

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
B23H 3/02

(45) 공고일자 2004년03월26일

(11) 등록번호 10-0407873

(24) 등록일자 2003년11월20일

(21) 출원번호	10-1997-0701749	(65) 공개번호	10-1997-0706097
(22) 출원일자	1997년03월18일	(43) 공개일자	1997년11월03일
번역문제출일자	1997년03월18일		
(86) 국제출원번호	PCT/IB1996/000661	(87) 국제공개번호	WO 1997/03781
(86) 국제출원일자	1996년07월09일	(87) 국제공개일자	1997년02월06일
(81) 지정국	국내특허 : 브라질 캐나다 중국 헝가리 일본 대한민국 멕시코 폴란드 싱가포르 우크라이나 EA 유라시아특허 : 아르메니아 벨라루스 키르기즈 카자흐스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 투르크메니스탄 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 사이프러스 독 일 덴마크 스페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴		

(30) 우선권주장 95112271 1995년07월18일 러시아(RU)  
96200881 1996년04월01일 EP(EP)

(73) 특허권자 코닌클리케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.

(72) 발명자 네덜란드왕국, 아인드호펜, 그로네보드스베그 1

짐매브 네시치 젓.

러시아 450071, 우파, 31-12, 50-레티야 에스에스에스알  
재즈세브 알렉산드르 엔.

러시아 450096, 우파, 32.1-27, 레소테크니쿠마  
벨로그르스키 알렉산드르 엘.

러시아 450083, 우파, 16-36, 파코바야  
아가포노브 이고르 엘.

러시아 450054, 우파, 82-36, 프로스펙트 옥타브리야  
아미르차노바 네일라 에이.

러시아 45 5, 우파, 165-49, 레블루션아자  
쿠센고 빅토르 엔.

러시아 450058, 우파, 12-43, 50-레티야 에스에스에스알  
무츠허트디노브 라페일 알.

(74) 대리인 러시아 45 5, 우파, 84-49, 스버드로바  
이병호

**심사관 : 김천희**

**(54) 양극성펄스들에의한전기화학적이계가공방법**

**명세서**

**기술분야**

<1> 본 발명은, 소재(workpiece)과 전기 도전성 전극(electrically conductive electrode) 사이에 양극성 전기 펄스들을 인가함으로써 전해질 내에서 전기 도전성 소재를 전기 화학적으로 기계 가공하는 방법에 관한 것으로, 하나 또는 그 이상의 정규 극성(normal polarity)의 전류 펄스들이 반대 극성의 전압 펄스들과 교번되는, 상기 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 이러한 방법은 러시아 특허 명세서 SU 144-636 A1 호에 매우 강하고 경질인 강철 및 합금으로 도구를 형성하거나 또는 복잡한 프로파일을 갖는 부품을 제조하는 데 사용할 수 있는 것으로 공지되어있다. 소재의 정규 극성의 전류 펄스들이 전극에 대해 양이고, 소재의 금속이 전해질 내에서 용해하는 동안, 동시에 패시베이션(passivation) 층들이 소재의 표면에 형성된다. 반대 극성의 전압 펄스들 동안에, 소재는 전극에 대해 음이고, 표면의 디패시베이션(depavation)이 발생한다. 동시에, 소재 근처에서 전해질은 물로부터 수소를 생성하는 결과로서 알칼리성으로 된다. 높은 pH값은 소재 위의 패시베이션 층이 용해하는 반응을 일으킨다. 반대 극성의 전압 펄스는 전압 펄스 지속시간의 대략 0.5 내지 2배의 길이를 갖는 멈춤 이후에 이어진다.

<3> 상술한 공지된 방법의 단점은 고생산성, 정밀성 및 기계 가공 수준의 확보를 위해 반대 극성의 전압 펄스의 전압 값을 변화시키기 위한 최적의 제한(optimum limit)이 알려져 있지 않다는 사실에 있다. 전극 용해는 전극의 사이즈 및 형상의 변화를 일으키고, 그 결과, 정밀성 및 표면 질(surface quality)을 악화시킨다.

<4> 미국특허 제 3,654,116 호에는 정규 극성의 펄스가 반대 극성의 펄스와 교번되는 양극성 펄스들을 이용한 전기 화학적 기계 가공법이 개시되어 있다. 반대 극성의 펄스들의 진폭 및/또는 지속시간 및/또는 위치는 이들 펄스들의 효과가 패시베이션을 상쇄(cancel)하기에 충분하도록 제어되는 방식으로 제어된다. 그러나, 이 공지된 방법은 반대 극성의 펄스들의 진폭이 높여야 할 최적의 제한들을 밝히고 있지 않다.

### 발명의 상세한 설명

<5> 본 발명의 목적은 소재의 개선된 정밀성, 생산성 및 기계 가공수준을 갖는 기계 가공방법을 제공하는 데 있다. 본 발명의 다른 목적은 상기 방법을 수행하기 위한 장치를 제공하는 것이다. 이를 위하여, 서두에서 규정한 형태의 방법에 있어서, 전압 펄스들의 진폭은 소재의 표면 질의 발생과 전극의 소모의 발생으로부터 유도된 2개의 소정 값들 사이에서 조정되고, 이러한 유도는 소재의 기계 가공에 선행하는 적어도 1회의 테스트에 의해 유효해지는 것을 특징으로 한다.

<6> 진폭이 높여야 할 최적의 제한들을 결정하기 위한 선행 테스트에 의해, 전극의 용해와 기계 가공 정밀도의 연속적인 악화는 배제되고, 더욱이 높은 기계 가공 효율이 얻어지는데, 이는 예컨대, 광택 가공(lustrous finish)의 형태로 정의된 표면 질이 수행된다.

<7> 크롬-니켈강이 기계 가공될 때, 환경적인 요구들에 응하기에 쉽도록, 이들 동작 조건 하에서, 6가의 독성 크롬(hexavalent toxic chromium)의 감소된 농도가 폐기 전해질 용액(waste electrolyte solution) 내에 잔존하는 것이 나타난다.

<8> 반대 극성의 전압 펄스들의 진폭이 높일 수 있는 제한들은 본 발명에 따른 방법의 변형에 의해 결정되고, 이는, 테스트 동안에, 전압 펄스들의 진폭이 초기값으로부터 최종 값까지 점차로 증가되고, 이러한 2개의 소정 값들이 전극과 소재 사이에 갭의 특성을 나타내는, 파라미터의 연속적인 값들 사이의 차(difference)의 부호 반전에 따라 결정되는 것을 특징으로 한다.

<9> 전극 및 소재 사이 갭의 특성을 나타내는 파라미터의 연속 값들 사이 차의 부호 반전의 발생이 반대 극성의 전압 펄스들의 주어진 진폭에서 특징적인 현상이라는 것은 알려져 있다. 제 1 부호 반전은 전압 펄스들의 진폭이 소재의 광택 표면을 만드는 범위의 초기에 나타난다. 제 2 부호 반전은 전극이 전해질 내에 용해하기 시작하고 기계 가공 정밀도가 악화되기 시작할 때, 즉각적으로 나타난다. 테스트 동안에, 반대 극성의 전압 펄스들의 진폭은 올라가고, 2개의 연속적인 부호 반전동안에 해당 진폭이 저장된다. 그 후, 2개의 해당 진폭은 기계 가공 공정이 계속 되는 범위 내에서 2개의 소정 값들을 형성한다.

<10> 반대 극성의 펄스들이 인가되지 않는다면, 정규 극성의 전류 펄스들의 종료 직후에, 전극과 소재 사이의 전압은 0이 아니라, 더 이상의 전류 펄스들이 인가되지 않는다면, 0까지 점차로 감소하는 분극 전압(polarization voltage)과 같다. 본 발명에 따라, 테스트 동안에, 전압 펄스들의 진폭은 분극 전압에 대응하는 초기 값으로부터 전극이 전해질 내에서 용해하기 시작하는 전압보다 크지 않은 최종 값까지 증가된다.

<11> 전극과 소재 사이 갭의 특성을 나타내는 파라미터에 대한 방법의 제 1 변형은 전류 펄스들 동안, 갭을 가로지르는 전압에서 전체 진폭의 극소점(global minimum)이라는 것이고, 이 극소점이 소재와 전극 상호에 대해 진동 운동(oscillatory movement)으로부터 발생하는 것을 특징으로 한다. 이러한 경우에 파라미터는 갭을 가로지르는 전압이다. 또한, 전극과 소재 사이에 연속적인 운동과 별개로 진동 운동이 있다. 예를 들면, 전극은 사인곡선 운동을 수행하고, 소재는 진동 전극의 방향으로 연속적으로 이동한다. 정규 극성의 전류 펄스들은 전극이 소재에 가장 가까이 있을 때, 시간 간격으로 인가된다. 전류 펄스들 동안에 전극과 소재 사이 갭을 가로지르는 전압은 극소점을 갖는 파형이다. 이러한 극소점의 전압 값은 반대 극성의 전압 펄스들의 진폭에 의존하여 나타난다. 테스트 동안에, 반대 극성의 전압 펄스들의 진폭은 점차로 증가되고, 연속적인 극소점들의 전압 값의 차가 계산된다. 그 차의 부호 반전이 나타나자마자 반대 극성의 전압펄스의 대응하는 진폭이 결정된다.

<12> 테스트 동안, 반대 극성의 전압 펄스들의 진폭은 정규 극성의 각 전류 펄스들 후에 주어진 스텝 사이즈에 의해 증가된다. 비교적 작은 스텝 사이즈의 경우에, 연속적인 극소점의 전압 값에서 측정 가능한 변화는 비교적 많은 전류 펄스들 후에만 발생한다. 이러한 경우에, 많은 극소점들의 연속적인 전압 값이 일치되어야 하고, 부호 반전을 충분한 정밀성으로 측정하는 것을 허용하기 위해 평균되어야 한다. 통상적으로 2개의 연속적인 펄스들 사이의 부호 반전은, 비교적 큰 스텝 사이즈가 사용될 때, 측정 가능하게 될 것이다. 최적의 스텝 사이즈는 전압 펄스들의 진폭의 제한들에 대해 원하는 정밀도에 의존한다.

