

Изобретение относится к способам электрохимической обработки и может быть использовано при полировании поверхности изделий из ниобия и его сплавов.

Известен "Способ электрохимической обработки ниобия и его сплавов" (Авт. св. СССР №1431387, кл. С25F3/26, 1988), в котором удаление металла с поверхности изделий происходит в результате его анодной обработки в полирующем растворе, содержащем плавиковую и серную кислоты, при колебаниях анодного потенциала в пределах 2,5 ... 12,5В и плотности тока в интервале 1 - 20А · дм<sup>-2</sup>, причем колебания тока и потенциала, необходимое условие протекания процесса ЭХП, возникают вследствие вращения детали-анода и ее принудительной вибрации в момент затухания колебаний.

Недостатком способа является сложность управления таким колебательным режимом электрохимического полирования (ЭХП) металла.

В качестве прототипа выбран "Способ полирования ниобия" (Авт. св. СССР №1292397, кл. С25F3/26, 1987), включающий анодную обработку деталей постоянным током в растворах серной и плавиковой кислот до достижения анодного потенциала 2 - 30В при многократном включении и выключении напряжения во внешней цепи, причем обработку ведут в гальваностатическом режиме при достижении плотности тока 2 - 10А/дм<sup>2</sup>, и после самопроизвольного падения анодного потенциала до постоянного значения после отключения источника тока последний вновь включают и режим обработки повторяется.

Достижимая при этом шероховатость поверхности  $R_a = 0,025 - 0,05 \text{ мкм}$ .

К недостаткам прототипа относится высокая шероховатость обработанной поверхности, а также сложность контроля и управления режимом обработки.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа ЭХП ниобия и его сплавов, в котором путем применения принципа положительной обратной связи исключено применение электрода сравнения, подключаемого к аноду, а следовательно, нет электрической цепи контроля за его показаниями, что значительно упрощает управление режимом обработки, и, кроме того, задание режима ЭХП производится в автоматическом режиме до возникновения (самостимуляции) устойчивых колебаний величины тока, обеспечивается непрерывность работы источника тока, а это приводит к улучшению качества полировки.

Поставленная задача решается таким образом, что в способе ЭХП ниобия и его сплавов, включающем анодную обработку изделия постоянным током в электролитической ванне с полирующим раствором на основе плавиковой и серной кислот при потенциале от 2 до 30В, подключение электролитической ванны к источнику тока производят таким образом, чтобы между ними осуществлялась обратная связь по току и возникали непрерывные колебания тока без отключения источника тока, причем глубину обратной связи устанавливают так, чтобы величина плотности тока изменялась в пределах 10 по 25А/дм<sup>2</sup>.

Новизна изобретения заключается в основном функциональном признаке - организации

принципа обратной связи источника тока с электролитической ванной для полировки изделий.

Причинно-следственная связь между отличительными признаками и достигаемым техническим результатом состоит в том, что обратная связь преобразует прерывистый режим обработки изделия при постоянном потенциале и затухающих колебаниях тока в непрерывный импульсный режим обработки, при колеблющемся потенциале и незатухающих колебаниях тока, что и приводит к улучшению показателей качества поверхности и упрощения управления процессом.

Практически способ может быть реализован, например, по схеме, представленной элементами и связями на фиг.1.

Деталь-анод 1 и катод 3 погружают в ванну 2 с полирующим раствором 4. Напряжение на электродах и ток ЭХП регистрируют на двухканальном осциллографе 5. Макет источника тока состоит из повторителя на транзисторах ПТ1 и операционного усилителя ОУ 1, охваченного положительной обратной связью по току через раствор и резистор обратной связи  $R_3$ . Резистором  $R_1$  устанавливают уровень постоянного выходного напряжения ванне, резистором  $R_2$  регулируют коэффициент усиления ОУ 1.

Процесс осуществляется следующим образом. Ток ЭХП, характеризуем затухающими колебаниями по амплитуде, проходя через ванну 2 с раствором 4 и резистор обратной связи  $R_3$  усиливается с помощью ОУ 1 так, что возникают синфазные колебания тока и напряжения на выходе источника тока, В результате этого источник тока работает в автоколебательном режиме, а колебания величины тока ЭХП становятся незатухающими, т.е. осуществляется самостимуляция колебательного электрохимического процесса на аноде в условиях его ЭХП. Возникновение тока ЭХП и, следовательно, автоколебаний в работе источника тока не наблюдается в растворах, утративших полирующие свойства. Таким образом, режим самостимуляции колебательного электрохимического процесса является не только следствием работы положительной обратной связи по току в источнике тока, но и результатом внутренних колебательных процессов в электролитической ванне и на аноде, влияющих на эффективность ЭХП, как это отмечено в работе Севрюковой Л.М. "Электрохимическое полирование и анодное окисление сверхпроводящих резонаторов" (Труды НИИЯФЗА. - М.: Атомиздат. - Вып.5. - 1975. - С.3 - 8).

