(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
G05D 7/06

(45) 공고일자 2003년12월24일
(11) 등록번호 10-0399165
(24) 등록일자 2003년09월09일

(21) 출원번호 10-1996-0014345
(22) 출원일자 1996년05월03일

(65) 공개번호 특1996-0040464
(43) 공개일자 1996년12월17일

(30) 우선권주장 435,972 1995년05월05일 미국(US)

(73) 특허권자 노드슨 코포레이션
미국 오하이오 44145 웨스트레이크 클레멘즈 로드 28601

(72) 발명자 칼 에이. 브레트머스키
미국, 오하이오 44070, 노쓰 올름스테드, 데니슨 레인 4074

로버트 씨. 할
미국, 오하이오 44136, 스트롱스빌, 파멜라 드라이브 10349

리차드 지. 클레인
미국, 오하이오 44012, 아본레이크, 그린브라이아 드라이브 340

(74) 대리인 이병호

심사관 : 박성호

(54) 분배된유체의유동특성변화의보상방법

요약

계량 밸브에 의해 노즐을 통한 소재 상의 유체의 분배를 제어하기 위한 유체 분배 제어이다. 상기 유체의 유동 속도와 노즐 압력 사이에 상관관계를 갖는, 상기 유체의 유동 특성의 초기값이 결정된다. 원하는 노즐 압력 값은 유동 특성의 초기 값과 원하는 유동 속도 값에 따라서 노즐을 통한 상기 유체의 유동 속도의 모델을 구함으로써 주기적으로 결정된다. 이 후, 제어기는 계량 밸브에 원하는 노즐 압력의 함수로써 명령 신호를 제공한다. 상기 유동 특성의 새로운 값은 측정된 노즐 압력에 대한 분배 주기 분배된 유량의 측정값의 함수로써 결정된다. 후 속의 분배 주기중 제어기는 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 상기 유동 특성의 새로운 값의 함수로써 구함으로써 원하는 노즐 압력을 결정한다. 연속적인 분배 주기상에서 상기 유동 특성을 분배된 유량의 측정값과 측정된 노즐 압력의 함수로써 다시 구하는 처리와 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 다시 구하기 위해 이들 갱신된 값을 사용하는 처리가 반복된다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

제 1도는 본 발명의 원리를 구현한 유체 분배 시스템의 구성을 도시한 블럭도.

제 2도는 유체 분배 제어 내에서의 서보 제어 마이크로 프로세서의 일반적인 동작 주기를 도시한 흐름도.
제 3도는 서보 밸브에 출력 신호를 제공하는 서보 제어 처리를 상세하게 도시한 제 2도의 서브루틴의 흐름도.
제 4도는 유체 분배 처리의 조정 주기에서 처리 단계를 도시한 흐름도.
제 5도는 본 발명의 원리에 따라 유체를 분배하기 위한 처리를 도시한 흐름도.
제 6도는 노즐을 통한 유체의 유동 특성을 나타내는 상수를 계산하기 위한 처리를 도시한 흐름도.
★ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 ★
20 : 유체 분배 시스템 22 : 유체 분배 제어기
26 : 서보 작동기 27 : 서보 밸브
28 : 유체 분배 건 29 : 공압 실린더
30 : 계량 밸브 32 : 유체원
34 : 구멍 37 : 유체 방울
42 : 직렬 I/O 44 : 조작자 I/O 인터페이스
46, 56 : 버스 인터페이스 48 : 버스
49 : 감시 제어기 50 : CPU
52 : RAM 54 : ROM
58 : 디지탈 I/O 60 : 디지탈 I/O 인터페이스
64 : 버스 인터페이스 70 : 이중 포트 RAM

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 일반적으로 유체(fluid)를 분배(dispensing)하기 위한 시스템에 관한 것이고, 특히 본 발명은 분배되는 유체의 유동(flow) 특성에서의 변화를 보상하는 실시간 방법을 제공한다.
작업 소재의 표면에 접착제,컬크(CAULK), 또는 밀폐제 등과 같은 코팅 재료의 자동 증착은 로보트가 장착된 유체 분배 건(GUN)과 같은 프로그램 제어 장치를 통해 통상적으로 수행된다. 건을 지지하는 장치는 표면 위에서 유체 응용의 원하는 패턴에 상응하는, 작업 소재 표면에 따른 소정의 길을 통해 건을 이동시키도록 프로그램 된다. 이러한 장치에 있어서, 제어 프로그램은 도구의 속도를 설정(Set up)하고, 반면 유체 분배 제어는 유체의 분사 량을 제어한다. 유체는, 적용된 유체의 원하는 물리적 특성을 한정하는 조작자가 규정한 입력 신호에 따라, 분배된다. 예 컨대 입력 신호는 작업 소재에 가해지는 방울의 원하는 직경을 한정하는 방울의 크기를 나타낼 수 있다. 원하는 방울의 크기를 얻기 위해 건-노즐로부터 분배되는 유체의 속도는 작업 소재와 분배 건 사이의 상대적인 속도에 비례해야 한다. 따라서 건-노즐을 통해 분배되는 유체의 속도는 도구의 속도 신호에서의 변화에 따라서 실시간으로 비례적으로 변해야 한다. 도구의 속도는 작업 소재의 표면상의 코팅 재료의 응용 점이 작업 소재의 표면에 따라 이동하는 선형 또는 스칼라 속도로 규정된다. 분배 건을 통한 유체의 유동 속도는, 분배 건(gun)의 노즐을 횡단한 압력 강하를 측정하고, 건을 통과하는 유체의 유동을 일정하게 하는 계량 밸브의 동작을 제어함으로써 제어될 수 있다.
상기의 유체 분배 처리는 또한 분배되는 유체의 유동 특성에서 예측할 수 없는 변화에 직면하기 쉽다. 예컨대 온도의 변화, 및 다른 조건들이 분배되는 유체의 유동 특성을 실시간으로 변화시키고, 유동 특성에서의 이러한 변화는 유동 속도를 변화시키고 따라서 분배되는 유량을 변화시킨다. 덧붙여 분배되는 노즐을 통해 흐르는 유체의 전단 응력 효과(SHEAR EFFECT)에 의해 야기되는 유동의 비선형성이 존재하고, 이러한 유동의 비선형성은 노즐과 노즐의 내구성에 의존한다. 따라서 분배 주기에 분배되는 유량은 다양하게 제어되고 각 분배 주기에 분배되는 전체 유량이 측정되는 것이 바람직하다.
본 발명의 양수인에게 양도된 Baron 등에 의한 미국 특허(No. 5,065,695)에 발표된 바와 같이, 유체 분배 제어는 도구 신호를, 노즐을 통한 유체의 전단 응력 효과에 의해 야기되는 속도 변화의 함수로서 결정되는 정정 계수에 의해, 보상한 다. 설정 조정 절차의 부분으로 노즐을 통한 유체의 유동은 다른 도구 속도 설정에 따라 측정되어 지고, 그에따라 유체 분배 제어 메모리에 저장된 테이블 데이터 값들을 생성한다. 저장된 데이타는 도구의 속도 신호를 조정하는데 적용되는 보간된 선형화 계수를 계산하기 위해 사용된다. 저장된 선형화 계수는 조정 단계에서 특정되는 유동 속도와 노즐 압력 사이의 관계에 상호 관련된다. 그러나, 저장된 데이타는 고정되어 유지되고, 이에 따라 노즐에 대한 유동 속도의 관계가 변하더라도 많은 분배 주기를 통해 보상은 고정된다. 유량 측정 제어 루프내에서 변화가 보상되더라도, 상기 시스템은 유동 속도와 노즐 압력의 관계의 변화에 보다 빨리 응답할 수 없는 단점을 갖는다.
덧붙여 한 분배 주기 중에 측정되는 유량은 유량 설정값과 비교되고, 온도 변화 또는 다른 동적 조건에 의해 야기되는 재료 점도의 변화를 표시하는, 재료량 에러 신호가 생성된다. 재료량 에러 신호는 온도 변화 또는 다른 동적 조건에 의해 야기되는 재료 점도의 변화를 보상한다. 재료량 에러 신호는 비례 적분 비교기로부터 생성된다. 분배되는 재료의 양은 재료의 무게 설정 즉 재료의 유량 에러 신호를 생성하기 위한 유량-설정 치와 비교된다. 비례 적분 비교기내에서, 비례항은 대략 에러 신호의 2분의 1과 동일하게 설정되고, 적분 항은 비례항과 선행 적분 항사이의 차이와 동일하다. 결과적으로, 재료의 유량 에러 신호는 압력 명령 신호를 수개의 분배 주기상에서 점진적으로 변화시켜, 유량 설정