<13> 테스트 동안에, 소정의 갭 사이즈가 유지된다. 이러한 목적을 위해, 본 방법의 또 다른 변형은 전류 펄스들 동안에, 소재와 전극 사이의 전압에 극대(local maximum)가 발생하는 것과 같은 방법으로 전극과 소재 사이 갭의 사이즈가 제어되는 것을 특징으로 한다. 전류펄스는 전해질을 가열한다. 전극이 소재로부터 멀어질 때 공동화 현상(cavitation)이 일어나고, 전해질이 끓기 시작하여 갭 내에 여분의 버블 형성(extra bubble formation)을 초래한다. 이것은 전해질의 저항의 일시적 증가를 일으키고, 전류 펄스들 동안에, 전극과 소재 사이의 전압 변화에 극대점으로서 명백히 나타난다.

<14> 또한, 전극과 소재사이에 갭의 특성을 나타내는 파라미터에 대한 갭의 다른 특성을 사용하는 것이 가능하다. 이러한 목적을 위해, 본 발명에 따른 방법의 제 2 변형은 파라미터가, 전압 펄스들 동안에, 갭을 가로지르는 전류의 적분인 것을 특징으로 한다.

<15> 이러한 경우에, 전압 펄스들 동안에, 전극과 소재 사이의 갭을 통해 흐르는 순간 전류가 측정된

다. 이 전류의 적분은 부호 반전의 검출을 위한 파라미터로서 작용한다.

- <16> 본 발명의 세 번째 변형은 파라미터가, 전류 펄스들 동안에, 갭을 가로지르는 전압의 적분인 것을 특징으로 한다.
- <17> 이러한 다른 방법에서, 전류 펄스들 동안에, 전극과 소재 사이의 갭을 가로지르는 순간전압이 측정된다. 이러한 전압의 적분은 부호 반전의 검출을 위한 파라미터로서 작용한다.
- <18> 상기한 2개의 다른 방법들은 전극과 소재 사이의 전압에서 극소점이 나타나지 않는 경우에 적당하다. 이러한 극소점의 부재는 소재와 전극 사이의 진동운동이 발생하지 않는 사실이 원인이 될 수 있다. 또 다른 원인은 진동 운동이 수행되지만, 각 전류 펄스가 전해질의 너무 높은 온도와 과잉 공동화 현상을 방지하기 위해 일군의 단 펄스들(short pulses)로 나뉘는 것이 될 수도 있다. 이때, 극소점은 전혀 또는 거의 측정할 수 없다.
- <19> 또 다른 변형은, 저항 변동에서 부호 반전이 검출되는 경우에, 갭을 가로지르는 저항의 측정과, 갭 사이즈의 변동에서 부호 반전이 검출되는 경우에, 갭 자체의 사이즈의 측정이다. 후자의 경우에, 반대 극성의 전압 펄스들의 진폭의 보다 좋은 값은 본 방법의 변형 예에 의해 결정될 수 있는 데, 이것은 테스트 동안에 전압 펄스의 진폭이 증가되고, 소재와 전극 사이의 갭의 사이즈가 측정되고, 갭 사이즈의 이전 값과 다음 값에 대한 측정된 값 사이의 차가 연산되고, 전압 펄스의 진폭은 이 차의 부호 반전의 발생에 따라 결정되고, 다음 기계 가공은 이렇게 결정된 진폭으로 계속되는 것을 특징으로 한다.
- <20> 상기 다른 특성의 경우에 전극 및 소재 사이에 진동 운동을 수행하는 것은 더 이상 필요 없다는 것을 주의해야 한다.
- <21> 더욱이, 반대 극성의 전압 펄스는 처리할 소재의 동일한 디패시베이션 효과를 실현하기 위해 정규 극성의 전류 펄스들사이의 멈춤보다 짧아질 수도 있다.
- <22> 또한, 본 발명은 1개 이상의 정규 극성의 전류 펄스들이 반대 극성의 전압 펄스와 교번되는, 양극성 전기 펄스를 인가함으로써 전해질 내 전기 도전성 소재를 전기 화학적으로 기계 가공하는 장치에 관한 것이다. 본 방법, 특히 부호 반전이 전극과 소재 사이 갭의 특성을 나타내는 파라미터로 검출되는 시험을 수행하기 위한 장치는,
- <23> 전극(6)과;
- <24> 전극(6)과 소재(2)이 그 사이 갭(5)을 유지하도록 이격된 관계로 위치시키기 위한 수단(4,40)과;
- <25> 전극(6)과 소재(2) 사이에 갭(5)으로 전해질을 공급하기 위한 수단(3)과;
- <26> 소재(2) 및 전극(6)에 전류 펄스를 공급하기 위해, 소재(2)과 전극(6)사이 전기적으로 접속 가능한 전류원(14)과;
- <27> 전압 펄스를 소재(2) 및 전극(6)에 공급하기 위해, 소재(2)과 전극(6)을 전기적으로 접속 가능한, 제어 가능한 출력 전압을 갖는 전압원(16)과;
- <28> 소재(2) 및 전극(6)에 전류원(14) 및 전압원(16)을 교대로 접속하기 위한 수단(20, 24)과;
- <29> 전압원(16)의 출력 전압을 점차로 변화시키기 위한 제어 신호(CSU)를 발생하기 위한 수단(44, 28)과;
- <30> 소재(2)과 전극(6) 사이에 펄스의 전압 및/또는 전류 파형을 분석 및 저장하기 위한 수단(26, 28, 30)과;
- <31> 펄스의 전압 파형 또는 전류 파형 또는 전극(6)과 소재(2) 사이의 갭(5)을 가로지르는 저항으로부터 유도된 파라미터의 연속 값들 사이의 차에서 부호 반전을 검출하기 위한 수단(28)과;
- <32> 부호 반전의 검출에 따라 전압원(16)의 제어신호의 순간 값을 저장하기 위한 수단으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- <33> 전류원은 소재의 전기 화학적 기계 가공을 위해 필요한 전류 펄스들을 공급한다. 이상적인 전류 펄스는 로드의 저항 값에 관계없이 주어진 전류를 공급하는 매우 높은 출력 임피던스를 갖는 전원이다. 그러나, 실제로 출력 임피던스는 제한이 되나, 그럼에도 불구하고 공급된 전류는 전극과 소재사이의 순간 저항에 무관하다. 갭을 가로지르는 전압의 변화는 갭을 가로지르는 저항에 의해 거의 전적으로 나타나고, 전류원 자체의 출력 임피던스는 나타나지 않는다. 이러한 전류원은 극소점에서 상기 부호 반전 및 갭을 가로지르는 전압의 적분에서 부호 반전의 측정을 가능하게 한다. 그러나, 만약 선택된 파라미터가 전류 펄스들 동안에 전류의 적분이라면, 높은 출력 임피던스를 갖기 위해 전류원이 필요하지 않다. 실제로, 정규 극성의 전류펄스들 동안에, 전압의 파형은 반대 극성의 전압 펄스들 동안에, 전류의 측정에 어떠한 역할도 하지 않는다. 주어진 조건 하에서, 전류원의 출력 임피던스는 너무나 낮아서 전류원이 전압원으로서 작용할 수도 있다.
- <34> 전압원은 소재 표면의 디패시베이션에 필요한 반대 극성의 전압 펄스들이다. 이상적인 전압원은 로드의 저항에 관계없이 주어진 전압을 공급하고, 매우 낮은 출력 임피던스를 갖는 전기 전원이다. 그러나, 실제로 출력 임피던스는 제한되어 있으나, 공급된 전압은 전극과 소재 사이의 순간 저항에 매우 무관하다. 갭을 통하는 전류의 변화는 갭을 가로지르는 저항에 의해 거의 전적으로 나타나고, 전압원 자체의 출력 임피던스는 무관하다. 특히, 반대 극성의 전압 펄스들 동안에 전류의 적분이 측정될 때, 낮은 출력 임피던스의 전압원을 갖는 것이 바람직하다. 정규 극성의 전압 펄스들 동안에 갭을 가로지르는 전압의 적분에 부호 반전 및 극소점에 부호 반전이 측정될 때, 반대 극성의 전류 펄스들 동안에 전류의 파형은 부수적인 역할을 한다. 전압원의 출력 임피던스는 너무 높아서 전압원이 전류원으로서 작용할 수도 있다.
- <35> 전압원의 출력 전압은, 테스트 동안에, 전압 펄스들의 진폭의 점진적인 변화가 이루어지도록 제어된다. 전류원 및 전압원은 전극 및 소재에 교대로 연결되고 그래서 양극성 펄스들을 발생시킨다. 만약

전극 및 소재가 상호 진동 운동을 수행 한다면, 상기 펄스는 바람직하게는, 전극과 소재사이에 가장 가까운 지점에서 전류 펄스의 중심이 일치하는 방식으로 진동에 동기 된다.

<36> 전극과 소재 사이에 갭을 가로지르는 전압 및/또는 갭을 통하는 전류의 변화는 시간의 함수로서 측정되고, 메모리에 저장된다. 바람직하게는, 전류 및 전압은 측정 데이터가 저장되는 컴퓨터가 연결된 아날로그-디지털 변환기(analog-to-digital converter)에 의해 측정된다. 측정 데이터를 분석함으로써 컴퓨터는 측정 파라미터의 변화에서 부호반전을 연산 및 검출한다. 또한 컴퓨터는 전압원의 출력 전압을 제어하기 위한 제어 신호를 발생한다. 테스트 동안에 전압원의 출력 전압은 컴퓨터로부터 제어 신호의 명령 하에 점차로 변화된다. 컴퓨터가 부호 반전을 검출 하자마자, 관련 제어 신호가 저장된다. 테스트 종료에 의해, 제어신호는 부호 반전에서 발견된 값 사이에서 조정된다.