Характеристики задаваемого режима самостимуляции могут быть самыми различными, в зависимости от глубины положительной обратной связи, как показано на фиг.2 "Жесткий" режим (фиг.2а) при плотности тока до 15А · дм<sup>-2</sup> и напряжении на клеммах источника тока 2,5 - 4В служит для сглаживания поверхностей с большой шероховатостью. "Мягкий" режим (фиг.2б) с импульсами напряжения до 25А · дм<sup>-2</sup> служит для получения зеркальной поверхности. Управление режимами ЭХП обеспечивается в широких пределах с помощью регулирования напряжения на коллекторе транзистора ПТ1 (фиг.1).

Реализация способа описана в следующих примерах.

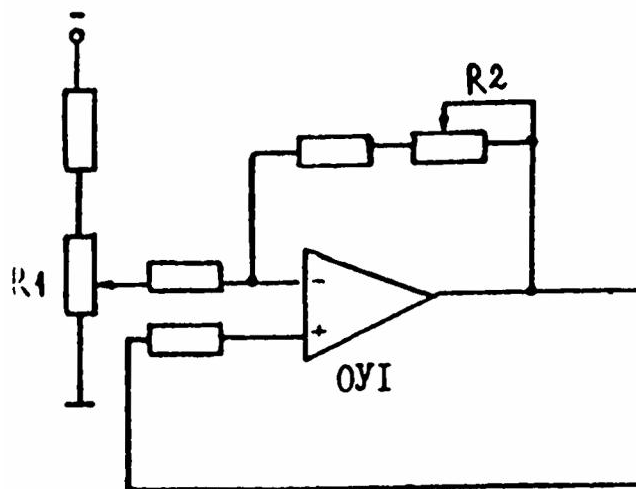
Пример 1. В электролит состава  $\text{HF-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$  помещали образец из ниобия площадью 14см<sup>2</sup> для

ЭХП. Напряжение на коллекторе транзистора ПТ1 равно 12В, ток, протекающий через раствор 1 - 3,5А, при этом напряжение на электродах  $U = 10В$ , а плотность тока равна  $25А/дм^2$ . Шероховатость поверхности детали после обработки 0,21 - 0,026мкм. Временные диаграммы напряжения и тока приведены на фиг.3а.

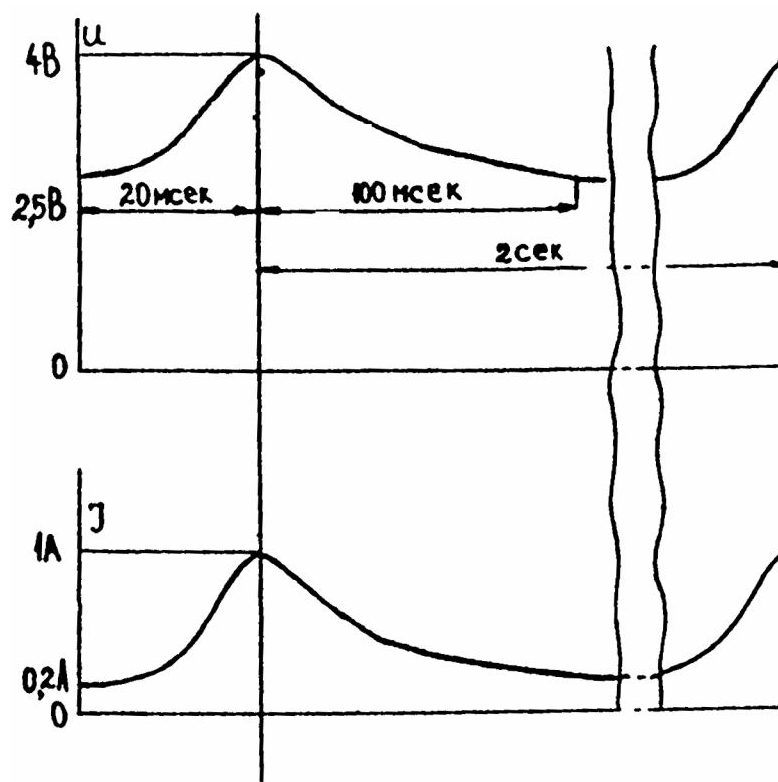
Пример 2. В электролит состава  $HF-H_2SO_4-H_2O$  погружен образец ниобия площадью  $14см^2$  и подано напряжение на коллектор транзистора ПТ 14В. Ток, протекающий через раствор, составил 1,4А, а напряжение на электродах равно 3,5В. В данном случае обеспечивалась плотность тока  $10А/дм^2$ . Шероховатость поверхности обработанного изделия составила 0,018 - 0,021мкм. Временные диаграммы напряжения и тока приведены на фиг.3б.

