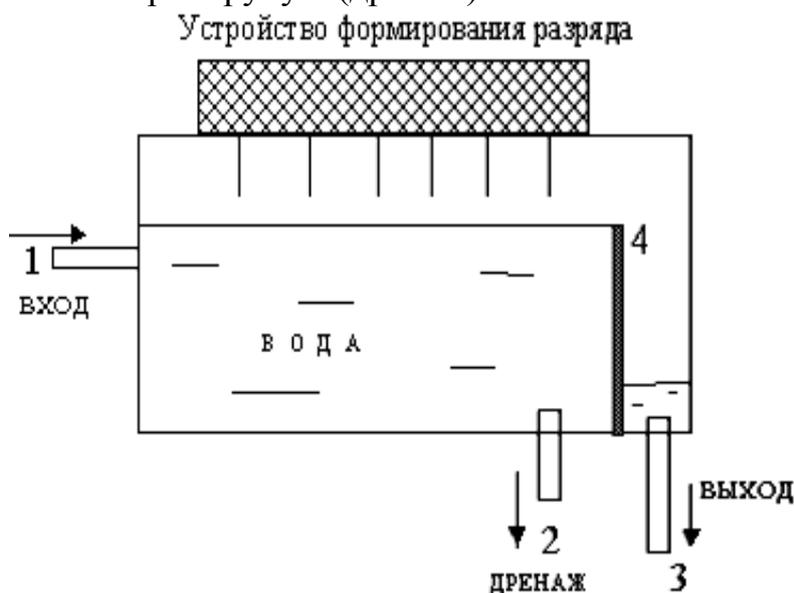


Рис. 3.1 Принципиальная схема установки для обессоливания воды

Для удаления ионов разных знаков вода должна проходить как минимум через два реактора, где на электроды подаются противоположные по знаку напряжения.

Оценим затраты энергии на обессоливание верхнего слоя воды. Для того, чтобы обессолить 1 л раствора, содержащего 0,1 моль/л однозарядных ионов (примерно 60 г/л раствора поваренной соли). Для справки: в морской воде содержится около 40 г/л соли. При напряжении источника питания 10 кВ и величине импульса тока 0,5 А (средний ток 0,5 мА) это соответствует затратам энергии $1,92 \cdot 10^5$ Дж/л. Для дистилляции воды, взятой при температуре 25 °С, нужно затратить $2,44 \cdot 10^6$ Дж/л (при КПД = 100%).

Таким образом, затраты энергии на обессоливание воды искровым разрядом могут быть по крайней мере на порядок меньше, чем в обычных дистилляторах.

Возможное применение:

1. Обессоливание морской воды с целью ее использования в промышленных и бытовых целях.
2. Дополнительная очистка воды после биохимических установок с целью ее использования в замкнутых системах водообеспечения.
3. Обессоливание сточных вод металлургических предприятий, содержащих много тяжелых металлов.

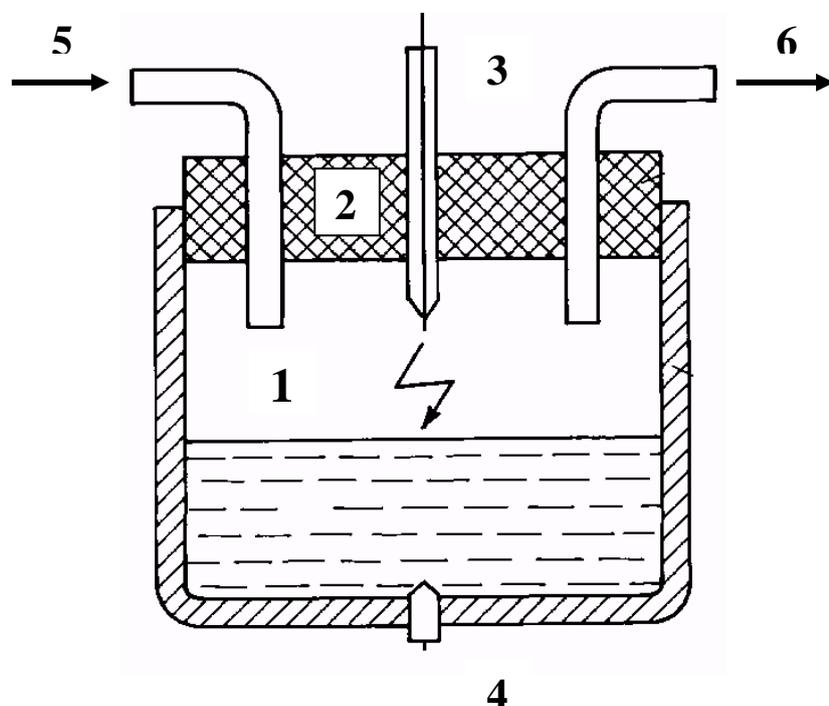


Рис. 3.2 Схема лабораторной установки для очистки воды импульсным электрическим разрядом:

- 1 – реакционный сосуд; 2 – фторопластовая пробка; 3, 4 – электроды;
5, 6 – трубки для продува воздуха

Однако их комбинированное применение позволит создать новые высокоэффективные технологии. Затраты, направляемые на экологию, могут дать прямой экономический эффект, если сточные воды после очистки повторно использовать для производственных целей.

Таким образом, разные приемы, методы очистки воды имеют свои особенности, причем ни одна из технологий (если учитывать как технические, так и экономические аспекты) не может решить в полном объеме всех задач очистки и подготовки воды к использованию.

Ход работы

1. Приготовить раствор поваренной соли в воде (примерно 60 г/л).
2. Измерить электрическое сопротивление приготовленного раствора (при фиксированном погружении измерительных электродов в раствор).

3. Подключить электроды (один из электродов находится на дне реакционного сосуда (рис. 3.2), другой на расстоянии 5-10 мм над поверхностью воды) к высоковольтному источнику тока.

4. Провести обработку воды импульсным искровым разрядом.

5. Измерить электрическое сопротивление после обработки и сравнить с первоначальными замерами.

Вопросы для самопроверки

1. Для каких целей используются окислительные технологии?

2. Какие недостатки присущи технологии, использующей озонирование?

3. Почему радикалы ОН являются фактически универсальным окислителем?

4. Какие особенности коронного разряда легли в основу нового направления – безэлектродных электрохимических реакций?

5. Для чего можно использовать расслоение водного раствора соли под действием импульсного электрического разряда на области с повышенной и пониженной концентрацией растворенного вещества?

Литература

1. Пискарев, И.М. Выбор условий электрического разряда при генерировании химически активных частиц для разложения примесей в воде / И.М. Пискарев // Журнал технической физики. – Т. 69. – № 1. – 1999. – С. 58-63.

2. Пат. РФ на изобретение № 2130898 от 27 мая 1999 г. Способ очистки воды / И.М. Пискарев, В.И. Пискарев.

Лабораторная работа № 4

УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Цель работы: ознакомиться с возможностями экологически безопасного использования отработанных масел.

Нефтехимические отходы образуются не только в процессе деятельности производств, но и в процессе жизнедеятельности населения. Главными из них можно считать отработанные нефтепродукты, образующиеся при замене масел в узлах трения автомобилей.

Основными источниками отработанных моторных масел являются: кооперативные гаражи, мелкие частные предприятия автосервиса, небольшие фирмы, имеющие свой транспорт и др. Количество автомобилей постоянно растет, а значит, растет число технических обслуживаний.

Объемы слитых и хранимых отработанных масел на территориях разных форм собственности приобретают угрожающие для окружающей среды размеры.

Таким образом, сбор отработанных масел для последующей утилизации является весьма актуальным.

Теоретическая часть

Утилизация отработанных масел предполагает использование их без переработки или же с переработкой на специализированных маслорегенерирующих установках.

В настоящее время можно выделить два главных направления по переработке отработанных масел, это переработка их на маслореперерабатывающих заводах путем добавления в сырую нефть и целенаправленная переработка, т. е. регенерация.

Характер загрязнения масла в силу специфики условий эксплуатации таков, что для качественной очистки, как правило, применяют комбинированные методы. На практике чаще всего прибегают к различным сочетаниям методов, обуславливающих выход высококачественной продукции. Основными вариациями методов можно назвать следующие: отстой и фильтрование; отстой, обезвоживание и фильтрование; отстой, отгон горючего, обработка адсорбентом и фильтрование; отстой, обработка адсорбентом и фильтрование (в том числе с отгоном воды); отстой, обработка поверхностно-активными веществами, отгон горючего, обработка адсорбентом и фильтрование; отстой, обработка щелочью (или другими щелочными агентами) и адсорбентом, фильтрование; отстой, обработка кислотой и адсорбентом, фильтрование; отстой, обработка кислотой и щелочью, отгон горючего, обработка адсорбентом и фильтрование; отстой, отгон горючего, обработка кислотой и адсорбентом и фильтрование.

Переработка отработанных масел вместе с сырой нефтью может проводиться на любых нефтеперегонных заводах по полной технологической схеме. Правда главным минусом такого технологического процесса следует считать

наличие большого количества загрязнений и присадок в отработанном масле, что ухудшает процесс перегонки нефти.