<37> 테스트 동안에, 전류 및/또는 전압 분석 대신에 갭 사이즈 변화의 분석이 적당한 위치 센서 및 이와 연결된 아날로그 디지털 변환기에 의해 수행될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- <38> 도1은 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 장치의 개략도.
- <39> 도2는 본 발명에 따른 방법의 변형 예에서 나타나는 신호들의 파형을 도시한 도면.
- <40> 도3은 본 발명에 따른 방법이 수행되는 동안에 전극과 소재 사이의 전해질 상태 변화를 나타낸 도면.
- <41> 도4는 본 발명에 따른 방법의 변형 예에서 나타나는 신호의 파형을 도시한 도면.
- <42> 도5는 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 교류 펄스의 파형을 도시한 도면.
- <43> 도6은 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 장치의 실시예의 전기 블록도.
- <44> 도7은 본 발명에 따른 방법을 수행하는 동안 반대 극성의 전압 펄스들의 진폭과 진행 파라미터 사이의 관계를 도시한 도면.
- <45> 도8은 본 발명에 따른 방법의 변형 예가 수행되는 동안 전극과 소재 사이에 발생하는 전압의 파형을 도시한 도면.
- <46> 도9는 본 발명에 따른 방법의 진행 단계 중 하나의 흐름도.

### 실시예

<47> 도1은 소재(2)의 전기 화학적 기계 가공을 위한 장치를 도시한 것이다. 소재(2)은 모터(10)에 의해 구동되는 크랭크샤프트(crankshaft)(8)에 의해 소재(2)에 대한 진동 운동을 수행하는 전극(6)을 향해, 공급 속도( $V_k$ )로 이동하는 테이블(4)에 의해 운반된다. 예를 들어, 소재는 크롬-함유 강(chrome-containing steel)으로 제조된다. 예를 들어, 알칼리 금속의 질산 수용액 전해질은 소재(2)과 전극(6) 사이에 갭(5)내에서 흐르고, 압력( $P_1$ )에서 저장용기(3)로부터 순환된다. 소재(2), 테이블(4) 및 전극(6)은 전기 도전성이다. 전극(6) 및 테이블(4)은 양극성 전기 펄스를 전극(6) 및 테이블(4)에 공급하는 전원(12)에 연결된다. 전기 펄스들은, 테이블(4)이, 따라서 소재(2)이, 전극(6)에 대해 양성이기 때문에, 정규 극성의 전류 펄스들을 포함하고, 이 펄스는 소재(2)이 전극(6)에 대해 음성이기 때문에, 반대 극성의 전압 펄스들과 교번된다. 정규 극성의 전류 펄스들 동안에 소재(2)의 금속은 전해질 내에서 용해하고, 반면 동시에 패시베이션 층이 소재(2)의 표면 위에 형성된다. 반대 극성의 전압 펄스 동안에 표면은 디패시베이트 된다. 동시에, 소재(2) 부근에서 전해질은 물로부터 발생한 수소 때문에 알칼리성이 된다. 높은 pH-값은 소재(2) 위의 패시베이션화가 용해하는 반응을 일으킨다.

<48> 도2의 곡선(1)은 전극(6)과 소재(2)사이 갭(5)의 사이즈( $S(t)$ )의 변화를 나타낸다. 도2의 곡선(11 및 111)은 각각 갭(5)을 가로지르는 전압(U)의 변화와 갭(5)을 통하는 전류(I)의 변화를 나타낸다. 정규 극성의 전류 펄스들 및 진폭( $I_p$ )은 도2의 곡선(1V)으로 표시된 시간 간격( $t_i$ )으로 인가되고, 전극(6)은 소재(2)에서 가장 가까운 곳에 배치된다. 이러한 전류 펄스들 동안에, 갭(5)을 가로지르는 전압은 도2의 곡선(11)으로 도시한 바와 같이 극소점을 갖는다. 전류 펄스는 도2의 곡선(V로) 도시한 바와 같이, 반대 극성 및 진폭( $U_n$ )의 전압 펄스들과 시간 간격( $t_u$ )으로 교번된다.

<49> 전극(6)이 소재(2)으로 접근하는 초기단계에서, 비교적 큰 갭 사이즈( $S_{max}$ )의 경우에(도3 참조), 전해질 흐름은 난류(turbulent)이고, 전해질은 증기 및 기체 버블을 포함한다. 이 단계에서 전극(6)과 소재(2)사이의 공간은 비교적 큰 전기 저항을 가지며, 이것은 도2에서 곡선(11)의 전압(U)의 제 1 최대 값으로부터 나타난다. 전극(6)이 접근한 결과로서, 전해질 내에 압력이 증가하여, 증기와 기체 버블이 용해하여 전해질이 고르고 균일하게 갭 내에 있게 되고, 높은 전류 밀도가 작은 갭 사이즈로 수행될 수 있도록 한다. 그 결과, 도2의 곡선(11)에서 전압(U)에 극소점이 나타나는 것으로부터 알 수 있는 바와 같이, 전기 저항이 감소하게 된다. 전극(6)과 소재(2)사이의 거리가 증가하고, 증기 및 기체 버블이 재생된 결과로서, 전기 저항은 도 2의 곡선(11)에 도시한 바와 같이, 제 2 최대점까지 증가한다. 전력의 공급은 전해질을 너무나 격렬하게 끓게하기 시작하여 갭 내에 과잉의 버블 형성을 일으킬 수도 있다. 갭 내에 여분의 버블 형성은 전해질의 전기 저항을 일시적으로 증가시키고, 이것은 전류 펄스들 동안에 소재와 전극 사이의 전압(U)의 변화에서 극대점으로서 명백하게 나타난다.

<50> 이러한 격렬한 버블 형성은 반대 극성의 전압 펄스들과 교번되는, 정규 극성의 전류 펄스군의 인가에 의해 방지할 수 있다. 이러한 양극성 펄스 모양은 도5에 도시되어 있다. 이 때, 공정이 보다 꾸준하게 진행하면 동일한 최소 갭 사이즈를 보다 정밀하게 발생한다.

<51> 도6은 본 발명에 따라 동작하는 전원(2)을 포함하는 본 발명에 따른 전기 화학적 기계 가공 장치의 전기 블록도이다. 전원(12)은 그 진폭이 신호 제어(CSI)에 의해 가변 되는 전류( $I_p$ )를 공급하는 전류



원(14)과, 신호 제어(CSU)에 의해 가변되는 출력 전압(Un)을 공급하는 가변 전원(16)으로 이루어진다. 전류원(14)의 네거티브 터미널 및 가변 전압원(16)의 포지티브 터미널은 모두 선택적인 직렬 저항기(18)를 통해 전극(6)에 연결된다. 전류원(14)의 포지티브 터미널은 스위치(20)를 통해 소재(2)에 연결된다. 스위치(20)는 동기 유닛(22)에 의해 공급되는 신호(Si)의 제어 하에 시간 간격(ti)을 두고 닫힌다. 가변 전압원(16)의 네거티브 터미널은 스위치(24)를 통해 소재(2)에 연결된다. 또한, 동기 유닛(22)에 의해 공급되고, 모터(10)의 동기화를 제공하는 스위치(24)는 신호(Su) 제어 하에 시간 간격(tu)으로 닫힌다(도2 참조). 전극(6)과 소재(2) 사이의 아날로그 전압(U)은 아날로그 디지털 변환기(analog-to-digital converter, 26)를 이용하여 터미널(32, 34)에서 측정되고, 디지털 신호(DU)로 변환되어, 컴퓨터(28) 내에서 저장, 분석 및 계산된다. 만약 원한다면, 또한 갭을 통한 전류(I)는 아날로그 전압 강하를 디지털 신호(DI)로 변환하고, 디지털 신호(DU)와 유사한 방식으로 컴퓨터(28)에 의해 계산되는 제2의 아날로그 디지털 변환기(30)에 의해 터미널(36, 38)에서 직렬 저항기(18)를 가로지르는 전압 강하를 측정하는 것에 의해 측정될 수 있다. 직렬 저항기(18)대신, 변류기 또는 다른 어떤 적당한 인터페이스를 이용하는 것도 가능하다. 만약 적당한 순간에 아날로그 디지털 변환기(26)의 입력 터미널이 터미널(32, 34)을 가로지르는 전압 측정으로부터 터미널(36, 38)을 가로지르는 전류 측정으로 전환한다면 아날로그 디지털 변환기(30)는 필요 없게 될 것이다. 동기 유닛(22), 아날로그 디지털 변환기(26, 30) 및 컴퓨터(28)는 시각 펄스(도6에는 도시 안됨)를 공급받고, 이것은 양극성 전류 펄스 및 전극의 진동 발생의 동기화로 데이터 준비 및 데이터 처리를 보장해준다. 테이블(4)의 위치는 테이블(4)의 변위를 측정하는 신호(OS)를 공급하는 위치 센서(40)에 의해 제어된다. 컴퓨터(28)는 전류원(14)에 대한 제어 신호(CSI) 및 적당한 인터페이스(42, 44)를 통해 제어 가능한 전압원(16)에 대한 제어신호(CSU)를 발생하며, 이것은 예를 들어 디지털 아날로그 변환기에 의해 발생될 수도 있다.

<52> 테이블(4)의 공급 속도(Vk)를 제어하는 것에 의해 갭(5)은 도4에 도시한 바와 같이 극대점(U3max)이 나타나게 되도록 제어된다. 이 극대점은 아날로그 디지털 변환기(26) 및 컴퓨터 또는 오실로스코프의 도움으로 전압(U)의 분석에 의해 결정될 수 있다. 그러나, 만약 원한다면, 갭(5)의 사이즈에 대한 다른 어떤 원하는 동작점, 즉 전압(U)에 극대점(U3max)이 나타나지 않는 동작점이 선택될 수도 있다.