Таким образом, шероховатость поверхности, получаемая в результате этих примеров, составляет 0,018 - 0,026мкм, что значительно ниже, чем у прототипа 0,025 - 0,05мкм.

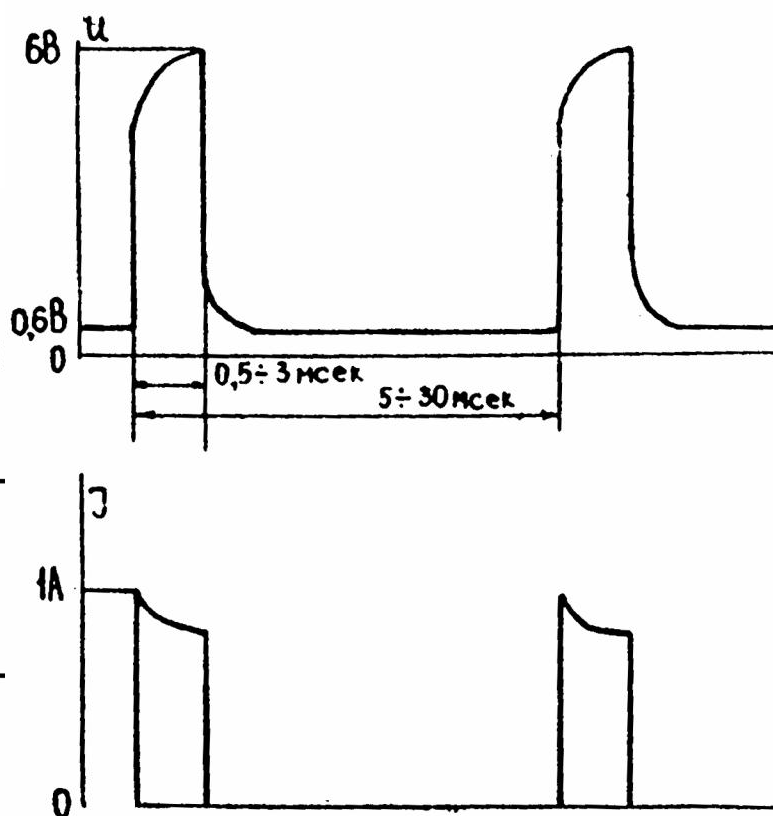
Стабилизация параметров колебательного режима (амплитуды импульсов и их скважности) и управление режимом ЭХП достигается более простым способом - регулировкой глубины обратной связи с помощью набора резисторов  $R_1R_2R_3$  (на фиг.1), визуальным контролем режима на экране осциллографа. Упрощен контроль за полирующими свойствами раствора - по исчезновению токовых колебаний в неполирующем растворе - что дает дополнительный эффект в виде аварийной остановки процесса при исчезновении импульсов тока. У прототипа подобный контроль затруднен вследствие малой надежности применяемого способа возбуждения токовых колебаний, как это отмечалось у Севрюковой Л.М.