값과 동일한 양의 재료가 분배되도록 한다. 예컨대 5 개 이상의 분배 주기가 유량 보상을 위해 필요하다. 상기 시스템이 필요한 보상을 수행하는 반면, 상기 시스템의 단점은 보상이 완료되기 전 에 수개의 분배 주기가 실행된다는 점이다.

상기 시스템에 대해, 유량 설정 값은, 샘플이 유체 분배 노즐 근처에 고정되어 생산 상황을 시뮬레이션 하는 생산 이전의 실험적인 공정에 의해 결정된다. 분배 주기는 그 후에 실행되고, 유체 분배 노즐과 작업 소재는, 유체가 원하는 패턴으로 샘플 부분에 가해지는 것과 같이, 서로에 대해 상대적으로 이동한다. 수개의 분배 주기 및 부분은 분배된 방울이 가시적으로 정확한 것으로 보일 때까지 요구될 수 있다. 정확한 방울이 확인될 때, 특정 분배 주기상에서 유량계가 판독되고, 유량계의 값은 재료의 유량 설정 값으로 사용된다. 이 이후에 유량 설정 값은 그 부분에 관련된 유체 분배 프로그램의 부분으로서 생산 환경에 적용된다.

작업 소재 유량 설정 값을 결정하기 위한 상기의 실험적 단계에는 몇 가지 단점이 있다. 첫째로, 실험적 단계는 다음 생산에서 거의 사용될 수 없는 유체를 작업 소재에 분배하는 것을 필요로 한다는 것이다. 덧붙여 유량 설정 값은 다른 부분이 관련된 정보를 갖고 수행되어야 하는 파라메터에 의존하는 한 부분이고, 이는 전체 시스템의 복잡성과 원가를 가중시킨다. 둘째로, 실험적으로 결정된 재료 유량 설정 값은 시험 주기 중의 분배되는 유체의 유동 특성의 함수이다. 후속의 생산 주기 중에 분배되는 유체의 유동 특성은 다를 수 있고, 따라서 이전에 결정된 유량 설정 값으로 표시되는 유량은 생산 환경에서 추가의 보상을 필요로 한다.

상기의 단점을 극복하기 위하여, 본 발명은 노즐을 통한 유체 유동 속도와 노즐 압력 사이의 관계에 상호 관계가 있는 유동 특성의 초기값을 제공하기 위해 자동으로 수행되는, 최소한의 조정 단계를 요구하는 유체 분배 제어를 제공한다. 본 발명의 유체 분배 제어는 주기적으로 또한 자동적으로 노즐 압력과 분배된 유량의 측정값에 따라서 유체 유동 특성의 새로운 값을 결정한다. 본 발명은 유체가 가해지는 작업 소재나 부분과는 독립적인 유체 분배 제어를 추가로 제공한다. 예컨대 유체 분배 주기 내의 원하는 노즐 압력은 유량 설정 값과 독립적으로 결정된다. 덧붙여 유량 설정 값은 분배 주기 중에 자동적으로 결정된다. 본 발명은 유체의 고품질 응용에 효과적으로 분배되는 유체의 압력과 유량의 반응성이 높은 실시간 제어를 제공한다.

본 발명의 원리에 따라서, 또한 설명된 실시예에 따라서, 유체 분배 제어는 다중 분배 주기상에서 유체 유동 특성의 변동에 대한 보상 방법을 제공한다. 상기 단계는 노즐을 통한 유체의 유동 속도와 노즐 압력 사이의 관계에 상호 관련이 있는 유체의 유동 특성에 대한 초기값을 결정한다. 따라서 제어는 유동 특성의 초기 값과 유동 속도 값의 함수로서 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 산출함에 의해 제 1분배 주기 중에 주기적으로 원하는 노즐 압력을 결정한다. 상기 제어는 계량 밸브에 원하는 노즐 압력 값의 함수로서 주기적으로 명령 신호를 제공한다. 덧붙여 분배 제어는 제 1분배 주기 중에 노즐 압력과 분배되는 유량을 측정하고, 이 후에 상기 제어는 제 1분배 주기 중에 분배되는 측정 유량을 측정 노즐 압력에 상호 관련시키는 유체 유동 특성의 새로운 값을 결정한다. 후속하는 분배 주기 중에 상기 제어는 유동 특성의 새로운 값과 원하는 유동 속도 값의 함수로서 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 산출함으로써 원하는 노즐 압력 값을 결정한다. 연속적인 분배 주기중에, 상기 제어는 분배된 유체의 측정 유량과 측정된 노즐 압 력의 함수로서 유동 특성의 새로운 값을 결정하고 유동 특성의 갱신된 값을 사용하여 모델을 재산출하는 처리를 반복한다. 상기의 처리는 유체의 측정된 유동 속도와 측정된 노즐 압력 사이에 상호 관련이 있는 유동 특성 함수를 연속적으로 실시간에 갱신하는 장점을 갖는다. 따라서, 본 발명은 분배되는 유체의 점도를 변화시키는 온도 및 다른 요소에서의 변화에 의해 전형적으로 야기되는 유동 속도-노즐 압력 관계에서의 변화에 실시간에 매우 빠르게 반응한다. 따라서 본 발명은 유체의 분배와 응용에서 보다 더 일정함 을 제공하는 장점을 갖고 유체 유동 특성에서의 변화에 실시간에서 매우 빠르게 반응하고, 이에 따라 고품질의 유체 분배 처리를 제공한다.