<53> 실험은 분극 전압(Upol)과 전극(6)이 해리되기 시작할 때의 전압(Un2)사이의 간격에서 반대 극성의 전압 펄스의 전압(Un)의 변화를 나타내고 있는 데, 처리는 주어진 조건, 즉 극소점의 Umin 값(도2, 곡선(11) 참조)이 첫 번째 진폭(Un=Un1)에서 최소 점(Umin=Up)을 통과하고 이어서 증가되기 시작하여 진폭(Un=Un2)에서 최대점(Umin=Up)을 통과하게 되는 조건 하에 수행된다. 이 상황을 도7에 도시하였다. 분극 전압(Upol)은 만약 반대 극성의 펄스가 인가되지 않는다면, 전극(2)과 소재 사이에 정규 극성의 종료 직후의 전압이다. 도8의 곡선(1)을 참조한다. 만약 더 이상의 전류 펄스가 인가되지 않는다면, 분극 전압(Upol)은 점차로 0까지 감소할 것이다. 제 1 영역에서, 전압(Un)이 Upol과 Un0 사이에 있을 때, 어두운 산화 막이 소재(2) 표면 위에 존재할 것이다. 이 때 전압(Un)은 이 산화 막을 디페시베이트하기에 아직 충분하지 않다. 제2 영역에서, 전압(Un)이 Un0과 Un1 사이에 있을 때, 반대 극성의 전압 펄스들의 인가는 효과를 발생시키고, 소재(2)의 표면은 점차 광택이 있게 된다. 다음 제 3 영역에서, 전압(Un)이 Un1과 Un2 사이에 있을 때, 소재(2)의 공급 속도(Vk)는 용해 공정이 산화 층 없이 보다 효율적으로 진행하기 때문에 상당히 증가하게 된다. 소재(2)의 표면은 이 때 매우 광택이 있고, 평균 거칠기(Ra)는 0.1 $\mu$ m 보다 작게 될 것이다. 크롬-함유 강의 경우에는 광택 층의 크롬 함유량이 단극성 처리의 경우보다 높은 것으로 발견되었다. 더욱이, 이들 조건하에서 전해질 용액 내에 독성의 60이 크롬 이온의 농도는 감소된다. Un=Un1 값은 작은 갭 사이즈(St)와 균일하고 버블이 없는 전해질의 동작조건이 되어 각각 높은 복사 정밀도와 소재의 높은 용해 속도를 만드는 원인이 된다. 전극(6)은 Un=Un2 값에서 용해되기 시작하고, 이것은 기계 가공 정밀성의 저하의 원인이 되기 때문에 바람직하지 않다.

<54> 반대 극성의 전압 펄스의 전압(Un)은 가장 좋은 효과를 위해 Un1 및 Un2의 제한 범위 내에서 유지된다. 본 발명에 따르면, 이들 제한 범위는 소재(2) 처리전의 선행 실험에 의해 결정된다. 이러한 목적을 위해, 전압(Un)은 주어진 조건하에 분극 전압(Un=Upol)과 동일한 시작 값으로부터 전극의 해리가 시작되는 전압(Un=Unmax) 보다 크기 않은 최종 값까지 점차로 증가된다. 2개의 연속 전류펄스사이에서 전압(Un)은 한 스텝( $\Delta$ Un)씩 증가된다. 각 전류 펄스에 대해 전압(Umin)이 측정되고 선행 전류 펄스의 Umin과의 차가 계산된다. 만약 첫 번째 부호 반전이 이 차이 내에서 발생한다면, 이것은 도7에 그래프의 Un=Un1 값을 생기게 한다. 만약, 복수의 펄스 후에 두 번째 부호 반전이 이 차이 내에서 발생한다면 Un=Un2 값이 얻어진다. 비교적 작은 스텝사이즈( $\Delta$ Un)의 경우에 통상적으로 연속적인 극소점의 전압치(Umin)에 측정 가능한 변화는 비교적 많은 수의 전류 펄스만이 발생하게 될 것이다. 다수의 연속적인 전압 치의 경우에 극소점들은 일치되어야만 하고 만족스러운 정밀도로 측정되는 부호 반전을 허용하기 위해 평균되어야 한다. 이것은 컴퓨터(28)를 적당하게 프로그래밍 함으로써 실현될 수 있다. 통상적으로 비교적 큰 스텝 사이즈는 2개의 연속 펄스사이에서 측정 가능한 부호 반전을 생기게 한다. 적당한 스텝사이즈는 전압 펄스의 진폭(Un)의 제한(Un1 및 Un2)에 대해 원하는 정밀도에 의존한다.

<55> 본 방법은 다수의 스텝을 기술함으로써 상세히 설명하겠다.

<56> 스텝 1: 공정의 동작조건을 선택한다.

<57> 예를 들어, 도4에 도시한 신호 파형에 관하여 기술된 주어진 동작 조건들은, 전극(6)과 소재(2) 사이에 진동운동 및 갭(5)을 가로지르는 전압(U)의 극소점에 있어서 극대(U3max)점의 발생이다. 그러나, 갭 사이즈를 갖는 동작조건 및 진동운동 없는 동작조건들은 소재(2)의 용해속도와 거의 동일한 소재(2)의 일정한 공급속도(Vk)에 의해 갭 사이즈가 일정하게 유지되는 것이 가능하다.

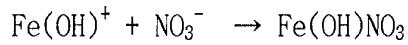
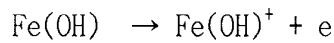
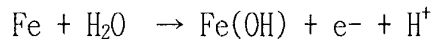
<58> 스텝 2: 분극 전압(Upol)을 측정한다.

<59> 실험하는 동안, 전압(Un)은 도8의 곡선 11에 도시된 바와 같이 Un=Upol 값으로부터 증가될 것이다. 분극 전압(Upol)의 사이즈를 결정하는 것을 가능하도록 하기 위해 다수의 단극성 펄스가 실험 전에 인가되어야 한다. 즉, 도6의 스위치(24)가 시간 간격(ti)에 정규 극성의 전류 펄스사이에서 시간 간격(tu)내에 폐쇄되지 않는다. 그리고 나서 갭(5)을 가로지르는 전압은 도8의 곡선1에 나타난 바와 같이 변화한다. 분극전압(Upol)의 값은 아날로그 디지털 변환기(26) 및 컴퓨터(28)에 의해 측정 및 저장된다.

- <60>           스텝 3: 전압(Un)의 제한 범위(Un1 및 Un2)를 결정하기 위해 실험을 수행한다.
- <61>           도9는 측정 전압에 따라 컴퓨터(28)에 의해 수행되는 실험 절차의 흐름도를 도시한 것이다.
- <62>           B0: 개시
- <63>           B1:  $Un = Upol$
- <64>           B2: 플래그 = 참
- <65>           B3:  $Umin[0] = 0$
- <66>           B4:  $i=1$
- <67>           B5:  $Un = Un + \Delta Un$
- <68>           B6:  $Umin[i]$  측정
- <69>           B7:  $\Delta Umin = Umin[i-1] - Umin[i]$
- <70>           B8:  $i=i+1$
- <71>           B9: 플래그 = 참?
- <72>           B10:  $\Delta Umin < 0$  ?
- <73>           B11: 플래그 = 거짓
- <74>           B12:  $Un1 = Un$
- <75>           B13:  $\Delta Umin > 0$  ?
- <76>           B14:  $Un2 = Un$
- <77>           B15: 종료
- <78>           카운터(i)는 연속적인 다수의 전류 펄스의 계수 값이다.  $Umin[i]$ 는 i번째 전류 펄스동안에 측정 값(Umin)이다.
- <79>           블록 B1에서 스텝2에서 측정된 초기 값( $Upol$ )은 변수(Un)로 설정된다. 컴퓨터(28)는 디지털 아날로그 변환기(44)를 통해 가변 전압원(16)에 적당한 제어 신호(CSU)를 공급하고, 그 결과 이 전압원의 출력전압(Un)은  $Upol$ 과 같게 된다. 블록 B2에서 참값은 부울 식 가변 플래그로 설정된다. 블록 B3에서  $Umin[0]$ 의 값은 0으로 설정된다. 블록 B3에서 카운터는 1로 설정된다. 이러한 초기화 후에 전압(Un)은 블록 B5에서 증대되고, 컴퓨터(28)는 각 시간마다 해당 제어 신호(CSU)를 가변 전압원(16)에 공급한다. 다음 전류 펄스동안에 전압(Umin)은 블록 B6에서 측정된다. 이어서, 블록 B7에서 이전 전류 펄스와 현재 전류 펄스의 Umin 사이에 차가 계산된다. B8에서 카운터는 다음 측정을 위해 1씩 증가된다. 블록 B9에서 플래그가 테스트된다. 플래그는 블록 B2에서 주어진 참값을 갖는다. 그래서, 제1 시간 블록 B10은 부호 반전이 블록 B7내에서 계산된 차이 내에 나타나는지 아닌지, 즉 다시 말해서 그 차이가 0보다 작은지 아닌지를 확인하기 위해 수행될 것이다. 만약, 그 차이가 0 보다 작다면, 블록 B11이 가변 플래그가 거짓으로 설정되어 수행된다. 블록 B12에서 부호 반전동안에 우세한 Un의 순간 값은 변수 Un1내에 저장된다. 이어서, 프로그램은 B5로 복귀한다. 플래그가 거짓 값을 갖기 때문에 블록 B13은 블록 B9내에 테스트 후에 수행될 것이다. 블록 B13은 블록 B7내에 계산된 차이에 반대 부호 반전이 있는지 아닌지, 즉 다시 말해서 그 차이가 0보다 큰지 아닌지를 확인한다. 만약, 이것이 그 경우가 아니라면, 프로그램은 블록 B5로 복귀한다. 만약 그 차이가 0 보다 크다면, 블록 B14는 제 2 부호 반전동안에 우세한 Un의 순간 값이 변수 Un2에 저장되어 수행된다. 이 후, 테스트는 블록 B15에서 종결된다. 이 절차는 도8의 곡선 11에 나타내었고, 2개의 연속 전류 펄스  $[i-1]$  및  $[i]$ 에 대한 전압(U)을 나타낸다.
- <80>           스텝 4: 동작의 중단
- <81>           테스트 후에 동작은 스텝5에 선택을 결정하기 위해 중단될 수 있다.
- <82>           스텝 5: 그래서 구한 제한범위(Un1 및 Un2)로 동작전압(Un)을 선택한다.
- <83>           전압(Un)은 테스트동안 발견된 Un1 및 Un2값 사이에 값으로 설정된다. Un1 및 Un2 값은 컴퓨터(28)의 메모리에 저장된다. 적당한 소프트웨어에 의해 제한(Un1 및 Un2) 내에서 디지털 아날로그 변환기(42)를 통해 제어 전압(CSU)을 Un의 선택된 값에 해당하는 값으로 설정한다.
- <84>           스텝 6: 기계 가공처리의 진행
- <85>           기계 가공은 주어진 조건 및 선택된 전압(Un)하에서 계속된다. 도8의 곡선 111은 양극성 펄스 동안에 전압(U)의 변화를 나타낸다. 이제 기계 가공은 테이블(4)이 소정의 변위를 행할 때까지 진행한다. 이러한 변위는 위치센서(40)로 측정된다(도6 참조).
- <86>           스텝 7: 기계 가공처리의 종료
- <87>           기계 가공은 테이블(4)의 소정의 변위에 도달할 때 종료된다. 그 후, 펄스가 중지된다.
- <88>           크롬-함유 강이 상기 방법에 따라 알칼리 금속의 질산 수용액에 근거하여 전기 화학적으로 전해질 내에서 기계 가공될 때, 반대 극성의 전압 펄스가 소재 표면에 분극의 강제 전기 방출을 일으키는 효과를 발생하고, 그 결과 기계 가공할 소재 표면상에 활성 원자수소가 방출되고, 소재 상에 산화막내 금속 산화물 및 소재의 전기 이중 층에 배치된 이온(중크롬산염 이온,  $Cr_2O_7^{2-}$ )이 환원된다.
- <89>           통상적으로, 다음 화학 반응은 양극성 펄스가 사용될 때 기계 가공될 크롬강 표면상에서 발생할