Рядом зарубежных фирм разработаны и используются технологические процессы по регенерации отработанных масел. Эти процессы являются высокотехнологичными и включают в себя обезвоживание масел, удаление из них твердых осадков и их доасфальтизацию, вакуумную перегонку, очистку с использованием пропана или спиртов.

Другим менее предпочтительным, но более простым способом утилизации отработанных нефтепродуктов является использование их в качестве топлива для котельных. При таком способе их использования также существуют объективные трудности, а именно: повышенная зольность, наличие влаги и твердых механических загрязнений. Поэтому на практике отработанные масла после соответствующей обработки добавляют в количестве 10-25% от массы сжигаемого в котлах топлива.

Кроме этого горючие промышленные отходы сжигают в специальных установках, например таких, как камерные цилиндрические вертикальные (рис. 4.1) или в циклонные печи.

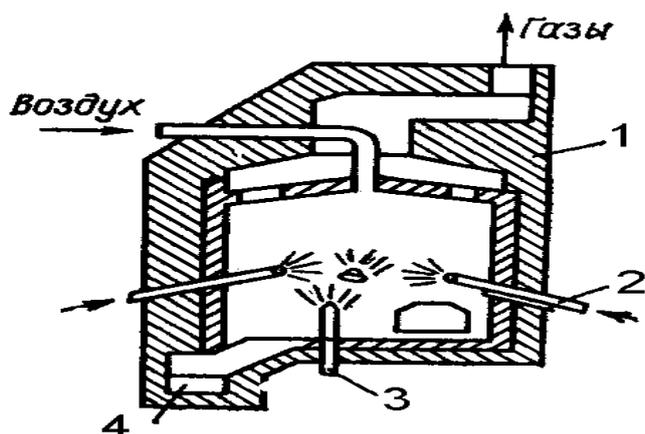


Рис. 4.1 Камерная цилиндрическая вертикальная печь:
1 – корпус; 2 – форсунка; 3 – горелка; 4 – накопитель

Но можно пойти и по другому пути – использовать отработанные нефтепродукты в качестве источника тепла, для обогрева небольших мастерских, гаражей и других аналогичных объектов, используя простые и дешевые конструкции печей.

С этой целью разработана конструкция вертикальной печи с естественной конвекцией и принудительной подачей воздуха, обеспечивающего горение (см. рис. 4.2).

Собственно конструкция печи – это труба переменного сечения, включающая топку и выхлопную трубу. Печь комплектуется двумя расходными емкостями: ёмкостью для запуска 3-5 л и ёмкостью для основного топлива 30-50 л. Выход топлива из основной емкости сделан на расстоянии 50-100 мм от днища, тем самым организована зона для сбора твердых механических примесей. Удаление последних предполагается через специальную пробку в днище ёмкости. Ёмкость для основного топлива может оснащаться трубчатым электронагревателем для предварительного подогрева (пока такой необходимости не возникало).

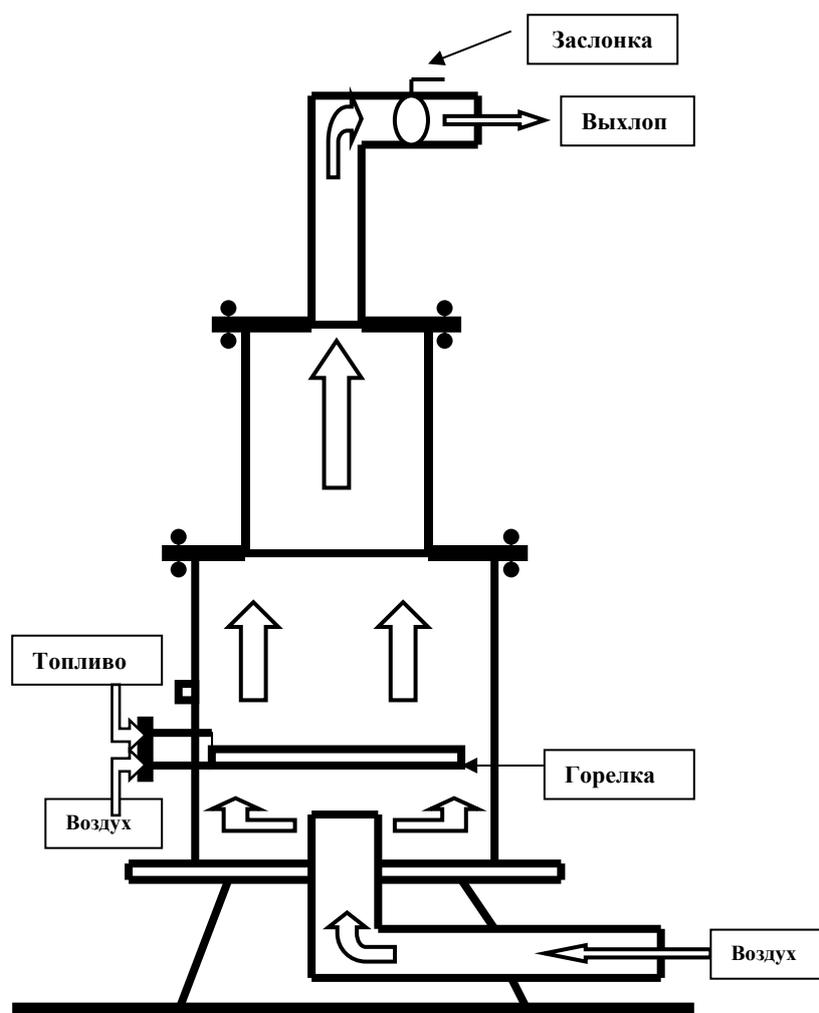


Рис. 4.2 Схема печи для сжигания отработанных автомобильных масел

Запуск печи производится на дизельном топливе или керосине. После выхода печи на рабочий режим она переводится на отработанные нефтепродукты.

В горелку отработанное масло подается по трубке – теплообменнику, которая двумя витками проложена по наружной поверхности топочного пространства. Затем подогретое топливо подается через устройство регулирования и визуализации количества продукта капельным методом в зону горения.

Горелка представляет собой емкость, изготовленную из нержавеющей трубы диаметром 45 мм, которая разрезана по диаметральной образующей и заглушена с двух сторон. Над основанием полученной таким образом емкости проходит перфорированная трубка, по которой подается воздух. Назначением его является разбрызгивание топлива, попадающего на поверхность металлической сетки, свернутой цилиндром (диаметром немногим меньше чем внутренний диаметр трубы, из которой сделана горелка). Таким способом реализована идея объемного горения топлива, включающего в себя различные фракции – легко- и трудногораемые и негораемые компоненты, например, твердые в виде лаковых, металлических и других частиц, смолы, битумы, присадки и др. С целью удаления из печи несгоревшего топлива для исключения перелива на определенной высоте в горелке имеется дренажное отверстие.

Процесс горения обеспечивается воздухом, подаваемым центробежным вентилятором. Подача воздуха осуществляется через канал в поде печи. Количество подаваемого воздуха регулируется изменением числа оборотов двигателя привода вентилятора.

Выхлопная труба печи оснащена поворотной заслонкой, которая может использоваться для управления процессом теплопередачи.

С целью обеспечения пожарной безопасности и формирования интенсивных процессов конвекции печь и часть выхлопной трубы окружены металлическим экраном. В зазор между экраном и печью вентилятором подается поток воздуха, причем сверху вниз для обеспечения более интенсивного перемешивания.

Наблюдение за процессом горения осуществляется через глазок с огнеупорным стеклом.

Розжиг печи осуществляется специальным устройством, включающим в себя шестеренчатый насос (с приводом от двигателя вентилятора наддува) вихревую форсунку и свечу накаливания. Дизельное топливо или керосин распыляются и поджигаются (свечой накаливания) в воздушном канале печи, горячие газы разогревают горелку с отработанными нефтепродуктами и воспламеняют их. Затем подача поджигающего топлива прекращается, и печь полностью переходит в режим стационарной работы на отработке. Режим розжига длится 1-2 мин.

Периодически, для дожигания трудногораемых отложений внутри печного пространства можно включать печь на пятиминутную работу на чистом дизельном топливе или керосине.

Для упрощения конструкции печи розжиг её можно осуществлять с помощью пропанбутановой горелки, в качестве привода вентилятора наддува использовать асинхронный двигатель, а регулировку количества подаваемого воздуха осуществлять заслонкой, установленной в воздушном канале.

Полнота сгорания топлива отслеживается по виду выхлопных газов (не должно быть видимого дымления), а также по виду несгоревших остатков в горелке при периодических ревизиях (должны быть только зольные остатки).

Опытный вариант печи прошёл испытания и показал неплохие эксплуатационные характеристики.

Ход работы

1. Внимательно осмотреть печь с наружной стороны.
2. Демонтировать горелку и удалив сетку, определить, по какой из имеющихся в наличии трех трубок подается воздух на борбатаж, по какой отработанное масло, а какая предназначена для удаления избытка топлива.
3. Изучить конструкции устройств, регулирующих подачу воздуха на горение и отходящих газов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие направления по переработке отработанных масел существуют в настоящее время?
2. Какие трудности существуют при использовании отработанных масел в качестве топлива для котельных?
3. Какие печи применяются в промышленности для сжигания отработанных масел?
4. Как организовано управление процессом горения в предложенной выше конструкции печи?
5. Как осуществляется розжиг печи?