본 발명의 다른 실시예에 있어서, 분배 제어는 주기적으로, 유량 설정값과 독립적인 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 산출함으로써, 원하는 노즐 압력 값을 결정한다. 상기의 유체 분배 제어 처리는 제어의 복잡성을 감소시키는, 유량 설정 값과 독립적인 동작의 첫 번째 장점을 갖는다. 더욱이 본 발명의 다른 측면에서, 유량 설정 값은 유체의 유동 속도의 원하는 값을 분배 주기상에서 적분함으로써 분배 주기 중에 자동적으로 결정된다. 따라서 선행된 유량 설정값 조정 주기는, 제어와 처리를 단순화시키는 또한 작업 소재 프로그램에 관련된 유량 설정 값의 처리를 제거하는 장점을 갖고, 제거된다. 따라서 상기 처리는 대체적으로 보다 효율적이고 사용하기가 쉬운 장점을 갖는다.

본 발명의 추가의 실시예에 있어서, 유체 분배 제어는 노즐로부터 분배되는 유체의 온도를 측정하고, 유체 온도 변화의 함수인 노즐을 통한 유체의 유동 속도 의 모델, 원하는 유동 속도값 및 노즐을 통한 유체 유동 속도의 초기값을 주기적으로 산출한다. 본 발명의 이 실시예는 분배되는 유체의 온도가 분배 주기 내에서 변하는 응용에서 특히 유용하다. 이러한 조건은 특별히 가혹한 제조 환경 또는 특별히 큰 부분에 유체를 가하는 경우에 적용될 수 있다. 이 실시예는 유체 유동 특성에서 불규칙적이고 예측할 수 없는 변화를 생성하는 환경 조건에 대해 보상하는 실시간 제어의 부가적인 요소를 제공한다. 따라서, 상기의 유체 분배 제어는 유체 유동 특성에서의 변화에 보다 민감하고 보다 반응성이 높은 장점을 갖고, 이에 의해 작업 소재 상에 유체의 고품질 및 보다 정확한 분배와 응용을 제공한다.

본 발명의 유체 분배 제어는 생산 전의 조정량을 최소화하는 유체 분배 제어를 제공하고, 이는 예컨대 점도와 같은 유체의 유동 특성에서의 변화에 반응하는 유체 유동을 보다 빨리 조정하고, 온도에서 검출된 변화에 응답하여 유체 유동을 조정한다. 본 발명의 이들 및 다른 목적과 장점은 다음의 도면 설명과 함께 보다 명백해질 것이다.

제 1도는 유체 분배 건(28)에 활동적으로 접속된 전자 기계적인 서보 작동기(26)에 라인(24)상에서 출력 명령 신호를 제공하는 유체 분배 제어기(22)를 포함하는 유체 분배 시스템(20)을 도시한다. 서보 작동기(actuator)(26)는 빠른 반응 성을 갖는 다른 종류의 선형 작동기중 어느 하나가 될 수 있다. 서보 작동기(26)는 2중 공압 실린더(29)에 공기를 보내는 전기적으로 작동하는 공압 서보 밸브(27)를 우선적으로 포함한다. 상기 실린더(29)는 유체 분배 건(28)내에 계량 밸브(30)의 줄기(도시 안됨)에 기계적으로 접속된 실린더 막대(도시 안됨)를 갖 는다. 유체 분배 제어기(22)는 계량 밸브(30)의 동작을 제어하는 서보 작동기(26)에 출력 신호를 제공하고, 이에 의해 노즐(36)의 구멍(34)을 통한

유체통 즉 유체원(32)으로부터 유체의 유동을 일정하게 한다. 우선적으로 유체 분배 건(28)은 예컨대 컬크, 밀폐제 또는 접착제와 같은 유체의 방울(37)을 유체 분배 건(28)에 대해서 움직이는 작업 소재(38)에 분배한다. 전형적으로 유체 분배 건(28) 및/또는 상기 작업 소재(38)는 유체 분배 제어기(22)와 독립적인 제어를 갖는 로보트 팔, 이동 탁자, 또는 다른 장치에 장착된다.

유체 분배 제어기(22)는 키패드와 비디오 표시 단자(표시 안됨)를 포함하는 조작자 I/O 장치(40)를 포함한다. 조작자 I/O 장치(40)는 비디오 표시 단자와 키패드 사이의 데이타 통신을 취급하기 위한 프로세서(도시 안됨)와 직렬(serial) I/O(42)를 포함한다. 조작자 I/O 장치(40)와 관련된 프로세서는 다수의 상업적으로 취득 가능한 프로세서 또는 PC중의 하나가 될 수 있다. 조작자 I/O 장치(40)내의 프로세서는 아리조나 피닉스의 모토롤라로부터 상업적으로 취득가능한 'NEURON CHIP(뉴론칩)'3150 프로세서가 선호된다. 조작자 I/O 장치(40)에서의 상기 프로세서는 트위스트 페어(twisted pair) 케이블(41)에 의해 직렬 I/O 인터페이스(42)내의 조작자 I/O 인터페이스(44)에 접속된다. 조작자 I/O 인터페이스(44)는 역시 'NEURON CHIP' 3150 프로세서가 선호되고, 버스 인터페이스(46)와 데이타를 교환하는 기능을 한다. 버스 인터페이스(46)는 평행 16비트 데이타 버스가 선호되는 버스 인터페이스(48)로, 및 그로부터의 데이타 전달을 담당한다. 도시되지는 않았지만 직렬 I/O(42) 역시 예컨대 다른 'NEUROM CHIP' 프로세서, RS-232 포트 등과 같은 다른 직렬 통신 연결을 포함할 수 있다.

버스(48)는, 아리조나 피닉스의 모토롤라로부터 취득 가능한 68000 프로세서가 선호되는 중앙 처리 장치 'CPU'(50), 휘발성 및 비휘발성 RAM 기억장치(52), ROM 기억장치(49), 및 버스 인터페이스(56)에 접속된 버스(55)를 포함하는 감시 제어기(49)에 접속된다. 감시 제어기(49)는 기본적으로 I/O 프로세서로 기능하고 동작 I/O 장치(40)로, 및 로부터의 데이타 통신과, 통상적으로 유체 분배 제어기(22)와 떨어져 위치하는 외부 장치(57)로, 및 로부터의 데이타 통신을 조정한다. 동작의 일반 모드및 주기가 조작자 I/O 장치(40) 또는 외부 장치(57)로부터의 입력에 의해 시작되기 때문에, 감시 제어기(49)는 유체 분배 주기에서 다양한 임무를 수행하는 서보 제어기(74)에 입력 신호 상태를 제공한다. 조작자 I/O 장치(40)는 예컨대 설정 모드 및 동작 모드와 같은 다른 동작 모드를 시작하게 하는데 사용된다. 설정 모드에서 조작자는 예컨대 방울(bead) 크기, 및 회전량 유량계 인코더의 펄스 카운트와 같은 비례 계수(scaling factor)의 원하는 유동에 관련되는 정보를 입력시키는데 상기 I/O 장치들(40)을 사용한다. 덧붙여 조작자 I/O 장치(40)는 예컨대 경보 또는 에러 신호와 같은 분배 처리에 관련되는 정보를 표시한다.