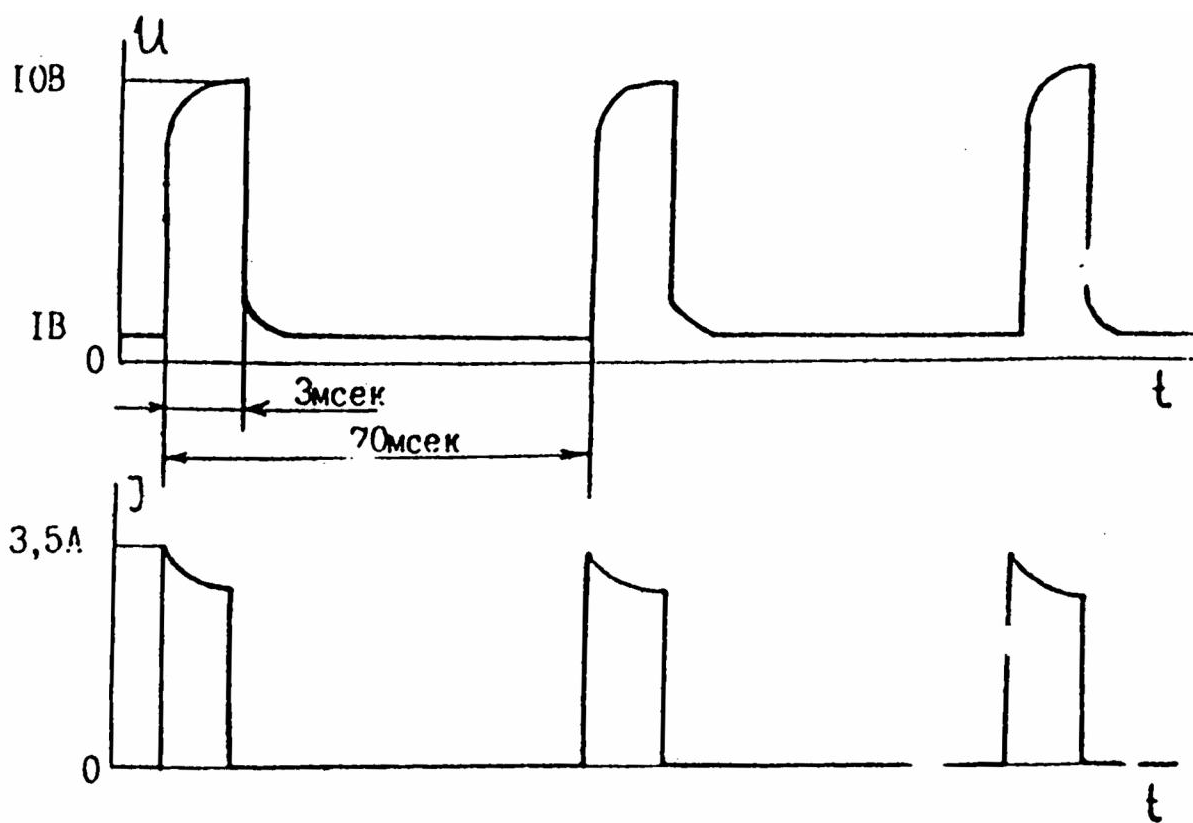
Фиг. 1



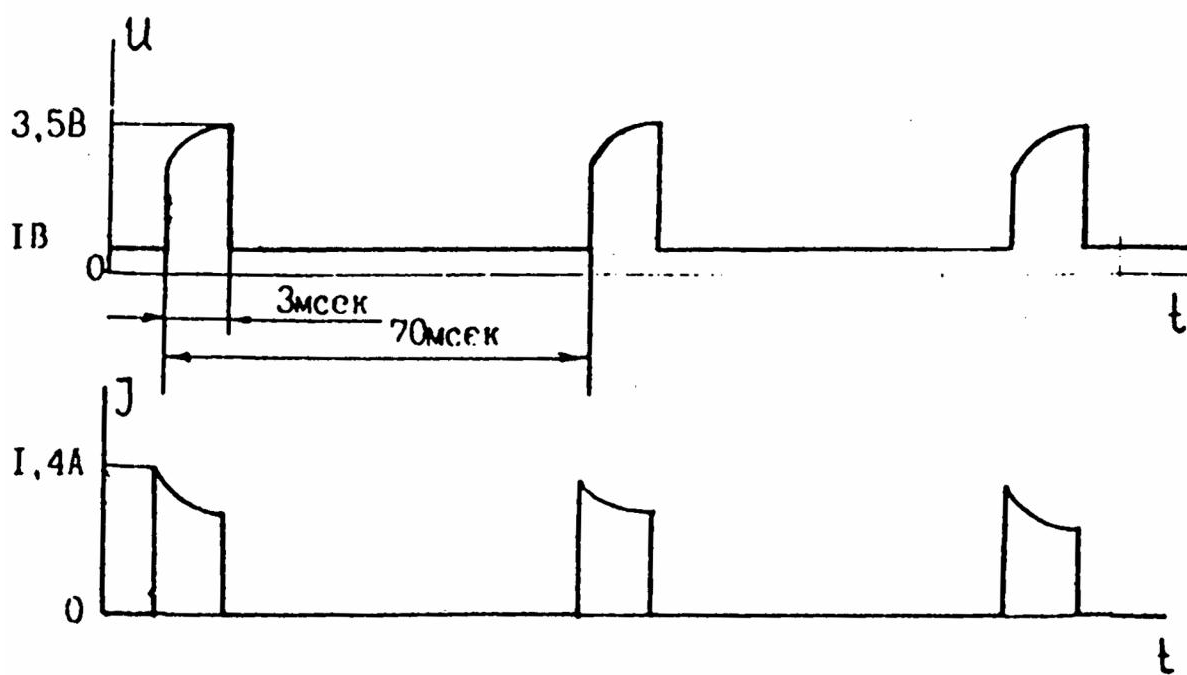
Фиг. 2 а



Фиг. 2 б



Фиг. 3 а



Фиг. 3 б