Литература

1. Каралюпец, А.В. Основы инженерной экологии. Термические методы обращения с отходами / А.В. Каралюпец [и др.]. – Москва: Изд-во МЭИ, 2000. – 78 с.
2. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков. – Москва: Стройиздат, 1990. – 345 с.

Лабораторная работа № 5

СОРТИРОВКА ОТХОДОВ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СВИНЦА

Цель работы: исследование возможности сортировки легкоплавких металлов и их сплавов по температуре их затвердевания.

Структура использования свинца и его сплавов в промышленности такова, что значительная часть конечного потребления обуславливает его рассредоточение, рассеивание и безвозвратные потери, к числу таких отраслей или производств относятся: производство этилированного бензина, свинцовых красок для наружных работ, электротехническая отрасль и прочие виды использования.

Наиболее крупной областью применения свинца является производство аккумуляторов, на которые затрачивается больше $1/3$ всего выплавляемого металла. Большое количество металла расходуется при создании различных сплавов, например, для получения подшипниковых и легкоплавких сплавов и др.

Введение более жестких стандартов, регламентирующих содержание свинца в автомобильном бензине, позволяет значительно сократить безвозвратные потери свинца.

Свинец довольно устойчив к коррозии, и регенерация его относительно проста. Этим объясняется большое количество старого лома в общем объеме утилизируемого свинца за рубежом (более 87%).

Таким образом, утилизация свинца и его сплавов является актуальной задачей, но переработке любого материала должна предшествовать сортировка. Поэтому и ставится задача в быстром определении, даже пусть качественном, состава сортируемых сплавов.

Теоретическая часть

В твердом теле молекулы вещества колеблются относительно своих положений равновесия в кристаллической решетке. Если кристаллу сообщить энергию, колебания усиливаются, и кристаллическая решетка может разрушиться. Фазовый переход из твердого состояния в жидкое и обратно происходит при определенной, зависящей от давления, температуре.

Обычно температура плавления повышается с возрастанием давления. Исключение составляет вода.

В процессе плавления или затвердевания температура тела не меняется (см. рис.5.1).

Если в одном веществе растворить другое, то температура затвердевания раствора понижается с увеличением концентрации растворенного вещества.

Фазовый переход из твердого в жидкое (из жидкого в твердое) состояние сопровождается поглощением (выделением) определенной теплоты – теплоты плавления $Q_{пл}$, которая равна теплоте затвердевания.

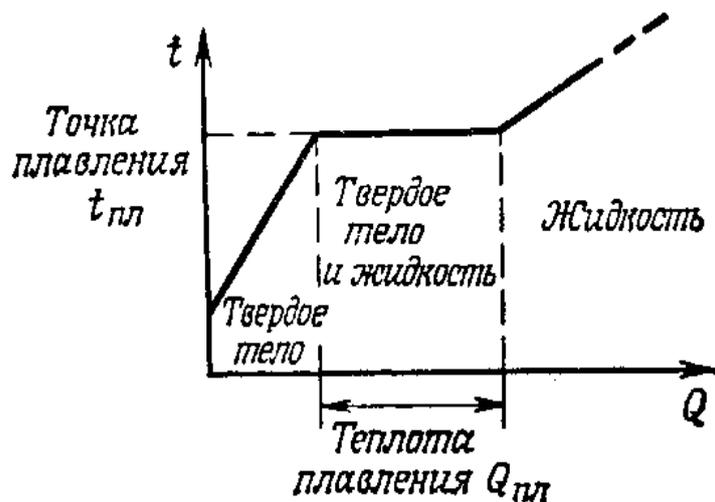


Рис. 5.1 Фазовый переход из твердого состояния в жидкое и обратно

Электрический ток в проводнике нагревает его. Превращение электрической энергии в тепловую является полным, т. е. происходит без потерь – это закон сохранения энергии. Протекающим электрическим током можно не только нагреть, но и расплавить исследуемый образец.

Теплота плавления данного тела, отнесенная к его массе, называется удельной теплотой плавления q (см. табл. 5.2). Она представляет собой количество теплоты, необходимое, чтобы перевести 1 кг твердого вещества в жидкое состояние при постоянной температуре.

Если $Q_{пл}$ – количество теплоты, необходимое для плавления;
 m – масса плавящегося тела;
 q – удельная теплота плавления, то

$$Q_{пл} = q \cdot m. \quad (5.1)$$

Если Q – выделившееся в проводнике количество теплоты;
 V – электрическое напряжение на концах проводника;
 I – сила тока в проводнике;
 R – сопротивление проводника;
 t – продолжительность прохождения тока через проводник, то

$$Q = V \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t. \quad (5.2)$$

Марку сплава с достаточной степенью точности можно определить химическим или спектральным анализом и другими физико-химическими методами. Для всех этих методов необходимы специальные приборы, оборудование и достаточно квалифицированный персонал.

Марку таких сплавов можно определить, измерив приближенно температуру начала кристаллизации сплава. Образец нужно расплавить, а затем охладить, зафиксировав температуру появления первых кристаллов.

Лабораторная установка включает в себя силовой трансформатор с падающей статической вольтамперной характеристикой, тигель-ложку и комплект

приборов для определения потребляемой мощности и температуры кристаллизации.

Исследуемый образец помещаем в тигель-ложку, штампованную из листовой меди и являющуюся одним из электродов, подключенных к источнику питания. Другим электродом является обмеднённый графитовый электрод, закрепленный в специальный держатель. Коснувшись концом графитового электрода исследуемого образца, помещенного в тигель-ложку, замыкаем электрическую цепь. Из-за повышенного сопротивления на границе «графитовый электрод – образец» происходил локальный разогрев зоны контакта, а затем и плавления всего образца. Добившись полного расплавления и перемешав концом графитового электрода расплав, силовую цепь размыкаем, удаляя из расплава графитовый электрод.

Включаем измерительную цепь, состоящую из термопары и измерительного прибора. Термопара закреплена на доньшке тигля-ложки. По показаниям измерительного прибора фиксируем начало процесса кристаллизации. Измерив температуру, соответствующую началу кристаллизации, по справочным таблицам (табл. 5.1, 5.2) определяем марку сплава.

Таблица 5.1 Удельная теплота плавления

Марка	q , кДж/кг
Олово	59,6
Свинец	23,0

Таблица 5.2 Легкоплавкие металлы и их сплавы

Марка	Состав, %	$t_{пл}$ °C
1	2	3
Олово	-	232
Свинец	-	327
ПОС-90	Олово 90 Свинец 10	220
ПОС-61	Олово 61 Свинец 39	190
ПОС-40	Олово 40 Свинец 60	238
ПОС-10	Олово 10 Свинец 90	299
ПОССу-50-0,5	Олово 50 Сурьма 0,5 Свинец остальное	216
ПОССу-40-2	Олово 40 Сурьма 2 Свинец остальное	229

1	2	3
ПОССу-30-0,5	Олово 30 Сурьма 0,5 Свинец остальное	255
ПОССу-18-2	Олово 18 Сурьма 2 Свинец остальное	270
П250	Олово 80 Цинк 20	280
П300	Цинк 60 Кадмий 40	300

Ход работы

1. Последовательно расплавить имеющиеся образцы.
2. Зная $t_{пл}$ (см. табл. 2), определить их марки.
3. Измерив U , I и продолжительность прохождения тока t .
4. Определить Q , т. е. количество теплоты, выделившееся в образцах при прохождении тока.
5. Рассчитать мощность, затраченную на процесс плавления образцов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие отрасли промышленности являются главными потребителями свинца?
2. Можно ли определить марку сплава по температуре его затвердевания?
3. Нагрев и процесс плавления образцов проводится графитовым электродом. Какое свойство электрода используется при этом?
4. Как производится замер температуры затвердевания сплава?
5. Как меняется температура тела в процессе плавления или затвердевания?

Литература

1. Кухлинг, Х. Справочник по физике / Х. Кухлинг. – Москва: Мир, 1983.
2. Келоглу, Ю.П. Металлы и сплавы. Справочник / Ю.П. Келоглу, К.М. Захаревич, М.И. Карташевская. – Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1977.
3. Ривлин, Ю.И. Металлы и их заменители / Ю.И. Ривлин, М.А. Коротков, В.Н. Чернобыльский. – Москва: Metallurgia, 1973.

Лабораторная работа № 6

МЕТОД БЫСТРОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ СТАЛИ

Цель работы: экспресс-метод определения марки стали.

Для определения состава стали в настоящее время имеются специальные лаборатории химического и спектрального анализа. Однако даже в производственных цехах, располагающих первоклассно оборудованными лабораториями, часто возникает потребность в быстрой проверке марки стали, детали или инструмента. В таком случае марки стали можно определять по искре. Этот метод остается основным для анализа в небольших мастерских, где служба по определению химического состава стали не приспособлена для немедленного обслуживания, кроме того, такая задача часто возникает и при утилизации отходов металлообработки.