감시 제어기(49)는 원하는 현재의 제어 동작과 검출된 외부 조건에 따라서 임무 또는 일의 원하는 순서를 명령하는 ROM(54)에 다양한 동작 프로그램을 저장한다. 보다 자세하게 설명될 것으로, 감시 제어기(49)는 분배 주기를 개시하고 종료하는 유체 분배 제어 내에서 명령을 제공한다. 즉 분배 건을 ON 및 OFF시킨다. 감시 제어기(49)는 유체 분배 제어기(22)의 현재의 동작에 따른 일의 다른 시간표를 제공한다.

유체 분배 제어기(22)는 유체 분배 시스템 내의 외부 장치(57)로 및 로부터 디지탈 신호를 각각 제공하거나 수신하는 디지탈 I/O 인터페이스(60)를 갖는 디지탈 I/O(58)를 더 포함한다. 양호하게, 디지탈 I/O 인터페이스(60)는 16비트 I/O 데이타를 제공한다. 입력 데이타는 통상적으로, 부분(part)의 시작과 부분 신호, 부분 식별 워드, 분배 건의 ON/OFF신호등의 끝을 포함한다. 입력 신호는, 디지탈 I/O인터페이스(60)의 각 입력에 접속된 디지탈 I/O 라인(62)중의 하나에 자신의 각 디지탈 I/O 인터페이스(도시 안됨)를 갖거나 갖지 않을 수 있는 외부 장치(57)로부터 수신된다. 그들 입력 신호는 버스 인터페이스(64)에 의해 버스(48)에 전달되고, 감시 제어기(49)는 그 버스 인터페이스(56)를 통해 버스(48)로부터 입력 신호를 수신한다. 그 동작 중에 감시 제어기(49)는 다른 조건과 처리 상태를 검출한다. 이들 처리 조건은 예컨대 노즐 압력, 재료의 온도, 및 에러 조건 등의 측정된 처리의 변동의 값을 포함하고, 감시 제어기는 조작자 I/O 장치(40)내의 표시 장치에 이들 처리 조건 중의 일부를 또는 유체 분배 제어기(22)로부터의 이들 처리 조건을 나타내는 출력 디지탈 신호를 제공하거나 또는 이들 둘 모두를 제공한다. 디지탈 출력 신호를 제공하는 경우에 있어서, 상기 감시 제어기(49)내의 CPU(50)는 디지탈 출력 신호를 버스(48)를 통해 버스 인터페이스(56)로, 버스 인터페이스(64)로, 및 디지탈 I/O 인터페이스(60)의 각 출력으로 전송한다. 그 다음에 디지탈 출력 신호는 디지탈 I/O 라인(62)의 각각의 라인에서 이용가능하고 상기 시스템 내의 외부 장치(47)에 의해 판독되거나 수신된다.

유체 분배 제어기(22)는 감시 제어기(49)와 함께 동작하는 서보 제어기(74)를 더 포함한다. 데이타는 서보 제어기(74)와 감시 제어기(49)사이에서 이중 포트 RAM(70)을 통해 교환된다. 상기 이중 포트 RAM(70)은 캘리포니아 산 호세의 CYPRESS사로부터 상업적으로 취득 가능한 16비트 공유 메모리 장치가 선호된다. 서보 제어기(74)내에, 마이크로 프로세서(76)는 ROM(80)에 저장된 프로그램 또는 루틴(Routines)을 실행한다. 이들 프로그램을 실행하는데 있어서, 상기 마이크로 프로세서는 RAM(78),부동 소수점 계산을 위한 코프로세서(82)및 내부 연결의 16비트 병렬 버스(83)를 사용한다. 마이크로 프로세서(76)는 68HC16모델의 마이크로 프로세서가 선호되고, 코프로세서(82)는 아리조나 피닉스의 모토롤라사로부터 상업적으로 취득 가능한 68000계열의 프로세서 중의 하나가 선호된다. 아날로그 데이타는 상기 유체 분배 시스템(20)내의 다양한 요소로부터 수신되어, 마이크로 프로세서(76)상에서 유용한 10비트의 A/D변환기가 선호되는 A/D 변환기(88)에 의해 상응하는 디지탈 신호로 변환된다.

마이크로 프로세서(76)및 상기 서보 제어기(74)내의 다른 장치에 가해질 전원에 대해, ROM(80)내에 저장된 파워-온 또는 리세트 프로그램 또는 루틴이 실행된다. 제 2도를 참조하면, (200)에서의 루틴상의 전원은 우선 초기화와 자가 시험의 서브루틴을 실행한다. 이들 서브루틴은 상기 서보 제어기(74)내의 하드웨어에 대한 표준 시험을 실행한다. 파워 온 루틴의 나머지는 2 msec의 클럭에 응답하는 실시간 태스크 스캐줄러이다. (202)에서의 파워 온 루틴은 우선 상기 태스크 스케줄러를 초기화한다. 초기화는 스캐줄러에 포함된 카운터 및/또는 타이머를 리세팅시키는 단계를 포함하고, 필요하다면 스캐줄된 태스크의 우선권이 재조정된다.

파워 온 루틴은 태스크 스캐줄러내의 태스크 타이머를 갱신하기 위하여 단계(204)에서 지속된다. 이후 단계(206)에서 루틴은 예컨대 파워 온 루틴 내의 단계(208)에서 서보 제어 루틴의 2 ms 태스크를 실행할 지의 여부를 결정한다. 서보 제어 루틴의 동작은 제 3도에 도시되었고, 노즐로부터의 유체의 분배를 제어하고 이는 다음에 설명된다. 그후 단

계(209)에서의 파워 온 서브루틴은 매 10 ms마다 반복하는 태스크를 실행할 지의 여부를 결정한다. 만약 실행해야 된다면, 예컨대 제 5도에 자세히 도시되고 이후에 설명될 단계(210)에서의 유동 제어 서브루틴이 실행된다. 이 후 상기 루틴은 단계(212)에서 유동 제어 주기가 끝나는 지의 여부를 결정하고, 즉 부분의 종료 또는 분배 주기의 종료가 검출되고, 만약 그렇다면, 상기 루틴은 이중 포트 RAM(70)에서 적절한 위치에 기록될 가장 최근에 결정된 IPN과 유동 변환 값을 생성시킨다. 그 후 상기 루틴은 단계(216)에서 매 250 ms마다 실행되는 단계(218)에서의 진단 서브루틴을 실행할 시간이 되었을 지의 여부를 결정한다. 그 후 상기 루틴은 단계(204)에서, 태스크 타이머를 갱신하기 위해 돌아가고, 마이크로 프로세서(76)는 전력이 서보 제어기(74)에 가해지는한, 단계(204)에서 단계(218)까지의 처리를 반복한다.