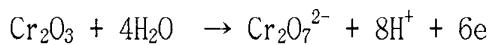
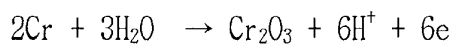
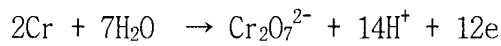
수 있다:

<90> 이온:

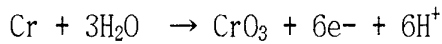


<91>

<92> 크롬:



<93>



<94>

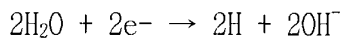
양극 분극의 경우에, 이것은 기계 가공할 표면에 다음 산화 막이 형성하는 원인이 된다.

<95>

$\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrO}_3$

<96>

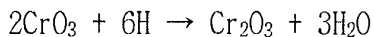
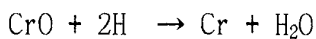
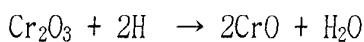
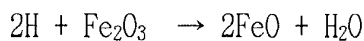
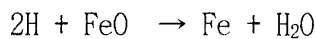
음극 분극의 경우에, 다음 반응은 기계 가공할 소재 표면에 발생한다:



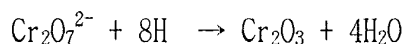
<97>

<98>

물로부터 나온 활성 수소 원자는 다음 반응에 따른 표면 산화물을 감소시킨다:



및 본 발명에 따른 음이온( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ):



<99>

<100>

반대 극성의 펄스의 전압의 선택은 다음 조건에 근거한다. 반대 극성의 전압 펄스의 진폭은 너무 커서 전극이 해리되기 시작해서는 안되고 전하( $Q_n$ )의 정수량은 패시베이션화 공정이 개시될 수 있는 소재의 표면 층의 임계 알칼리 값을 발생하지 않아야 한다. 반대 극성의 펄스의 요구 지속시간( $t_u$ )은 산화 층 내 환원반응의 증진에 충분한 정도까지 수소를 방출하기 위해 필요한 하전량( $Q_n$ )에 의해 결정된다.

<101>

정규극성의 전류 펄스 군이 사용될 때, 그 군은 도5에 도시한 바와 같이 반대 극성의 전압펄스와 교번하고, 통상  $U_{n1}$  및  $U_{n2}$ 를 결정하기 위해 테스트가 수행될 때  $U_{min}$ 을 측정할 수 있다. 또한  $U_{min}$  대신에 다른 파라미터로서 시간간격( $t_i$ ) 동안에 갭을 가로지르는 전압( $U$ )의 적분( $F_p$ , 도7 참조)을 계산할 수 있다. 적분 ( $F_p$ )의 연속 값의 차는  $U_{min}$  과 유사한 종류의 부호 반전을 나타낸다. 또한, 시간 간격( $t_i$ )의 부분구간을 적분하는 것이 가능하다. 특히 적분( $F_p$ )의 측정은 예를 들어 거의 소재(2)의 해리 속도와 동

일하여 갭 사이즈가 일정하게 유지되는, 소재(2)의 공급속도( $V_k$ )의 상수로 기계 가공하는 방법과 같은, 전극 및 소재사이에서 어떠한 진동운동이 수행되지 않는 전기 화학적 기계 가공방법에 사용된다.

<102>

다른 파라미터는 시간간격( $t_u$ ) 즉, 반대 극성의 전압펄스동안에 흐르는 전류( $I$ )의 적분( $Q_n$ , 도7 참조)이다. 이러한 전류( $I$ )는 도2의 곡선 III에 도시되었다. 적분( $Q_n$ )은 반대 극성의 전압펄스동안 소비되는 하전량을 나타낸다. 전류( $I$ )는 직렬저항기(18) 및 아날로그 디지털 변환기(30)에 의해 측정되고 컴퓨터(28)에 적분된다(도6 참조). 도7로부터 명백해진 바와 같이, 적분( $Q_n$ )은  $U_n=U_{n1}$ 에서 최소 값을 그리고  $U_n=U_{n2}$ 에서 최대 값을 갖게 되는  $U_{min}$  파라미터와는 반대로  $U_n=U_{n1}$ 에서 최대 값을 그리고  $U_n=U_{n2}$ 에서 최소 값을 나타낸다. 이것은 만약 적분( $Q_n$ )이 파라미터로서 사용될 때 테스트동안 부호반전은 반대로 되는 것을 의미한다. 도9의 흐름도에서 블록 B10은  $\Delta Q_n$ 이 0보다 큰지 그리고 블록 B13은  $\Delta Q_n$ 은 0보다 작은지를 확인한다. 반대 극성의 전압펄스동안에 흐르는 전류의 적분의 측정은 전극 및 소재사이에 진동운동이 수행되지 않는 전기 화학적 기계 가공방법에 적당한 파라미터이다.

<103>

갭 내의 매체의 특성 및 전극과 소재에 화학적 공정을 측정하는 다른 파라미터는 갭을 가로지르는 저항 및 갭 사이즈( $St$ )이다(도7 참조). 저항은 전류 펄스의 시간간격( $t_i$ )동안에 전압( $U$ ) 및 전류( $I$ )를 모두 측정하는 것에 의해 구할 수 있다. 도7로부터 명백해진 바와 같이, 갭 사이즈( $St$ )는  $U_{min}$ 과 마찬가지로  $U_n=U_{n1}$ 에서 최소 값을 갖는다. 갭 사이즈의 측정에 의해 부호반전을 검출하는 것이 가능하다.

<104>

상기한 방법은 어닐링된 강의 소재 및 전극 모두에 실행된다. 소재의 표면적은  $0.3\text{cm}^2$ ; 전해질은  $\text{NaNO}_3$  8 중량%의 수용액이고; 정규 극성의 전류 펄스의 전류 밀도는  $80\text{A}/\text{cm}^2$ 이고; 지속시간( $t_i$ )은 3ms; 전해질 압력은  $0.7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ; 전해질의 온도는  $20^\circ\text{C}$ ; 전극의 진동 주파수는 47Hz; 진동진폭은 0.2mm; 정규극성의 전류 펄스의 파형은 장방형(도2, 곡선 II 참조); 그리고 반대 극성의 전압펄스의 파형 또한 장방형(도2, 곡선 II 참조)이었다.

<105>

시간의 함수에 따른 갭 사이즈( $St$ )는 전극 및 소재사이에 전압에 극대점이 나타나는 방식(도4 참조)으로 제어된다. 상기한 테스트동안에 반대 극성의 펄스의 전압( $U_n$ )은 분극 전압( $U_{pol}=+2.3\text{V}$ )과 동일한 전압으로부터 전극의 용해가 시작되는 전압( $-0.8\text{V}$ )까지 변화된다. 극소점의  $U_{min}$  값은 부호반전을 검출하기 위한 파라미터로서 사용되었다. 상한선( $U_{n1}$ )은  $+0.05\text{V}$  그리고 하한선( $U_{n2}$ )은  $-0.6\text{V}$ 로 정했다. 이어서, 기계 가공은 상기 제한 범위 내에서 전압( $U_n$ )을 유지하는 동안 계속되었다.

<106>

다른 것으로서, 전극(6)은 갭 사이즈가 조정된 후에 소재(2)에 대해 기계 가공될 수 있다. 기계 가공동안에 갭 사이즈는 소재(2)의 해리 속도와 동일한 일정한 평균공급속도( $V_k$ )를 얻도록 하기 위해 채택된다. 소재와 전기 도전성 전극사이에 반대 극성의 전압전류와 교번되는 정규 극성의 1개 이상의 전류 펄스인 양극성 전기 펄스를 인가하는 것에 의해 전해질 내에 전기 도전성 소재를 전기 화학적으로 기계 가공하는 방법이 개시되어 있다. 전압펄스의 진폭은 주어진 소재의 표면질의 발생 및 전극의 마모의 발생으로부터 유도된 2개의 소정의 값들 사이에서 조정된다. 편차는 소재의 기계 가공에 선행하는 1개 이상의 테스트에 의해 영향을 받는다. 테스트 동안에 전압 펄스의 진폭은 초기 값으로부터 최종 값까지 점차로 증가된다. 2개의 소정 값들은 전극 및 소재사이에서 갭의 특성을 나타내는 파라미터의 연속 값들 사이에 차에 부호반전의 발생에 따라 결정된다. 파라미터는 전류 펄스동안에 갭을 가로지르는 전압에 최소 값의 진폭이 될 수 있고, 이 최소 값은 다른 것에 비해 소재 및 전극의 진동운동으로부터 발생한다. 또한, 파라미터는 전압 펄스동안에 갭을 가로지르는 전류의 적분; 또는 전류 펄스동안에 갭을 가로지르는 전압의 적분; 또는 갭을 가로지르는 저항; 또는 갭의 사이즈가 될 수 있다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1