Марку стали по искре определяют на основании цвета искры и количества «звездочек». Например, присутствие вольфрама в стали придает искре темно-бордовый цвет, а поэтому все стали, содержащие более 3-4% W по искре резко отличаются от углеродистой стали. По искре всегда можно безошибочно отличить быстрорежущую сталь от углеродистой, дающей светло-желтую искру в виде нитей, на которых появляются «звездочки», их количество увеличивается по мере повышения содержания углерода в стали. При определенном навыке можно различать стали по содержанию углерода с точностью 0,1-0,15%. Но качественную сталь нельзя отличить от стали обыкновенного качества, которая содержит, кроме того, серу, фосфор и другие примеси. Из-за малого количества эти примеси не придают особой окраски искре. Например, сталь марки сталь 20 в среднем содержит 0,2% С и столько же углерода содержит сталь марок сталь 3 и 4, а следовательно, искра у них будет одинакова.

В качестве примера ниже приводятся рисунки искр для некоторых марок сталей (см. Приложение). Рабочий, контролирующий сталь по искре, должен приобрести навык и заранее просмотреть искру различных образцов-эталонов, сталей известного химического состава. Обычно число марок сталей, употребляемых в данном цехе, ограничено, а поэтому их можно рассматривать по искре.

Правильность определения марки стали могут подтвердить дополнительные характеристики. К их числу относится излом. Его можно получить, если прутки стали надрезать на 1/4 диаметра или толщины, а затем сломать ударом. Например, быстрорежущая сталь (P18, P9 и др.) хрупко ломается, а излом получается мелким и несколько темноватым. Углеродистые стали (марки сталь 3, 10, 20 и др.) имеют излом более светлый и крупный, чем быстрорежущие стали. Если сопоставить данные, полученные по искре, с данными характеристиками излома, то создается большая уверенность в правильности определения марки стали. В некоторых случаях, когда возникают сомнения, можно прибегнуть к пробной закалке. Низкоуглеродистая сталь, содержащая меньше 0,25% С (марки стали 3, 4, 10, 20), после закалки при температуре 850-900° С с охлаждением в воде остается мягкой и хорошо пилится напильником. Углеродистую сталь от

легированной можно отличить по твердости после закалки с охлаждением в масле. Углеродистые стали, содержащие до 1,3% С, после закалки в масле и охлаждения пилят напильником, в то же время легированные стали (марки 9ХС, ХВГ) при охлаждении в масле после нагрева (до 820°С стали марки ХВГ и до 875°С стали марки 9ХС) приобретают высокую твердость и напильник скользит.

Таким же образом можно отличить стали марок сталь 40 или 50 от стали марок сталь 40Х или 50Х, которые по искре мало отличимы. Сталь марки сталь 40Х после закалки с охлаждением в масле имеет относительно высокую твердость и напильник будет скользить или пилить ее слабо, а стали марки сталь 40 и 50 останутся мягкими.

Твердость лучше испытывать на твердомере с алмазным конусом. Рекомендуемый режим закалки и получаемая при этом твердость некоторых марок сталей приводится в табл. 6.1. Надо помнить, что на поверхности прутков, как правило, располагается обезуглероженный слой, и его следует удалить. Необходимо пользоваться документацией, сопровождающей сталь. В ней указывается химический состав стали и размер поперечного сечения прутка. Иногда достаточно проверить один из размеров сечения, чтобы рассортировать перепутанные стали, а иногда можно разделить стали по маркам по внешнему виду, если помнить, что горячекатаная сталь всегда покрыта окалиной, а холоднотянутая имеет светлую поверхность без окалины.

Если пробу на искру произвести квалифицированно, а при необходимости учесть все дополнительные показатели стали (вид излома, твердость после закалки с охлаждением в различных средах и т. д.), то во многих случаях можно успешно рассортировать стали по маркам. Целесообразность пробы должна определяться конкретной задачей и наличием на заводе других методов анализа. Спектральный анализ и проба на искру должны дополнять друг друга.

Таблица 6.1 Режим закалки и твердость образцов из легированных и углеродистых сталей для определения их марки

Марка стали	Температура нагрева при закалке в °С	Охлаждающая среда	Твердость <i>HRC</i> образцов после закалки
1	2	3	4
Х12М, Х12Ф1	1100-1130	Масло, воздух	60-63
ШХ12, Х	835-855	Масло, вода	62-65
9ХС	850-870	То же	62-64
ХГ	840-860	– « –	62-64
ХВГ	820-850	– « –	62-64
65Г	820-860	– « –	60-64
У8, У9, У10, У12	780-810	Вода	62-64
У8, У9, У10, У12	780-810	Масло	45-52
У7	820-830	Вода	61-63
У7	820-830	Масло	40-50

1	2	3	4
40X, 45X	830-850	Масло, вода	52-60
40, 45	830-850	Вода	52-60
40, 45	830-850	Масло	30-35
38ХМЮА	930-950	Масло, вода	52-58
P18, P9K10, P9	1270-1290	Масло, воздух	62-64
10	900-920	Вода	15-20
20	860-880	То же	30-35
30	840-860	– « –	45-50

Марку стали по искре определяют на рабочем месте, имеющем точильный станок с односторонним или двусторонним шпинделем для установки одного или двух шлифовальных кругов. Каждый шлифовальный круг должен быть огражден кожухом. Работать можно при дневном свете или неярком постоянном электрическом освещении.

Точильный станок устанавливают таким образом, чтобы его шпиндель был расположен на высоте не более 1200 мм от пола; кроме того, необходимо, чтобы на станок не попадал прямой солнечный свет.

Применяют шлифовальные круги следующих характеристик:

1. Для проверки прутков, отливок и поковок:

Диаметр круга	300-350 мм
Ширина круга	40-60 мм
Зернистость	36-40
Твердость	СТ1
Скорость вращения	2000 об/мин

Правку круга производят шарошкой.

2. Для проверки готовых деталей:

Диаметр круга	150-200 мм
Ширина круга	25-40 мм
Зернистость	25-16
Твердость	СТ1
Скорость вращения	1500 об/мин

Правку круга производят карандашом из черного карборунда.

Изменять характеристику шлифовальных кругов не рекомендуется, так как круги различных характеристик дают при испытании одной и той же марки стали различный вид искры. Не следует также применять очень твердые шлифовальные круги, так как при работе такими кругами искры плохо видны, а круги скоро засаливаются. Не рекомендуется применять круги и более мягкие, чем СТ1, так как при работе ими выделяется мало искр, а круги быстро изнашиваются. Кроме станка и шлифовальных кругов, на рабочем месте должен

иметься набор эталонов сталей всех марок, применяемых на заводе. Эталоны служат для облегчения работы в случае, если на проверку поступит сталь, дающая искру, по характеру которой трудно точно определить марку стали. В этом случае, сравнивая искру, полученную от образца стали с искрой, получаемой от эталона, можно разрешить возникшее затруднение.

Размеры эталонов надо подобрать так, чтобы использование их не утомляло. Опытным путем установлен наиболее удобный размер эталонов, а именно диаметр 10-20, длина до 200 мм, вес до 200 г. Эталоны могут быть и большего диаметра, но короче, с тем, чтобы вес их не превышал указанного. На каждом эталоне должна быть четко выбита клеймом марка стали. Все эталоны надо сгруппировать по маркам сталей (углеродистые, легированные и т. д.). Проверив каждый прутки или каждую заготовку, маркируют их яркой краской.

Если на проверку поступают крупные тяжелые заготовки, нет необходимости поднимать их к кругу. Достаточно отрубить зубилом небольшой кусок металла и проверить его.

При проверке на искру прутков, поковок или отливок необходимо снять слой окалины, так как определение марки стали при наличии окалины не дает правильных результатов. В зависимости от количества окалины приходится снимать слой толщиной 1-4 мм при проверке поковок и отливок и 0,5-2 мм при проверке прутков.

Ход работы

1. Для выполнения задания включить заточной станок.
2. Обтачивая исследуемые образцы сравнивать образующиеся пучки искр с рисунками (см. приложение).
3. Определить марки сталей.
4. Зарисовать полученные пучки искр и дать им характеристику.

ВНИМАНИЕ. *При определении марки стали по искре важен не только цвет искры, но форма и длина нитей, форма и густота разветвлений, количество, форма и размер звездочек, форма кончика нитей, на которых при испытании некоторых марок сталей образуются стрелочки.*

Вопросы для самопроверки

1. Когда возникает потребность в быстрой проверке марки стали?
2. На основании каких признаков можно определять марки сталей по искре?
3. Почему в ряде случаев при проверке стальных образцов необходимо проведение дополнительных исследований?
4. Для чего нужны эталонные образцы марок сталей?
5. На какие характерные факторы при определении марки стали по искре нужно обратить внимание.

Литература

1. Бондарев, Д.Д. Практикум по металлообработке / Д.Д. Бондарев, Б.А. Соколов. – Москва: Просвещение, 1969.
2. Пятецкий, Б.Г. Справочник слесаря ремонтной мастерской / Б.Г. Пятецкий. – Москва: Россельхозиздат, 1968.
3. Верховцев, О.Г. Практические советы мастеру-любителю по электротехнике и электронике / О.Г. Верховцев, К.П. Лютов. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1984.
4. Ситанов, И.Я. Определение марки стали по искре / И.Я. Ситанов. – Москва: Машиностроение, 1968.

Лабораторная работа № 7

МИКРОХИМИЧЕСКОЕ КАПЕЛЬНОЕ АПРОБИРОВАНИЕ ЛОМА И ОТХОДОВ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ

Цель работы: изучение методики проведения качественной сортировки отходов цветных металлов, с помощью микрохимического капельного анализа.