제 2도의 단계(208)에서의 상기 서보 제어 루틴은 제 3도에 자세히 도시되었다. 서보 제어 서브루틴(208)의 각 실행에 대해, 상기 서브루틴은 우선 단계(220)에서 상기 서보 제어기(74)에 의해 결정된 원하는 압력을 판독하고 RAM(78)내의 위치에 저장한다. 단계(222)에서 검출될 때 원하는 압력이 '0'으로 검출되면, 마이크 로 프로세서는 ROM(80)에 저장된 최소 전류 값(224)을 판독하고 이 최소 전류 값을 단계(226)에서 D/A변환기(116)에 출력한다. D/A변환기(116)로부터의 아날로그 출력은 서보 증폭기(118)에서 증폭되고 최소 전류 명령 신호는 출력 라인(24)상에서 서보 밸브(26)에 제공된다. 이 후 단계(228)에서 마이크로 프로세서는 제 1도의 압력 트랜스듀서 인터페이스(96)에 의해 제공된 아날로그 압력 신호의 표본을 취한다. 압력 트랜스듀서 인터페이스(96)는 좋은 잡음 제거 특성을 갖는 고-임피던스 입력 기기 증폭기를 포함한다. 압력 트랜스듀서(100)로부터 라인(98)상의 압력 신호를 안정시키기 위해 저역 필터가 사용된다. 압력 트랜스듀서(100)는 분배 노즐(36)근처의 분배 패드(28)상에 장착되고 구멍(34)을 통해 분출됨에 따른 유체의 압력 강하를 측정한다. 마이크로 프로세서(76)는 A/D변환기(88)로부터의 디지탈 압력 신호를, 압력 트랜스듀서 인터페이스(96)에 의해 제공될 때, 판독하고 저장한다. 이 후 단계(230)에서 마이크로 프로세서(76)는 이 후에 설명될 노즐 압력 값을 적분한다.

단계(232)에서 마이크로 프로세서(76)는 RTD 인터페이스(102)에 의해 제공된 아날로그 압력 값의 표본을 취한다. 상기 RTD 인터페이스(102)는 온도 센서 또는 트랜스듀서(106)로부터 입력 라인(104)상의 온도 신호를 수신하는 저항 온도 장치이다. 온도 센서(106)는 업스트림(upstream)이며 양호하게 분배 건(28)보다 앞서서 그러나 근접한 유체 스트림내의 한 점에서 온도를 측정한다. 선호 적으로 온도 트랜스듀서 (106)은 120Ω을 갖는 표준 니켈 온도 센서이고 미네소타 미네아폴리스의 MINCO사로부터 상업적으로 취득 가능하다. 마이크로 프로세서(76)는 RTD 인터페이스(102)에 의해 제공되는 A/D변환기(88)로부터 디지탈 온도 값을 판독하고 저장한 다.

단계(234)에서 마이크로 프로세서는 A/D변환기(88)로부터의 디지탈 줄기(stem) 속도 신호를, 속도 인터페이스(94)에 의해 제공될 때, 판독하고 저장한다. 상기 속도 인터페이스는 자체의 입력 라인(92) 에서 분배 건(28)위에 장착된 속도 트랜스듀서(도시 안됨)로부터의 아날로그 줄기 속도 신호를 수신한다. 상기 트랜스듀서는 속도 트랜스듀서가 측정 밸브의 줄기의 동작 함수로서의 속도 피드백 신호를 제공하는 것과 같은 측정 밸브에 대해서 장착된다.

제 3도의 단계(236,240)에서 마이크로 프로세서는 디지탈 PID처리를 실행하기 위해 줄기 피드백 신호와 압력 신호를 사용한다. 비례, 적분및 미분 항은 압력 신호로부터 계산되고, 비례 속도 항은 속도 신호로부터 계산된다. 이들 각 항은, 0부터 임의의 값까지의 범위 내에 들며, 상기 서보 작동기(26)와 계량 밸브(30)의 동작에 원하는 반응과 안정성을 제공하기 위해 경험적으로 결정되는, 이득 또는 승산기를 갖는다. 예컨대, 압력 신호의 비례 및 미분 항은 분배 건이 초기에 온이 될 때, 그 정상 값의 1/3으로 감소된다. 그 후 상기 압력 신호의 이들 비례 및 미분항의 이득 값은 시간에 대해 점진적으로 그 정상 값으로 증가한다. 이 후 단계(242)에서 마이크로 프로세서(76)는 원하는 전류 값이 사전에 결정된 최대값보다 큰 지의 여부를 결정한다. 만약 크다면, 마이크로 프로세서(76)는 단계(244)에서 전류 값을 소정의 최대 전류 값으로 설정한다. 유사하게 마이크로 프로세서(76)는 단계(246)에서 출력 전류 값이 소정의 최소 값보다 적은 지의 여부를 결정하고, 만약 적다면, 단계(248)에서, 단계(248)에서의 출력 전류 값을 소정의 최소 값과 동일하게 설정한다. 이전에 표시한 바와 같이, 출력 전류 값은 단계(226)에서 D/A변환기(116)에 의해 원하는 아날로그 값으로 변환되고, 서보 증폭기(118)에 의해 증폭되며, 라인(24)상에서 서보 밸브(26)로 출력된다.

효과적인 유체 분배 제어를, 제공하기 위하여, 서보 제어기(74)는 노즐의 압력을 분배 주기 중의 원하는 유동 속도의 함수로서 주기적으로 결정하기 위하여, 각 분배 주기 동안 주기적으로 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 구한다. 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델은 다음과 같이 표현된다.

$$FR = A \times P^N \times e^{b \times \Delta T}$$

이 식에서 FR = 점착성의 유동 속도

P = 노즐의 압력

A = 제 1 유동 특성 상수

N = 제 2 유동 특성 상수

b = 온도 감도 계수

$$\Delta t = T_i - T_{i-1}$$

보다 짧은 분배 주기에 있어서, 온도는 상대적으로 일정하다고 상정하는 것이 합리적일 수 있다. 따라서 이러한 주기에 있어서, 온도 변화는 0으로 가정할 수 있고, 상기 모델은 다음과 같이 단순화 될 수 있다.

$$FR = A \times P^N$$

상기 모델은 상수 A 및 N항에 대해 초기값이 설정되는 것이 필요하다. 이들 초기값은 재료의 조정 주기, 또는유동 특성 조정 처리를 실행함으로써 설정될 수 있다. A항은 노즐을 통한 유체의 유동 속도와 노즐의 압력 사이의 관계에 상관관계를 갖는 유동 특성 상수를 나타낸다. 따라서 A의 값은 유체의 점도에 의존한다. 더욱이 A의 값은 주어진 노즐로부터의 전단응력(SHARE)효과로부터 야기되는 유동의 비선 형성에 영향을 미친다. N항의 값은 노즐을 통한 유체 유동의 전단응력 효과에 의해 야기되는 유동의 비선 형성과 상관관계가 있고, 이로부터 보다 직접적으로 영향을 받는

다. 따라서 노즐이 바뀔 때 또는 분배될 유체의 형태가 바뀔 때는 언제나 상수 A 및 N의 값은 재료의 조정 주기를 통해 다시 구해져야만 한다.