양극성 전기 펄스를 소재(workpiece)(2)와 전기 도전성 전극(6) 사이에 인가함으로써 전해질에서 전기 도전성 소재(electrically conductive workpiece)(2)를 전기 화학적으로 기계 가공하는 방법으로서, 하나 또는 그 이상의 정규 극성(normal polarity)의 전류 펄스들이 반대 극성(opposite polarity)의 전압 펄스들과 교번되는, 상기 전기 화학적 기계 가공 방법에 있어서,

상기 전압 펄스들의 진폭( $U_n$ )은 소재(2)의 주어진 표면 질의 발생 및 전극(6)의 마모(wear) 발생으로부터 유도된 2개의 소정 값들( $U_{n1}$ ,  $U_{n2}$ ) 사이에서 조정되고, 이러한 유도는 소재(2)의 기계 가공에 선행하는 적어도 하나의 테스트에 의해 실행되는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 테스트 동안 상기 전압 펄스들의 진폭( $U_n$ )은 초기 값으로부터 최종 값까지 점차로 증가되며, 상기 2개의 소정 값들은 동작시 전극(6)과 소재(2) 사이의 갭(5)의 특성을 나타내는 파라미터의 연속적인 값들 사이에서의 차(difference)의 부호 반전에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 진폭( $U_n$ )의 초기 값은, 전류 펄스들의 종료 후에 전극(6)과 소재(2) 사이의 분극 전압(polarization)( $U_{pol}$ )에 실질적으로 대응하는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

### 청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,



상기 진폭(Un)의 최종 값은 상기 전극이 전해질 내에서 용해하기 시작하는 진폭(Unmax)보다 더 크지 않은 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 5

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 파라미터는 상기 전류 펄스들 동안 상기 갭(5)을 가로지르는 전압의 극소점(global minimum)의 진폭(Umin)이며, 상기 극소점은 소재(2) 및 전극(6)의 서로에 대한 진동 운동의 결과로 일어나는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 6

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 파라미터는 상기 전압 펄스동안 상기 갭(5)을 가로지르는 전류의 적분(Qn)인 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 7

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 파라미터는 상기 전류 펄스들 동안 상기 갭(5)을 가로지르는 전압의 적분(integral)(Fp)인 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 8

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 파라미터는 상기 갭(5)을 가로지르는 저항인 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 9

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 파라미터는 상기 갭(5)의 사이즈(St)인 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 10

제 5 항에 있어서,

상기 2개의 소정 값들 중 제 1 값은 음으로부터 양으로의 제 1 부호 반전에 따라 결정되고, 상기 2개의 소정 값들 중 제 2 값은 양으로부터 음으로의 후속 제 2 부호 반전에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 11

제 6 항에 있어서,

상기 2개의 소정 값들 중 제 1 값은 양으로부터 음으로의 제 1 부호 반전에 따라 발생하는 값이고, 상기 2개의 소정 값들 중 두 번째 값은 음으로부터 양으로의 후속 제 2 부호 반전에 따라 발생하는 값인 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 12

제 9 항에 있어서,

테스트동안, 연속적으로, 상기 전압 펄스들의 진폭(Un)이 증가되고, 상기 소재(2)와 상기 전극(6) 사이 갭의 사이즈(St)가 측정되고, 상기 갭 사이즈의 후속 및 선행값에 대해 측정된 값들 사이의 차이가 계산되고, 상기 전압 펄스들의 진폭(Un)은 이러한 차의 부호 반전의 발생에 따라 결정되고, 이와 같이 결정된 진폭으로 후속 기계 가공이 계속되는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 13

제 5 항에 있어서,

상기 전극(6)과 상기 소재(2) 사이 갭의 사이즈는, 상기 전류 펄스들 동안 국부적 최대(local maximum)(U3max)가 상기 소재(2)와 상기 전극(6) 사이의 전압에서 발생하는 것과 같은 방식으로 제어되는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 14

제 5 항에 있어서,

진동 운동은 상기 전류 펄스의 발생에 동기화되는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 15

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소재(2)는 크롬-함유 강(chrom-containing steel)으로 이루어진 것을 특징으로 하는, 전기

화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 16

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전해질은 알칼리 금속들의 질산염 수용액인 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 방법.

#### 청구항 17

양극성 전기 펄스들을 소재(2)와 전기 도전성 전극(6) 사이에 인가함으로써 전해질에서 도전성 소재(2)를 전기 화학적으로 기계 가공하는 장치로서, 하나 또는 그 이상의 정규 극성의 전류 펄스들이 반대 극성의 전압 펄스들과 교번되는, 상기 전기 화학적 기계 가공 장치에 있어서,

상기 장치는,

전극(6)과;

상기 전극(6)과 상기 소재(2) 사이의 갭(5)을 유지하기 위해 이격된 관계로 상기 전극(6) 및 상기 소재(2)를 위치시키기 위한 수단(4, 40)과;

상기 전극(6)과 상기 소재(2) 사이의 갭(5)으로 전해질을 공급하기 위한 수단(3)과;

상기 소재(2) 및 상기 전극(6)에 상기 전류 펄스들을 공급하기 위해, 상기 소재(2)와 상기 전극(6)에 전기적으로 접속 가능한 전류원(14)과;

상기 소재(2) 및 상기 전극(6)에 상기 전압 펄스들을 공급하기 위해, 상기 소재(2)와 상기 전극(6)을 전기적으로 접속 가능한, 제어 가능한 출력 전압을 갖는 전압원(16)과;

상기 소재(2) 및 상기 전극(6)에 상기 전류원(14) 및 상기 전압원(16)을 교대로 접속하기 위한 수단(20, 24)과;

상기 전압원(16)의 출력 전압을 점차로 변화시키기 위한 제어 신호(CSU)를 발생하기 위한 수단(44, 28)과;

상기 소재(2)와 상기 전극(6) 사이에서의 펄스들의 전압 및/또는 전류 파형들을 분석하고 저장하기 위한 수단(26, 28, 30)과;

상기 펄스들의 전압 파형이나 전류 파형으로부터, 또는 상기 전극(6)과 상기 소재(2) 사이의 갭(5)을 가로지르는 저항으로부터 유도된 파라미터의 연속적인 값들 사이에서의 차에서 부호 반전을 검출하기 위한 수단(28)과;

상기 부호 반전의 검출에 따라 상기 전압원(16)의 제어 신호의 순간 값을 저장하기 위한 수단(28)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 장치.

#### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 분석 및 저장 수단은 펄스들의 전압 파형 또는 전류 파형을 디지털화하기 위한 아날로그-디지털 변환기(analog-to-digital converter)(26, 30)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 장치.

#### 청구항 19

제 17 항 또는 제 18 항에 있어서,

상기 장치는, 상기 전극(6)과 상기 소재(2) 사이에서의 진동 운동을 발생하기 위한 수단(8,10)과, 상기 진동 운동에 따라 상기 전류원(14) 및 상기 전압원(16)을 교대로 접속하기 위한 수단(20, 24)을 동기화하기 위한 수단(22)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공 장치.

#### 청구항 20

양극성 전기 펄스들을 소재(2)와 전기 도전성 전극(6) 사이에 인가함으로써 전해질에서 전기 도전성 소재(2)를 전기 화학적으로 기계 가공하는 방법에 사용하기 위한 전력 공급 장치로서, 하나 또는 그 이상의 정규 극성의 전류 펄스들이 반대 극성의 전압 펄스들과 교번되는, 상기 전력 공급 장치에 있어서,

상기 전력 공급 장치는,

상기 소재(2) 및 상기 전극(6)에 상기 전류 펄스들을 공급하기 위해, 상기 소재(2)와 상기 전극(6)에 전기적으로 접속 가능한 전류원(14)과;

상기 소재(2) 및 상기 전극(6)에 전압 펄스들을 공급하기 위해, 상기 소재(2)와 상기 전극(6)에 전기적으로 접속 가능한, 제어 가능한 출력 전압을 갖는 전압원(16)과;

상기 소재(2) 및 상기 전극(6)에 상기 전류원(14) 및 상기 전압원(16)을 교대로 접속하기 위한 수단(20, 24)과;

상기 전압원(16)의 출력 전압을 점차로 변화시키기 위한 제어 신호(CSU)를 발생하기 위한 수단(44,28)과;

상기 소재(2) 및 상기 전극(6) 사이에서의 상기 펄스들의 전압 및/또는 전류 파형들을 분석하고

저장하기 위한 수단(26,28,30)과;

상기 펄스들의 전압 파형이나 전류 파형으로부터, 또는 상기 전극(6) 및 상기 소재(2)를 가로지르는 갭(5)의 저항으로부터 유도된 파라미터의 연속적인 값들 사이에서의 차에서 부호 반전을 검출하기 위한 수단(28)과;

부호 반전의 검출에 따라 상기 전압원(16)의 제어 신호의 순간 값을 저장하기 위한 수단(28)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기 화학적 기계 가공방법에 사용하기 위한 전력 공급 장치.