Переработке любого вторичного сырья, в то числе лома и отходов лёгких сплавов должна предшествовать их сортировка. Это неперемное условие улучшения качества исходного сырья, повышающее его себестоимость и, как следствие, упрощающее технологию его последующей переработки с получением слитков в соответствии с ГОСТами. Поэтому поставленная задача является актуальной.

Теоретическая часть

Для сортировки и сертификации лома и отходов цветных металлов (в частности, алюминия и его сплавов) проводят апробирование, согласно существующим ГОСТам и выполнению анализа проб с определением химического состава сплавов.

При определении химического состава сплавов цветных металлов используют различные методы анализа:

- инструментальный эмиссионный спектрографический (стилометр, стилоскоп СЛ-3, спектрограф - ДФС-8 и др.);
- эмиссионный спектральный с индуктивно связанной плазмой ISP;
- атомно-абсорбционный на приборах Perkin-Elmer, AAS и др.;
- рентгено-флюорисцентный на АРФ-4, спектроскане различных типов и др.;
- рентгено-радиометрический, колориметрический;
- гравиметрический;
- оптико-микроскопический;
- электронно-зондовый на анализаторах Jeol, Camebax;
- рентгенофазовый на дифрактометрах ДРОН-2,0; 3,0.

Очень часто на пунктах приема лома и отходов цветных металлов нет современных оснащенных аналитических лабораторий. При отсутствии приборной аналитической базы сортировка лома и отходов по одним внешним признакам не всегда дает удовлетворительные результаты. В связи с этим возникает необходимость в таких простых методах испытаний, которые позволяли бы быстро и точно сортировать лом и отходы на основные группы сплавов по их химическому составу. Таким методом является качественный микрохимический анализ лома и отходов, заключающийся в следующем. Капля определенного химического состава наносится на зачищенную поверхность металла и вступает в химическую реакцию с определенными компонентами сплава, образуя химическое соединение с характерной только для него окраской.

Нередко, для распознавания сплавов, производят последовательное нанесение нескольких капель различных реактивов.

По интенсивности окрашивания капли можно судить не только о наличии определенного компонента в сплаве, но и о приближенном его количестве. Чем ярче окраска, тем выше содержание того или иного металла.

Капельное микрохимическое определение сплавов обычно начинают с применения наиболее простых химических соединений (реактивов). Сложные и трудоемкие испытания производят, по возможности, в последнюю очередь, когда число испытываемого лома после сортировки значительно уменьшается.

При апробировании и сортировке отходов данным способом алюминиевые сплавы удобно разделить на следующие группы:

- 1) чистый алюминий;
- 2) сплавы алюминия с медью (меди 1% и более) – дюралюмины;
- 3) сплавы алюминия с кремнием (кремния 5% и более) – силумины;
- 4) сплавы алюминия с медью и кремнием (меди 1% и более, кремния 2% и более);
- 5) сплавы алюминия с медью и цинком (меди 1% и более, цинка 0,3% и более);
- 6) сплавы алюминия с магнием (магния 2% и более);
- 7) сплавы алюминия с магнием и марганцем (магния 2% и более, марганца 0,5% и более);
- 8) сплавы на магниевой основе.

Сортировке предшествует предварительная подготовка лома. На сортировочно-разделочных участках подлежащий определению (апробированию) лом и отходы сортируют по весу на крупный (более 10 кг), средний (от 50 г до 10 кг) и мелкий (менее 50 г) и по внешнему виду – на лом и отходы литья и проката.

В партиях крупного лома капельному химическому анализу подвергается каждая деталь.

Средний лом и мелкий рассортировывают на партии, состоящие из одинаковых деталей или изделий, капельному микрохимическому анализу подвергают 5% от количества деталей или изделий в партии. Затем лом и отходы готовятся к микрохимическому анализу.

На деталях, подлежащих микрохимическому анализу, выбирают участок поверхности размером в 8-10 мм. Его очищают от краски, нефтепродуктов и механических загрязнений, промывают бензином, зачищают наждачной бумагой для снятия с металла окисного слоя и протирают.

В листовом и профильном ломе, так как он может иметь покрытие из чистого алюминия, апробируют поверхность, освобожденную от алюминиевого покрытия.

Для анализа применяют следующие реактивы:

- 1) 10%-ный раствор едкого натра (Na OH);
- 2) 4-5%-ный раствор соляной кислоты (HCl),

3) раствор сернокислого кадмия $CdSO_4$ (5 г сернокислого кадмия, 10 г хлористого натрия и 20 мл концентрированной серной кислоты в 1 л раствора H_2O);

4) 15%-ный раствор азотной кислоты (HNO_3);

5) 30%-ный раствор азотной кислоты (HNO_3).

Для проведения микрохимического анализа необходимы следующие материалы:

1) грубый и мелкий напильник;

2) наждачная бумага;

3) ёмкость с притертой пробкой для бензина;

4) бензин;

5) вата;

6) фильтровальная бумага;

7) шесть склянок с притертыми пробками ёмкостью в 50-100 мл с обозначенными на них номерами реактивов;

8) колба для воды 500-1000 мл;

9) сосуд в 500-1000 мл для сливания промывных вод;

10) шесть медицинских пипеток.

Ход работы

1. На подготовленную поверхность лома алюминиевого сплава наносят пипеткой одну каплю реактива 1 (10% $NaOH$). Через 5 мин смывают каплю водой и просушивают поверхность металла, прикладывая фильтровальную бумагу. Цвет получающихся пятен позволяет отнести испытуемые материалы к следующим группам:

а) белое пятно – к сплавам 1, 6, 7-й групп (чистый алюминий и сплавы алюминия с магнием);

б) никакой реакции – к сплавам 8-й группы (сплавы на магниевой основе);

в) темные пятна различного оттенка – к сплавам 2, 3, 4, 5-й групп (алюминий с медью, алюминий с медью и кремнием, алюминий с медью и цинком, алюминий с кремнием).

Для листового лома, лома труб и профилей дальнейшие испытания могут не проводиться, и все материалы, дающие темные пятна при действии реактива 1 (10% $NaOH$), относятся к дюралюминам.

2. Распознавание сплавов алюминия с медью и цинком. На темные пятна, вызванные действием реактива 1 (10%-ный $NaOH$), наносят одну каплю реактива 2 (5%-ный HCl), через 2-3 мин смывают ее водой и просушивают поверхность металла фильтровальной бумагой. Посветление пятна указывает на то, что испытуемый материал относится к группам сплавов 2, 3, 4-й (алюминий с медью, алюминий с кремнием и алюминий с медью и кремнием), никакого действия – к 5-й группе (алюминий с медью и цинком).

3. Определение чистого алюминия и сплавов алюминия с магнием. На поверхность материалов, давших белое пятно при действии реактива 1 (10%-ный $NaOH$) (чистый алюминий и сплавы алюминия с магнием), наносят

на новом месте каплю реактива 3 (раствор сернокислого кадмия $CdSO_4$). Отсутствие реакции с этим раствором указывает на принадлежность материала к группе 1 (чистый алюминий), а появление через 5 мин серого пятна или осадка свидетельствует о том, что испытуемый материал является сплавом 6, 7-й групп (сплавы алюминия с магнием с содержанием не менее 2% магния).

4. Распознавание сплавов алюминия с медью, алюминия с кремнием и алюминия с медью и кремнием. Разделение их на мало- и многомедные. На темные пятна, вызванные на сплавах реактивом (10%-ный $NaOH$) и изменившихся при действии реактива 2 (5%-ный HCl), наносят одну каплю реактива 4 (15%-ный HNO_3). Исчезновение пятна указывает на принадлежность сплава к группе 2 (сплавы алюминия с медью, с содержанием меди 1-5%). Посветление пятна или частичное сохранение пятна при действии реактива 5 (30%-ный HNO_3) говорит о присутствии сплава 4-й группы (алюминия с медью и кремнием). Отсутствие какого-либо изменения пятна при действии реактива 5 (30%-ный HNO_3) указывает на сплав группы 3 (алюминий с кремнием).

Вопросы для самопроверки

1. Для чего нужна сортировка лома и отходов лёгких сплавов?
2. Назовите примеры применения инструментальных методов анализа.
3. К какой группе относится микрохимическое капельное апробирование?
4. Какие сплавы на основе алюминия получили наибольшее распространение?
5. На чем основаны принципы микрохимического капельного апробирования?

Литература

1. Бахвалов, Г.Т. Руководство к лабораторным работам по коррозии и гальваностегии / Г.Т. Бахвалов, А.В. Турковская. – Москва: Металлургия, 1965.
2. Лахтин, Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – Москва: Машиностроение, 1980.
3. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов., М.В. Сумароков. – Москва: Стройиздат, 1990.

Лабораторная работа № 8

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД УДАЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Цель работы: изучение возможности интенсификации снятия олова с поверхности стали.

Лужение распространено при производстве белой жести для консервной промышленности, широко применяется при производстве электротехнических устройств, например, для защиты предназначенных к гуммированию медных кабелей и проводов от разрушающего действия серы, входящей в состав резины, в радиоэлектронике и других отраслях.