이 후 유체 유동 특성을 변화시키는 임의의 환경 요소가 있는 범위까지, A의 값의 주기적인 재계산은 노즐로부터의 유체의 유동 속도와 노즐 압력 사이의 관계에서 변화, 즉 유체 유동 특성에서의 이들 변화에 의해 야기되는 변화를 반영한다. 본 발명의 한 목적이 특정 작업 소재 또는 부분에 독립적인 유체 분배 제어를 제공하는 것이기 때문에, 재료의 조정 주기는, 분배되는 재료의 측정된 유량과 측정된 노즐 압력의 검출을 허용하는 방편으로 생산에 사용될 노즐을 통해 원하는 유체를 단순히 흘러 보냄으로써 실행된다. 양호하게, 유체 분배 제어기(22)는 재료 조정 주기를 자동으로 실행시키기 위해 사용된다. 재료 조정 주기는 조작자 I/O 장치(40)를 사용하는 조작자에 의해 선택되고 시작된다. 조정 주기의 개시에 있어서, 감시 제어기(49)는 제 4도의 서브루틴에서 일반적으로 도시된 사건의 순서를 시작한다.

서브루틴을 실행하는데 있어서, 감시 제어기(49)는 먼저 단계(300)에서 원하는 최대 압력 값을, 분배 건(28)에서의 계량 밸브(30)가 최대로 개방된 즉 완전히 개방된 상태에서 노즐(36)을 통해 유체를 분배 또는 흘려 보내기 위해, 서보 제어기(74)의 이중 포트 RAM(70)에 제공한다. 상기 최대 원하는 압력에 응답하여, 제 3도의 서브루틴을 실행하는 마이크로 프로세서(76)는, 서보 밸브(26)와 계량 밸브(30)를 동작시켜 유체가 분배 건으로부터 최대값으로 즉, 노즐 압력의 100%로 분배되도록, D/A변환기(116), 서보 증폭기(118)및 서보 밸브(26)로의 라인(24)을 통해 출력 신호를 생성한다. 또한 마이크로 프로세서(76)는 라인(92)상의 속도 신호와 라인(98)상의 압력 신호의 밸브를 판독한다. 제 3도의 서보 제어 서브루틴에 따라서, 마이크로 프로세서(76)는, 원하는 최대 압력 신호와 같은 양의 밸브에서 라인(24)상의 출력 전류 신호를 유지하기 위해, 압력 및 속도 피드백 신호의 디지탈 PID 처리를 수행한다.

분배 기간동안, 제 2도 및 제 3도에 대해 이전에 설명한 바와 같이, 마이크로 프로세서(76)는 압력 트랜스듀서(100)로부터 측정된 압력을 주기적으로 판독 및 저장한다. 감시 제어기(49)가 서보 제어기(74)에 원하는 최대 압력 값을 제공할 때에, 서보 제어기(74)가 카운터(114)를 리세트시키도록 리세트 카운터 명령을 또한 제공한다. 이와 동시에 감시 제어기(49)는 조정 유체의 분배 주기의 시간 간격을 측정하는 한 주기의 타이머를 개시한다. 분배 주기 중에 감시 제어기(49)는 예컨대 10 ms마다 주기적으로, 마이크로 프로세서(76)가 카운터(114)를 판독하고 그 값을 이중 포트 RAM(70)내의 각 위치에 기록하도록 요구하는, 판독 카운터 명령을 이중 포트 RAM(70)에 제공한다. 카운터(114)가, 감시 제어기(49)에 의해 검출되는 소정의 카운트값 예컨대 1000에 도달할 때, 감시 제어기(49)는 주기 타이머의 동작을 정지시키고, 주기 타이머에 의해 측정된 경과 시간을 판독하고 저장한다. 이 후 감시 제어기(49)는 분배 건을 OFF 시키는, 서보 제어기(74)에 대한 0 값의 원하는 압력 명령을 생성한다. 상기 100% 압력의 조정 주기 중에 감시 제어기(49)는 또한 이중 포트 RAM(70)으로부터 주기적으로 서보 제어기(74)에 의해 검출된 측정된 노즐 압력을 판독한다. 양호하게 감시 제어기(49)는 이들 압력 값의 평균을 계산하고 평균 압력 값을 장래의 사용을 위해 저장한다. 따라서 100% 압력 조정 주기의 종료시 감시 제어기(49)는 분배 유량값, 측정된 노즐 압력값 및 분배 주기 시간 간격을 저장한다. 감시 제어기(49)는 또한 노즐 장애 또는 유체의 원하는 유량의 분배를 방해하는 임의의 다른 사건을 검출하려고 시도한다. 예컨대 소정의 기간 예컨대 90초 기간 내에 만약 1000개의 펄스가 카운트되지 않으면, 감시 제어기(49)는 100% 압력 조정 분배 주기를 종료하고 조작자, I/O장치(40)에 조정 에러 메시지를 출력한다.

유사한 처리가 최대 노즐 압력의 50%, 25%, 10%의 각각의 원하는 압력에서 실행되는 분배 주기상에서 유량과 노즐의 압력이 측정되고 저장되는 처리 단계(302,304,및 306)에서 반복된다. 그러나 유체의 보다 적은 유량이 연속적으로 보다 낮은 압력에서 분배되기 때문에, 각 이들 주기 중에 검출되는 펄스의 수는 연속적으로 적어진다. 예컨대 최대 노즐 압력의 50%, 25% 및 10%에서의 연속적인 조정 주기에 있어서, 분배 주기는 카운터(114)가 600개, 300개 및 100개의 펄스를 각각 검출한 후에 종료된다. 유사하게 카운트되는 펄스의 이들 수가 누락되면, 감시 제어기(49)는 각각 90초, 120초 및 240초 이후에 노즐 압력의 50%, 25% 및 10%에서의 연속적인 조정 주기를 종료하고 각 조정 에러 메시지를 제공한다.