## 요약

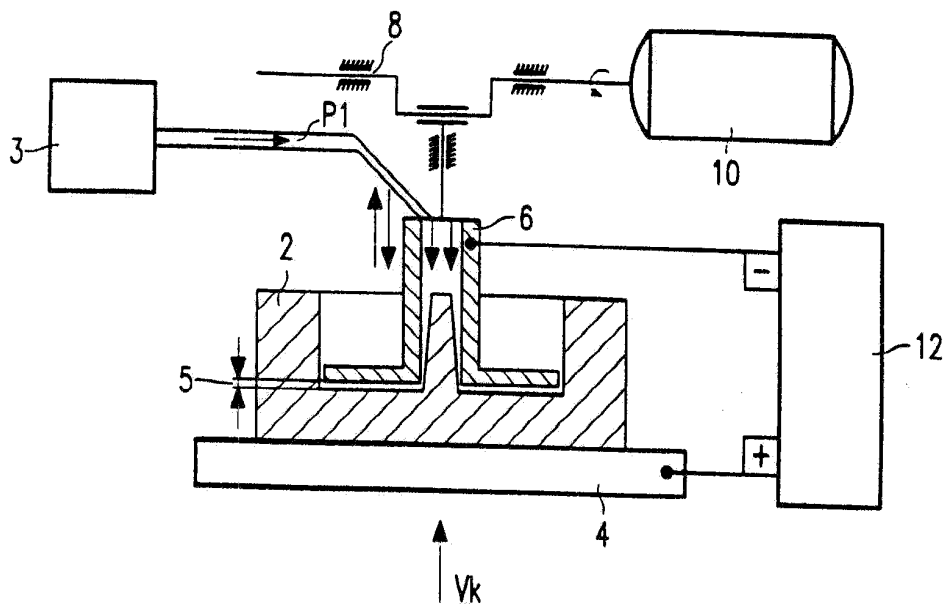
하나 또는 그 이상의 정규 극성의 전류 펄스들을 반대 극성의 전압 펄스들과 교번되는, 소재(2) 과 전기 도전성 전극(6) 사이에 양극성 전기 펄스를 인가함으로써 전해질 내에 전기 도전성 소재(2)을 기계 가공하는 전기 화학적 기계 가공 방법이다. 전압 펄스의 진폭( $U_n$ )은 소재(2)의 주어진 표면 질의 발생 및 전극(6)의 마모의 발생으로부터 유도된 2개의 소정 값( $U_{n1}$ ,  $U_{n2}$ )사이에서 조정된다. 테스트 동안에 전압 펄스의 진폭( $U_n$ )은 초기 값으로부터 최종 값까지 점차로 증가된다. 2개의 소정 값( $U_{n1}$ ,  $U_{n2}$ )는 전극(6) 및 소재(2)사이의 갭(5)의 성질을 나타내는 파라미터의 연속 값 사이에 차에서 부호 반전의 발생에 따라 결정된다. 파라미터는 전류 펄스들 동안에 갭(5)을 가로지르는, 소재(2) 및 전극(6)의 상호 진동 운동으로부터 발생하는 극소점의 진폭( $U_{min}$ )이 될 수 있다. 파라미터는 전압 펄스들 동안에 갭(5)을 가로지르는 전류의 적분( $Q_n$ ); 또는 전류 펄스동안에 갭(5)을 가로지르는 전압의 적분( $F_p$ ); 또는 갭(5)을 가로지르는 저항; 또는 갭(5)의 사이즈( $St$ )가 될 수 있다.