Поэтому актуальной следует считать задачу по утилизации олова с целью дальнейшего повторного его использования.

Теоретическая часть

Покрытие оловом на стали и чугуне не создает электрохимической защиты от коррозии, т. е. в условиях, благоприятных для работы пары сталь-среда-олово, основной металл разрушается более интенсивно, чем при отсутствии покрытия.

При взаимодействии с рядом органических кислот или с некоторыми консервированными пищевыми продуктами оловянное покрытие часто является анодом в паре с железом.

Поэтому можно применить процесс анодного растворения олова с поверхности стального лома с использованием щелочного электролита.

На аноде при протекании через него тока происходят процессы электрохимического окисления. Если электролиз осуществляется с применением растворимых металлических анодов, то на них при невысоких плотностях тока совершается процесс:



т. е. металл анода переходит в раствор в виде ионов n -валентности. В этом состоянии анод активен, и растворение его эквивалентно количеству протекающего через систему тока.

Однако довольно часто после достижения некоторой плотности тока на аноде, наряду с процессом (8.1), совершается преимущественно электрохимический процесс – разряд анионов, например:



Такое состояние анода принято считать пассивным.

Та плотность тока, выше которой анод становится пассивным, называется током пассивации. Величина тока пассивации зависит от природы металла, состава электролита, температуры и т. д. Пассивное состояние металла может

возникать по ряду причин, например, вследствие образования на поверхности анода пленки, состоящей из окислов или солей металла.

Пассивность растворимых анодов влечет за собой понижение в растворе концентрации ионов катодного осаждаемого металла, увеличения расхода электроэнергии и т. п.

При растворении оловянных анодов механизм анодной пассивности сводится в основном к следующему: при сравнительно низких плотностях тока анод растворяется с образованием двух валентных ионов олова:



Ионы олова накапливаются в слое электролита, граничащего с анодом, и концентрация Sn^{2+} становится здесь тем более высокой, чем выше плотность тока. При наличии примесей в аноде и электролите на аноде начинают выпадать соли, создавая на его поверхности пористую пассивную пленку.

Эффективная плотность тока на аноде становится настолько высокой, что соответствующий ей анодный потенциал возрастает до значения, достаточного для разряда ионов OH^- из электролита по уравнению (8.2).

В результате этого процесса в порах ранее образовавшейся пленки возникают новые соединения олова окисной природы. Анод становится полностью пассивным.

Для снижения вероятности приобретения анодом пассивного состояния в гальванотехнике используется реверсивный ток (постоянный ток, периодически меняющий свое направление).

В зависимости от вида и режима (плотности тока, температуры электролита и др.) режим реверсирования тока может быть различный. Чаще всего каждый период реверсирования состоит из 90% времени, затрачиваемого на катодную поляризацию и 10% времени, затрачиваемого на анодную поляризацию. Следовательно, аноды ванны периодически поляризуются соответственно анодно или катодно.

Реверсирование тока – положительный фактор анодного процесса в системах с растворимыми анодами.

Таким образом, скорость электролиза лимитируется рядом факторов и в том числе током пассивации анодов. При реверсировании тока в каждый период катодной поляризации анодов происходит активирование их и, таким образом, предоставляется возможность осуществлять процесс при более высокой анодной плотности тока без опасения, что аноды приобретут пассивное состояние.

Использование для процесса электролиза щелочного электролита имеет еще одно положительное значение. Сырье, подвергаемое обработке, не нужно обезжиривать, удалять старые лакокрасочные покрытия и т. п. Для этой цели применяется то же оборудование и тот же процесс.

При электрохимическом способе обезжиривания обрабатываемое изделие в качестве катода помещают в ванну, наполненную раствором щелочи. Анодами служат пластины из стали, практически стойкие в щелочном растворе. При плотности тока 3-10 А/дм² совершается процесс электролиза, при этом на катоде происходит разряд M^+ , а на аноде – OH^- . Околокатодный слой электролита

обогащается ионами OH^- , которые вступают во взаимодействие с жирами и переводят их в мыла, а выделяющиеся пузырьки газообразного водорода механически отделяют от поверхности металла мелкие капли не омыляемых веществ.

Определить массу металлического покрытия можно по результатам взвешивания и, например, расчетным путем, зная толщину покрытия и площадь образца.

Узнать толщину покрытия можно разными методами, например, капельным способом. Этот способ заключается в том, что на заданный участок поверхности покрытия последовательно наносят одну за другой капли растворителя, причем каждую каплю выдерживают определенное время. Такие испытания производят в трех точках поверхности изделия. Перед нанесением свежей капли раствора старую удаляют фильтровальной бумагой. Конец испытания фиксируется моментом обнажения участка основного металла, равного величине половины поверхности, занимаемой каплями, или появлением окрашенного пятна под каплями.

Толщину покрытия на данном участке рассчитывают по общему числу капель, израсходованных на растворение покрытия в каждой данной точке поверхности:

$$\sigma = (N - 1) \cdot K_1, [\text{мкм}], \quad (8.4)$$

где N – число капель растворителя, израсходованное при испытании до изменения окраски пятна; K_1 – толщина покрытия, удаленного одной каплей растворителя в течение определенного промежутка времени (это время зависит от природы растворителя и температуры испытания).

Результаты трех испытаний усредняются.

Точность определения капельным методом равна $\pm 20\%$.

Реактивом для определения толщины олова, находящегося на железе, является $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при концентрации 90 г/л. Время выдержки капли должно быть по 30 с. Величина K_1 при температуре 20°C равна 1,75.

Для сравнения эффективности двух режимов электролиза определяется выход металла по току. При определении выхода по току руководствуются двумя законами, устанавливающими соотношение между количеством полученных (удаленных) при электролизе продуктов и количеством прошедшего через электролит электрического тока.

Весовые количества веществ, претерпевших превращение на электродах, пропорциональны количеству протекшего электричества.

Весовые количества различных веществ, полученных на электродах под действием одного и того же количества электричества, соотносятся между собой как их химические эквиваленты.

Для выделения на электроде одного грамм-эквивалента любого вещества необходимое количество электричества составляет 96 493 кулона. Эту величину, обозначенную буквой F , называют электрохимическим эквивалентом.

Так как $1 \text{ A} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ кулону}$, а 1 A -ч соответствует $1 \text{ A} \cdot 60 \text{ мин} = 3600 \text{ кулонам}$, то $1F = \frac{96493}{3600} = 26,8, [\text{A} \cdot \text{ч}]$.

Следовательно, если через раствор, из которого осаждается металл (или, наоборот, в который снимается), протекает ток 1А в течение t ч, то теоретически возможное количество m металла, севшего на катод (или удаленного с анода), будет составлять

$$m = \frac{It\mathcal{E}_m}{26,8}, [\text{г}], \quad (8.5)$$

где \mathcal{E}_m – эквивалентный вес металла, равный A/n (A – атомный вес металла, n – валентность металла), для олова физико-химические константы: Sn^{2+} , $A = 118,7$, $\mathcal{E}_m = 59,35$.

Однако если взвесить электрод, то можно заметить, что практически металла выделилось меньше, чем по уравнению (8.5). Это расхождение объясняется тем, что на осаждение (удаление) металла затрачивается лишь часть протекающего через электрод тока. Остальная часть его расходуется на побочные электрохимические процессы, например, на выделение водорода.

Выраженное в процентах отношение весового количества металла m_0 , выделившегося на катоде (удаленного с анода), к его теоретически вычисленному весовому количеству m в соответствии с приведенными выше законами называется катодным выходом металла по току.

Таким образом, выход по току:

$$\eta = \frac{m_0}{m} \cdot 100\% . \quad (6)$$

Ход работы

1. На аналитических весах определяется масса двух образцов до проведения электролиза.
2. Один из образцов обрабатывается по стандартному режиму; плотность тока $\approx 1,5 \text{ А/дм}^2$.
3. Второй образец обрабатывается на реверсивном токе, плотность которого $\approx 3 \text{ А/дм}^2$.
4. По завершению процесса оба образца взвешиваются опять.
5. Определяется время электролиза.
6. Рассчитать катодный выход металла по току.

Вопросы для самопроверки

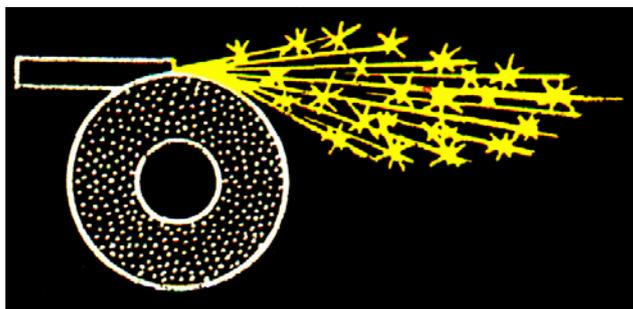
1. Какой процесс используется для удаления олова с поверхности стали?
2. Что такое явление пассивации анода?
3. Каким способом можно обезжировать сырье?
4. Что такое реверсивный ток?
5. Что такое выход металла по току?

Литература

1. Бахвалов, Г.Т. Руководство к лабораторным работам по коррозии и гальваностегии / Г.Т. Бахвалов, А.В. Турковская. – Москва: Металлургия, 1965.
2. Лахтин, Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – Москва: Машиностроение, 1980.
3. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов., М.В. Сумароков. – Москва: Стройиздат, 1990.