재료의 조정 처리의 목적은 사용될 유에 및 노즐에 대한 이후 및 현재의 유체 유동 특성을 결정하는 것이다. 흐르는 유량 또는 흐르는 속도에 대한 압력의 관계는 비선형인 것으로 공지되어 있으며, 따라서 이들 특성을 결정하는데 있어서, 감시 제어기(49)는 측정된 데이타와 관련될 수 있는 최적의 근사 선형 관계에 대한 측정 데이타의 자연 로그 값을 사용한다. 단계(308)에서 감시 제어기는 아래와 같이 압력 값의 4개의 자연 로그를 계산한다.

$$X_n = \ln P_{MEAS@X\%P}$$

상기 식에서 $P_{MEAS@X\%P}$ = 최대 압력값의 설정된 % 에서 평균 측정 압력.

덧붙여 감시 제어기는 다음과 같이 각 4개의 교정(calibration) 분배 주기의 각각에 대한 유동 속도 값의 4개의 자연 로그를 계산한다.

$$Y_n = \ln\left(\frac{VOL_{MEAS@X\%P}}{\text{분배 시간 @ } X\%P}\right)$$

상기 식에서 $VOL_{MEAS@X\%}$ = 최대 압력의 설정 % 에서의 측정 유량이다.

이차원 데이타의 좌표 값은 압력 값의 각 4개의 자연 로그 값과 유동 속도 값의 4개의 자연 로그값중의 상응하는 하나에 의해 한정된다. 감시 제어기(49)는, 단계(308)에서 계산된 4개의 데이타 점에 의해 표시되는 직선을 확인하기 위하여, 단계(310)에서 좌표값 4개의 세트상에서 선형 회귀(regression) 예컨대 최소 자승 회귀를 수행한다. 다음엔, 단계(312)에서 감시 제어기(49)는 다음과 같이 상수(N) 의 값을 단계(310)에서 식별된 직선의 기울기와 동일하게 설정한다.

$$N = \frac{\Delta Y_n}{\Delta X_N}$$

감시 제어기(49)는 또한 다음과 같이 상수(A)에 대한 조정 값을 결정한다.

$$A = \varepsilon^{\,y\ intercept}$$

감시 제어기(49)는 또한 단계(312)에서 상수(A 및 N)의 조정된 값을 RAM(52)에 저장하고, 제어기(22)는 생산 주기를 개시할 준비를 한다. 상기의 재료 조정 처리는 생산의 바로 앞선 시간에 재료의 유동과 노즐의 조정을 제공하고, 따라서 종전의 조정 처리보다 보다 정확하다. 상기의 처리는 4개의 원하는 압력에서 수행되었지만, 세개의 원하는 압력에서 수행될 수도 있으며, 따라서 종전의 방법보다 쉽고 덜 복잡하다. 더욱이 재료의 조정은 건을 통해 유체를 흘려 보내기만 함으로써 자동으로 수행될 수 있고, 작업 소재 또는 부분은 필요로 하지 않는다.
재료 교정 주기가 완료된 후, 유체 분배 제어는 I/O 장치(40)를 통한 조작자에 의해 동작 또는 유체 분배 모드로 전환되고, 이들 처리는 제 2도의 단계(210)에서의 유동 제어 서브루틴에 의해 실행된다. 유동 제어 서브루틴은 단계(210)에서 서보 제어기(74)의 ROM(80)에 저장되고, 단계(210)에서의 서브루틴은 제 5도의 흐름도에 의해 보다 상세하게 도시되었다. 조작자가 동작 모드를 개시하는 즉시 감시 제어기(49)는 디지탈 I/O 신호 라인(62)중의 하나에서 주기 개시 신호의 수신을 기다린다. 작업 소재(38)와 분배 건(28)이 소정의 상대적인 위치에 도달할 때, 소정 의 위치가 검출되고, 온 상태인 부분 스트로브 신호가 주기 개시 신호로 디지탈 I/O 입력 라인(62)중의 하나에 제공되고, 이는 감시 제어기(49)에 의해 검출되고 이중 포트 RAM(70)에 기록된다. 주기 개시 신호는 단계(350)에서 서보 제어기(74)에 의해 RAM(70)으로부터 판독된다. 단계(350)에서 주기 개시 신호를 검출한 후, 서보 제어기(74)는 이중 포트 RAM(70)로부터 A와 N의 값을 판독한다. A와 N의 값은, 이들 값을 비휘발성 RAM(52)에 저장하는 감시 제어기(49)에 의해 이중 포트 RAM(70)에 사전에 갱신된다. 이 후, 단계(352)에서 서보 제어기(74)는 원하는 유량의 현재 값을 0으로 설정하고 IPN의 값을 0으로 리세트한다. IPN과 원하는 유량값 분배 주기상에서 디지탈 적분 처리에 의해 결정되며, 따라서 이들 값은 분배 주기의 시점에서 0으로 설정된다.
이후 분배 건의 온/오프 신호의 온 상태는 감시 제어기(49)에 의해 검출되는 다른 디지탈 I/O 입력 라인(62)에 제공되고, 이중 포트 RAM(70)에 기록되고, 또한 서보 제어기(74)내의 마이크로 프로세서(76)에 의해 검출된다. 서보 제어기(74)는 단계(358)에서 방울의 크기와 도구 속도의 현재의 값을 판독한다. 방울 크기값은 조작자에 의해 상수로 입력되고 이는 작업 소재에 가해지는 유체 방울의 원하는 직경을 표시한다. 방울 크기는 감시 제어기(49)의 비휘발성 RAM(52)내에 저장되고, 감시 제어기(49)는 서보 제어기(74)에 의한 사용을 위하여 이중 포트 RAM(70)의 적절한 위치에 기록된다.
도구 속도 값은 작업 소재(38)와 분배 건(28)사이의 상대적인 속도를 표시한다. 이전에 언급한 바와 같이 이들 둘 모두 응용에 따라서 움직일 수 있다. 도구 속도 신호는 라인(84)상에서, 수신되고 도구 속도 신호 조절 회로(86)에 의해 처리된다. 양호하게 도구 속도 신호 조절 회로(86)는 공통 모드 잡음 제거 입력 구성을 갖고, 적절한 전압 레벨의 안정된 도구 속도 신호를 A/D변환기(88)에 제공하기 위하여 저역 필터를 더 포함한다. 따라서 마이크로 프로세서(76)는 도구 속도 신호 인터페이스(86)의 출력의 표본을 취하고, A/D변환기(88)로부터의 디지탈 도구 속도 신호 값을 이중 포트 RAM(70)내의 적절한 위치에 기록한다.
단계(360)에서 서보 제어기(74)는 도구 속도 값의 산물인 원하는 유동속도, 방울크기, 및 원하는 유동 속도 값의 크기를 기준화하여 다른 크기 단위의 기준(scale)과 양립할 수 있도록 하는 기준화(scaling) 계수를 계산한다.