## 대표도

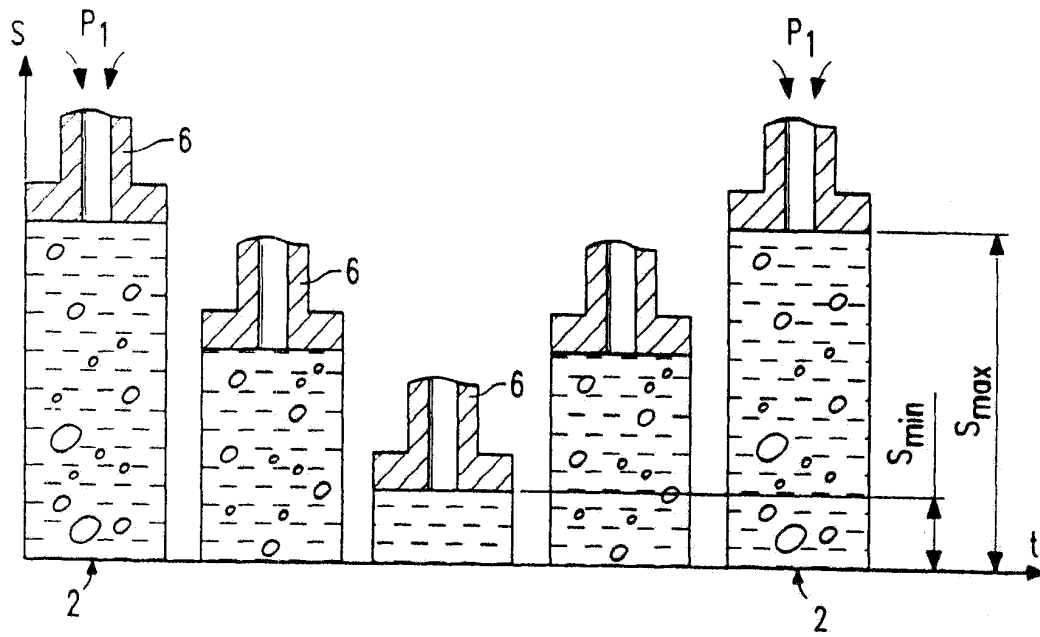
### 도1

### 도면

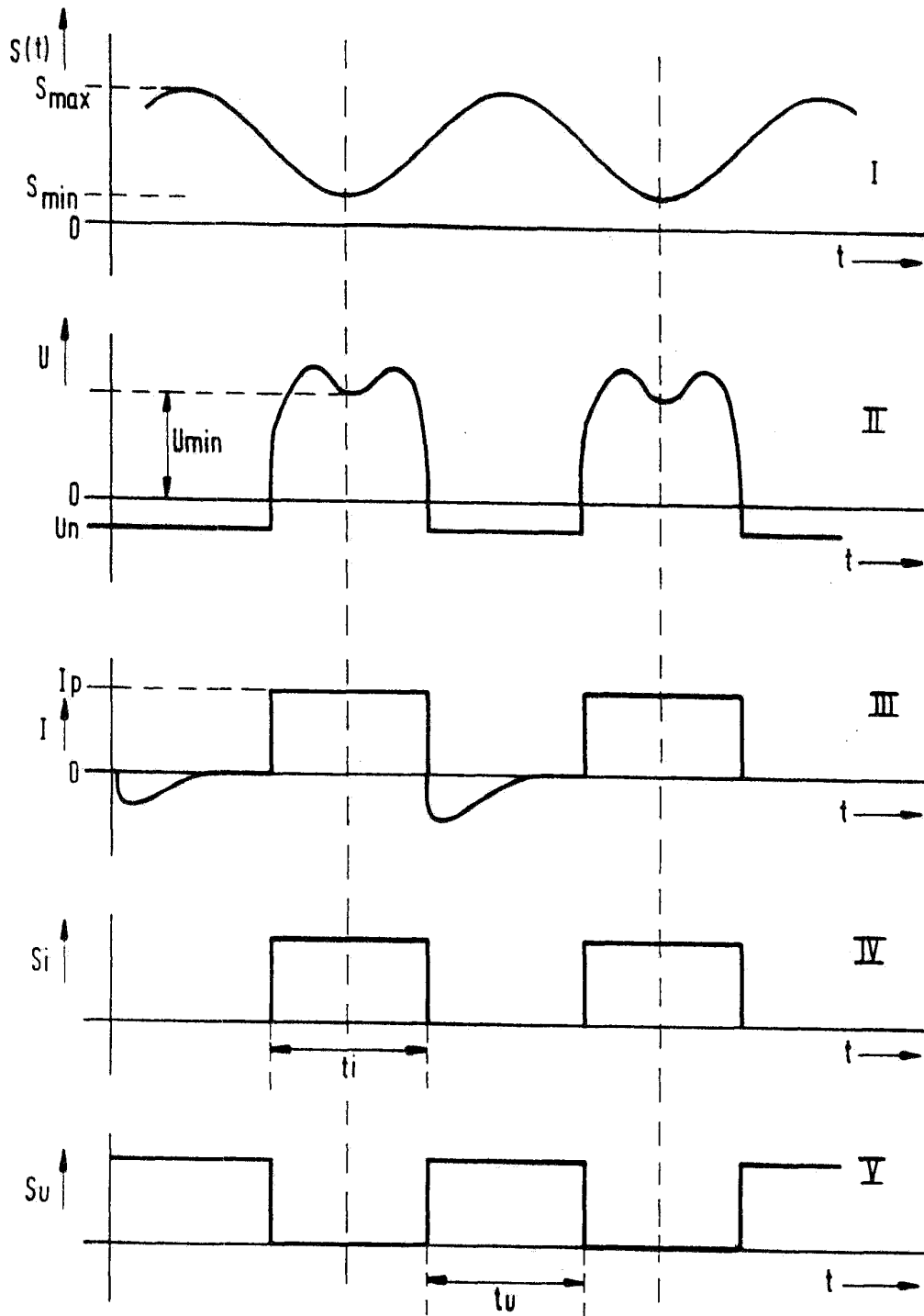
#### 도면1



도면3

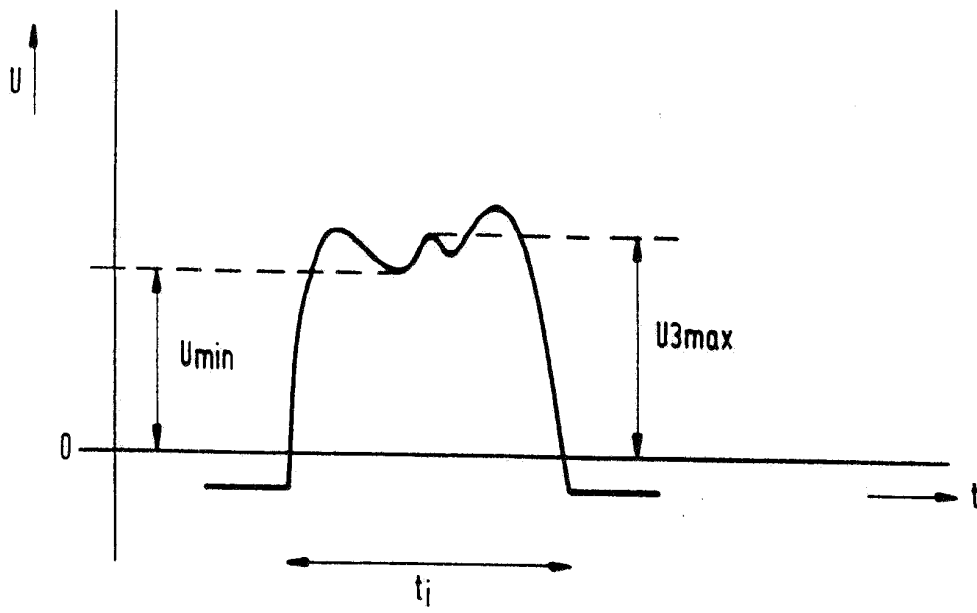


도면2

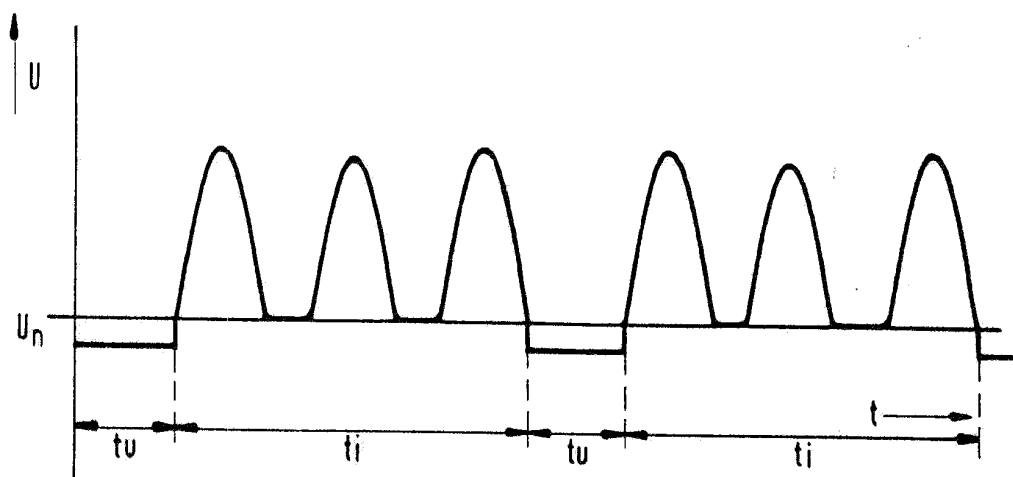




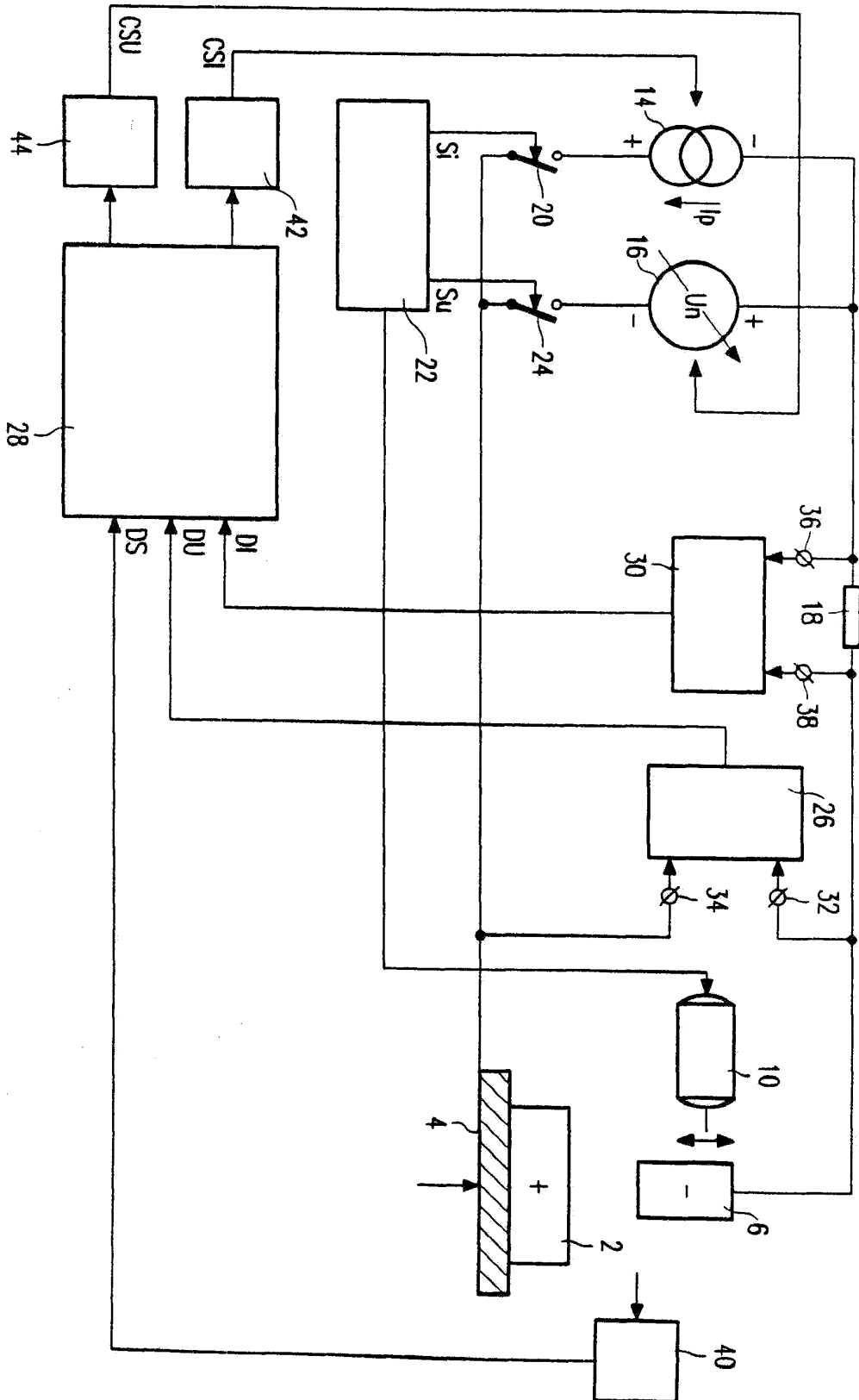
도면4



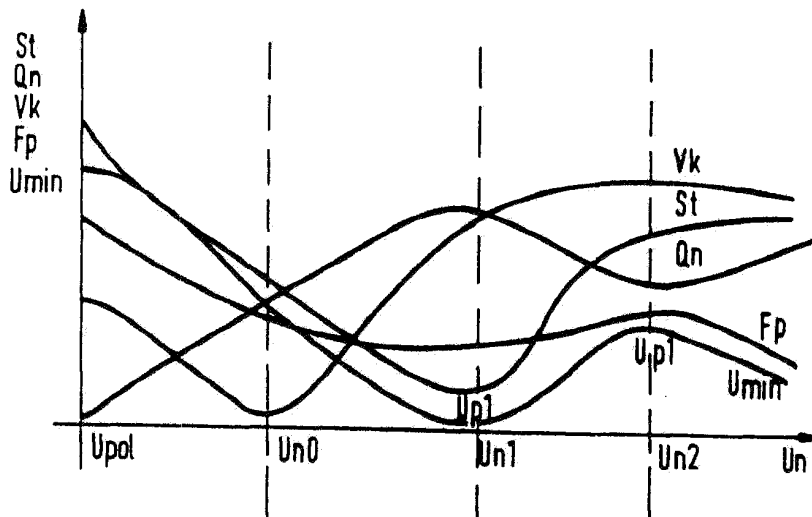
도면5



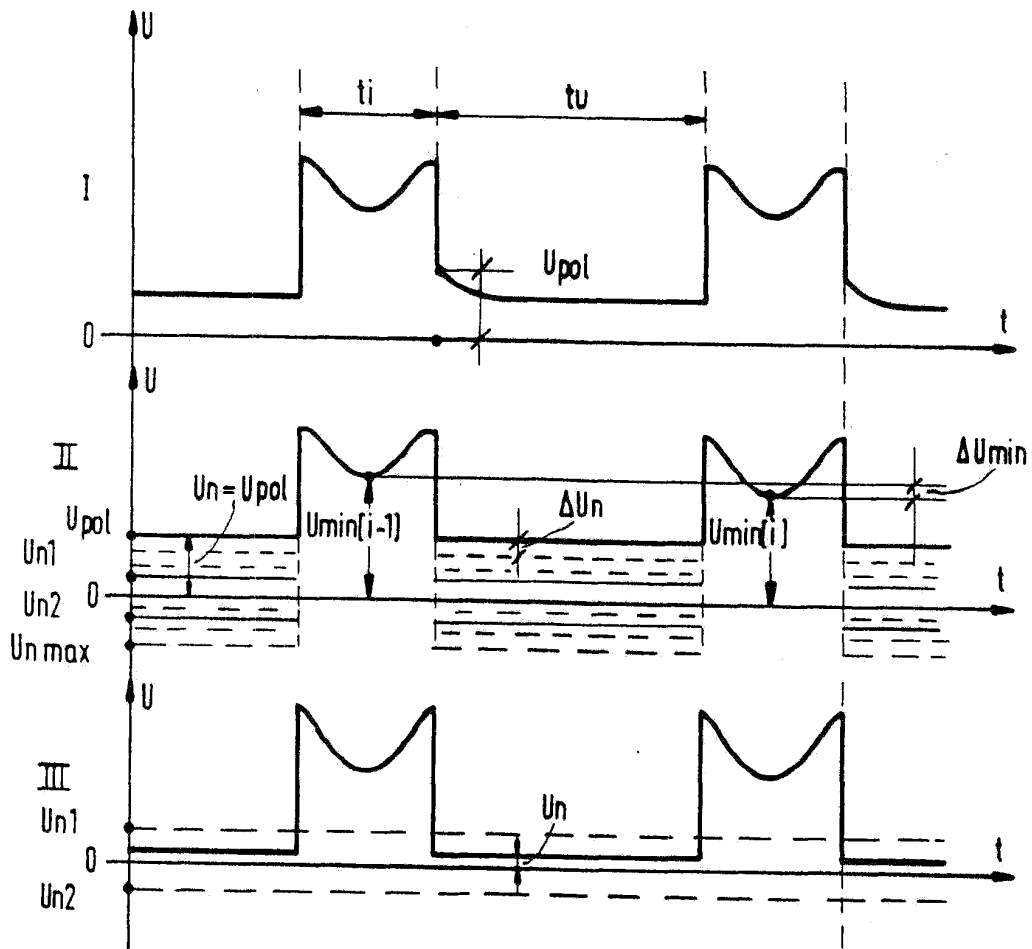
도면6



도면7



도면8



도면9