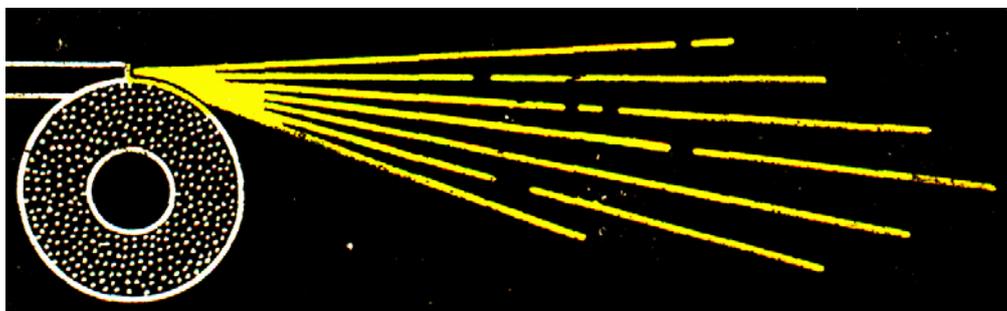
ПРИЛОЖЕНИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА ПУЧКА ИСКР СТАЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК



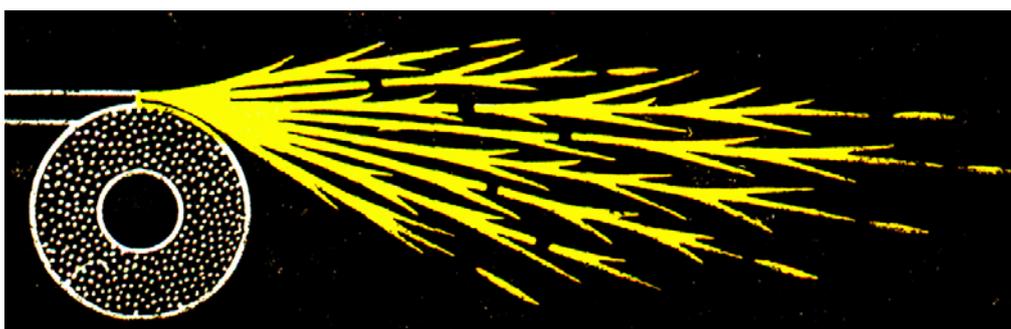
Сталь X12Ф1

Искры желтые, короткие, густые звездочки, концы нитей острые



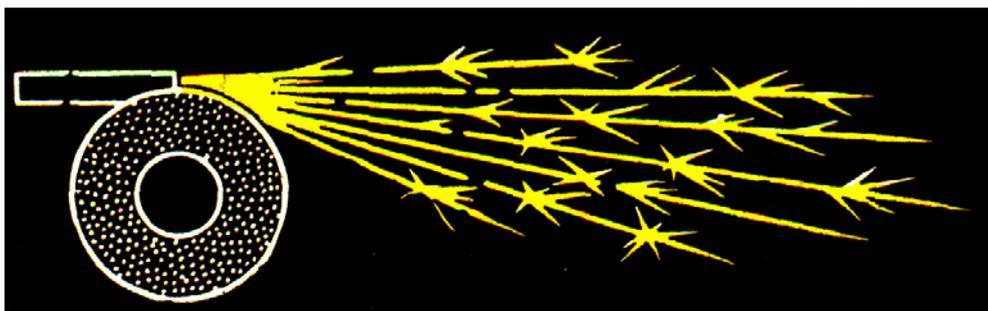
Железо Армко

Искры светло-желтые, прямые без разветвлений



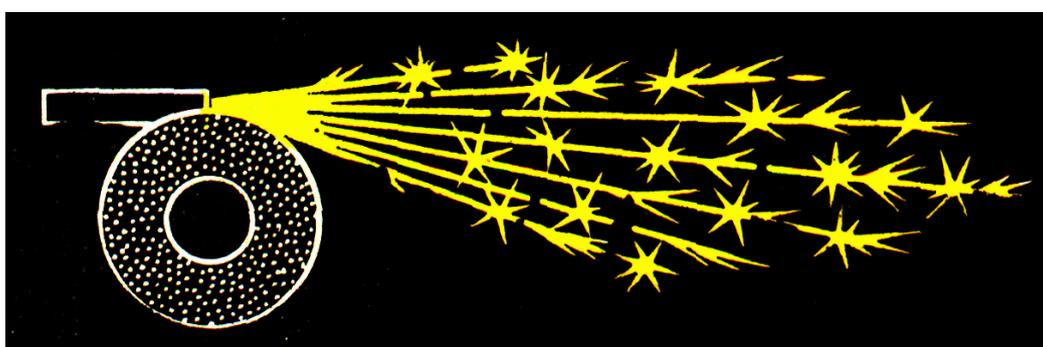
Сталь 12ХН3А

Искры желтые с разветвлениями, на концах искр стрелочки, звездочек нет



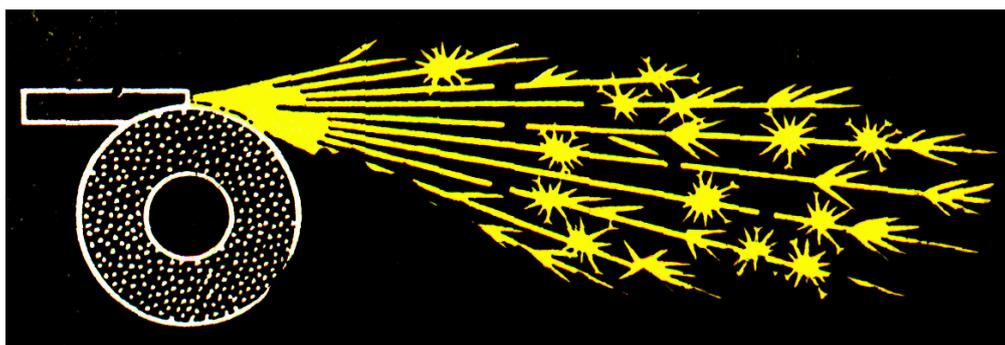
Сталь 10

Искры светло-желтые с малым количеством разветвлений, небольшое количество звездочек, кончики нитей острые



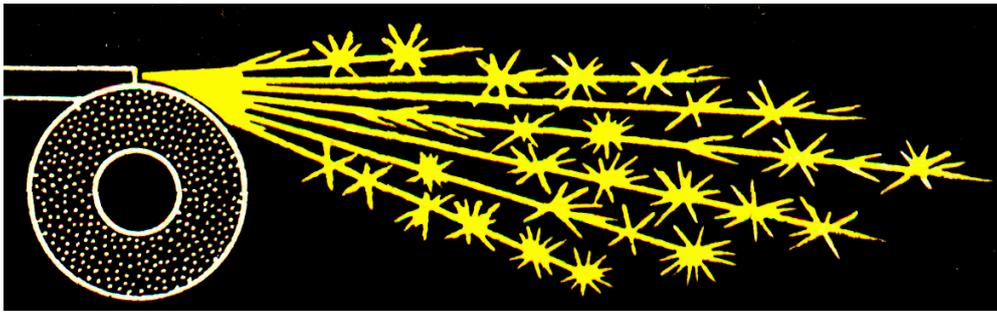
Сталь У8, У10

Искры светло-желтые, разветвлений и звездочек больше, чем у стали 10



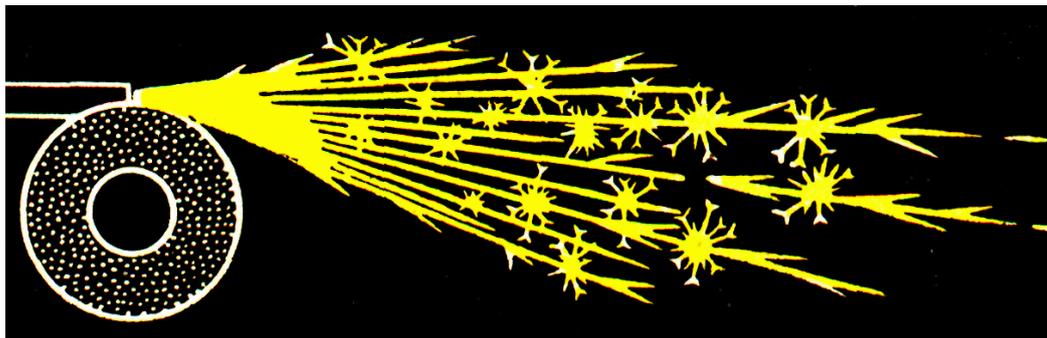
Сталь 25, 30

Искры светло-желтые, разветвлений много, густые звездочки, концы нитей тонкие



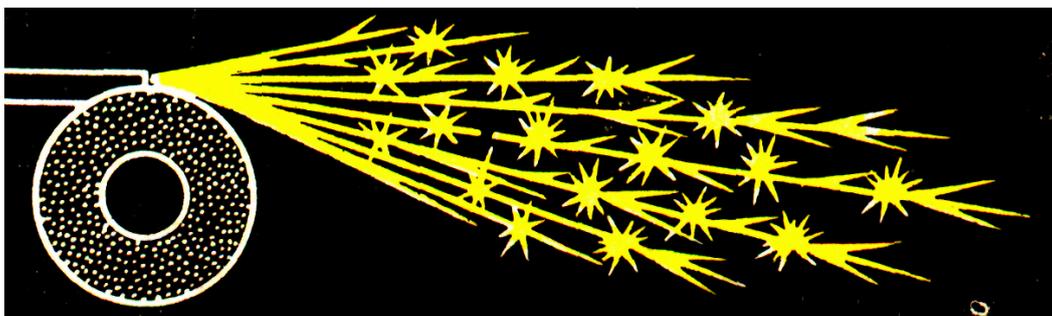
Сталь У12

Искры светло-желтые, мелкие, густые звездочки



Сталь 40XH, 5XNM

Искры светло-желтые, в центре искр выделяются густые звездочки, на концах нитей небольшое количество стрелочек



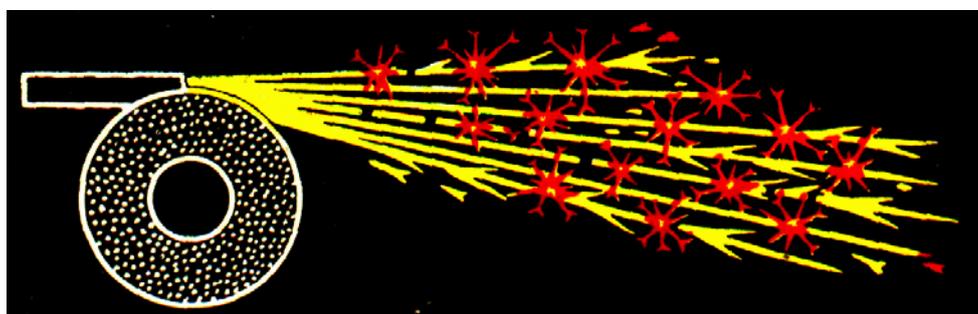
Сталь 40,45

Искры светло-желтые, разветвления сильно развиты, на разветвлениях крупные звездочки, концы нитей острые



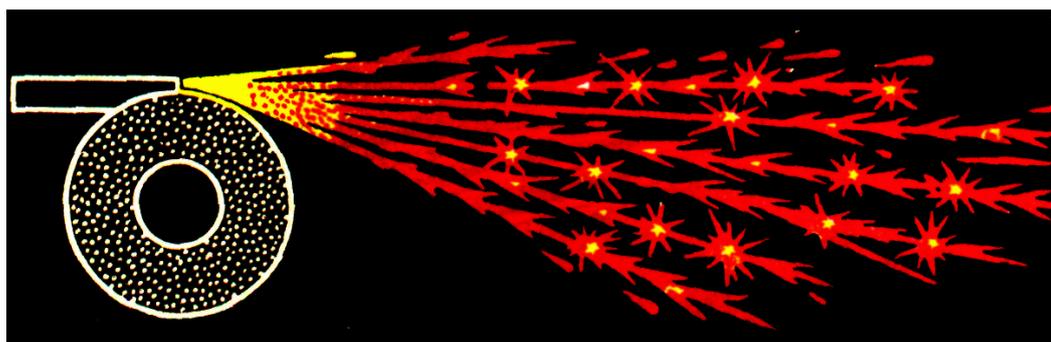
Сталь 4ХС, 30ХГСА, 35ХГСА

Искры светло-желтые, на концах нитей стрелочки, на разветвлениях выделяется несколько светлых звездочек



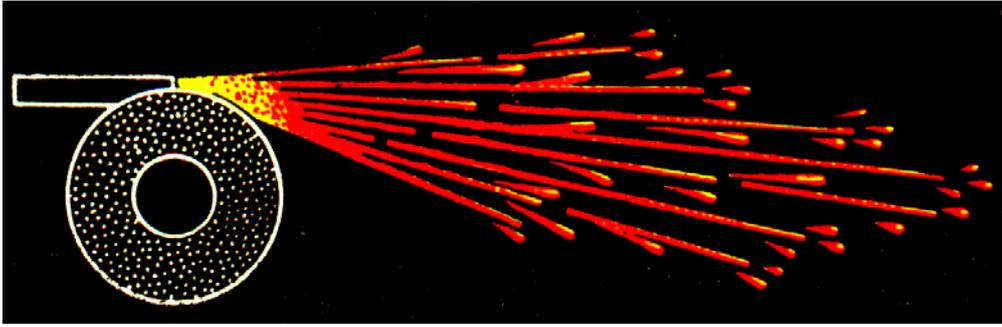
Сталь Х, ХГ, ШХ15, ШХ9

Искры желтые, на разветвлениях большое количество мелких светло-красных звездочек



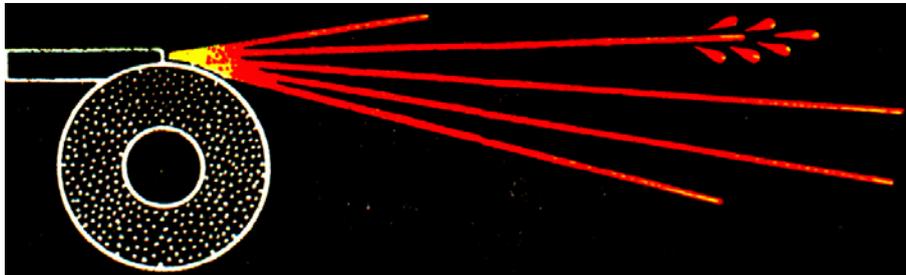
Сталь 9ХС

Искры темно-желтые со светло-красными разветвлениями и большим количеством звездочек



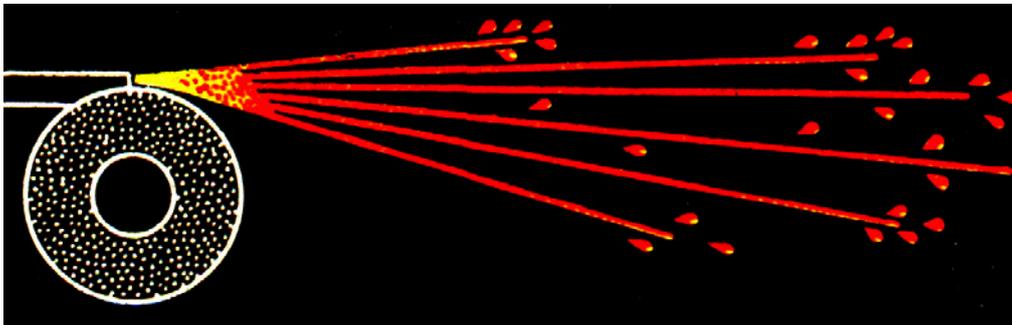
Сталь P9

Искры бордовые прямолинейные с небольшими круглыми звездочками на концах



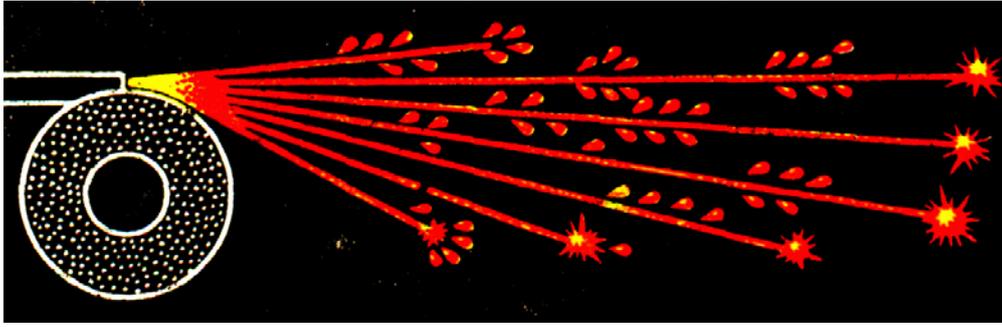
Сталь P18

Искры темно-малиновые с желто-красными крапинками



Сталь 3X2B8

Искры бордовые, нити с ярким желто-красным пучком вначале и крупинками на кончиках, с редкими и мелкими разветвлениями



Сталь ХВГ

Искры темно-малиновые, светлые и яркие разветвления с мелкими отдельными
желто-красными пучками и крапинками

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие указания	3
Лабораторная работа № 1 Вторичное использование щелочных аккумуляторов.....	4
Лабораторная работа № 2 Продление ресурса работы люминесцентных ламп	10
Лабораторная работа № 3 Очистка воды с помощью безэлектродных электрохимических реакций.....	15
Лабораторная работа № 4 Утилизация отработанных нефтепродуктов	21
Лабораторная работа № 5 Сортировка отходов сплавов на основе свинца.....	26
Лабораторная работа № 6 Метод быстрого определения марки стали	30
Лабораторная работа № 7 Микрохимическое капельное апробирование лома легких сплавов	35
Лабораторная работа № 8 Электрохимический метод удаления металлических покрытий.....	39
Приложение Характеристика пучка искр сталей различных марок.....	44

Учебное издание

Марк Борисович Лещинский

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Редактор Е. Билко

Подписано в печать 26.05.2014 г. Формат 60x90 (1/16). Уч.-изд. л. 3,5.
Печ.л. 3,2. Тираж 50 экз. Заказ № 31.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1