$$FR_{DES} = BS \times TS \times k$$

이식에서 BS = 방울 크기의 현재값
TS = 도구 속도 신호의 현재값
k = 기준화 계수
이후 단계(362)에서 서보 제어기(74)는 분배 주기 중에 분배될 원하는 유량 또는 유량 설정 점을 계산한다. 이 전의 유체 분배 제어와는 대조적으로 유량 설정 점은 원하는 노즐 압력을 결정하는데 사용되지 않고, 현재의 분배 제어에 대해서, 유량 설정점은 분배된 유체의 측정값과 원하는 유량 즉 유량 설정 점사이의 임의의 에러를 결정하기 위한 분배 주기 사이에서 사용된다. 본 발명의 특이한 면은 유량 설정 점이 분배 주기상에서 원하는 유동 속도 값을 적분함에 의해 실시간에서 결정 된다는 사실이다. 특정 표본화 주기 예컨대 10 ms 주기 동안 원하는 유동 속도는 이론적으로 이 표본화 주기에 대해 분배되고 있는 원하는 유량을 도출해 낸다. 각 표본화 기간에 대한 원하는 유동 속도의 축적 또는 합인 적분은 실시간에서 분배될 원하는 유량 즉, 유량 설정 점을 표시한다. 따라서 단계(362)에서 서보 제어기(74)는 다음과 같은 적분의 단계를 수행한다.

$$VOL_{DES} = VOL_{DES} + FR_{DES} \times 0.01$$

10 ms의 표본 주기에 대해, 서보 제어기(74)는 원하는 유동 속도 값에 0.01을 곱하고 이 값을, 분배 주기 중의 단계(362)의 이전 실행으로부터 적분된 원하는 유동 속도 값의 저장된 축적에, 더한다. 따라서 유체 분배 주기의 최종점에서 단계(362)에서의 처리에 의해 제공된 축적된 원하는 유량은 그 분배 주기상에서 유량 설정 점을 표시한다.
따라서 단계(364)에서 검출된 바와 같이 온도 보상이 선택되지 않으면, 서보 제어기(74)는 단계(366)에서 원하는 노즐 압력을 다음의 식에 따라서 계산한다.

$$P_{DES} = \left(\frac{FR_{DES}}{A} \right)^{\frac{1}{N}},$$

이식에서 P_{DES} = 원하는 노즐 압력
FRDES = 원하는 유동속도
A = 제 1유동 특성 상수
N = 제 2 유동 특성 상수
상기 식은 이전에 언급한 유동 속도 모델을 재배열시켜 유도된다. 서보 제어기(74)는 새로운 원하는 노즐 압력을 서보 제어기(74)내의 RAM(78)안에서 갱신하고, 이후 노즐을 통한 유체의 유동은 이전에 기술된 제 3도의 서보 제어 루틴을 따른 새로운 노즐 압력 값에 따라서 서보 제어기(74)에 의해 명령된다. 단계(356)에서의 유동 제어 처리는 유체 분배 건의 온/오프 신호가 계속 온인 지의 여부를 검사한다. 분배 건의 온/오프 신호가 온 상태를 유지하는 한, 서보 제어기(74)는 제 2도의 전원 온 루틴에 의해 결정된 바와 같이 주기적인 기초 예컨대 10 ms마다 분배 주기 단계(358-366)를 반복한다. 분배 주기는, 단계(356)에서 서보 제어기(74)에 의해 검출되는 오프 상태로 전환되는 분배 건 온/오프 신호에 의해 종료되고, 처리는, 제 2도의 단계(212)에서 주기의 종료를 검출하기 위해 되돌아간다. 분배 주기 중에 분배 건은 작업 소재의 성질, 분배되는 유체의 패턴, 등에 따라서 수차례 온이 되거나 오프가 될 수 있다. 분배 건의 오프 상태가 검출된다 할지라도, 한 부분의 종료인 유동 제어 주기의 종료가 서보 제어기(74)에 의해 제 2도의 단계(212)에서 검출되지 않으면, 제 5도의 처리는 다른 분배 건의 온 신호의 발생을 기다린다. 상기 신호가 수신되면, 제 5도의 유동 제어 주기는 상술된 바와같이 10 ms 마다 실행될 것이다.
한 부분의 종료점 즉, 유동 제어 주기의 종료 점에서 그 부분의 스트로브 신호는 디지탈 I/O 라인(62)상에서 오프 상태로 바뀌고, 상태의 변화는 그 오프 상태를 이중 포트 RAM(70)에 기록하는 감시 제어기(49)에 의해 검출된다. 유동 제어 주 기의 종료점은 제 2도의 단계(212)에서 검출되고, 서보 제어기(74)는 IPN과 재료의 유량의 새로운 값을 이중 포트 RAM(70)에 기록한다. IPN 값의 유도 및 사용은 다음에 설명된다. 량의 재료 유동은 분배 주기상에서 카운터(114)에서 축적된 값으로 표시된다. 카운터(114)는 카운터(114)에 의해 검출되고 카운터 되는 라인(112) 상에 펄스를 생성시키는 펄스 인코더(110)에 접속된다. 펄스 인코더(110)는 입력 샤프트(shaft)의 매 회전당 대략 100개 내지 2000개 범위의 펄스를 생성시키는 장치는 어떠한 것이라도 상관없다. 특정 인코더의 선택은 통상적으로 분배 시스템에서 사용되는 응용 및 다른 요소에 의존한다. 펄스 인코더(110)의 입력 사프트는 유체원(32)으로부터 분배 건(28)으로 흐르는 유체에 의해 작동되는 기어 형태의 유량계(108)에 접속된다. 따라서 분배 주기 중에 카운터(114)는, 유량계(108)에 의해 측정된 것으로 분배 건(28)을 통해 흐르는 검출된 또는 측정된 유량에 비례하는 펄스 카운트를 유지한다.
그 부분의 스트로브 신호가 감시 제어기(49)에 의해 검출된 바와 같이 오프 상태로 변환될 때, 감시 제어는 제 6도의 서브루틴에서 도시된 바와 같이 유동 특성 상수에 대한 새로운 값을 계산하기 위해 진행된다. 임의의 유동 재료 파라메터를 재계산하기 전에, 상기 서브루틴은 우선 선행된 분배 주기상에서 분배된 유량이 소정의 최소값을 초과했을 지, 또한 그 주기 동안 평균 노즐 압력이 소정의 최소 압력 값을 초과했을 지의 여부를 결정한다. 유동 속도와 압력 사이의 관계는 지수 함수적인 것이고, 통상적으로 포물선 형태의 곡선 표현을 갖는다. 따라서 낮은 압력 값에서의 압력 변화는 유동 속도에서 상당히 작은 변화만을 야기한다. 선택된 최소 값은 시스템의 원하는 정확도 및 측정 시스템의 분석도 즉 펄스 인코더(110) 및 유량계(108)의 분석도의 함수가 된다. 최소 값은 유동 특성 상수의 재계산이 유체 분배 처리의 정확도를 증가시키고 거기에서 불안정을 야기하지 않도록 선택되어야만 한다. 따라서 감시 제어기(49)는 제 6도의 단계(400)에서 인코더(110)및 카운터(114)에 의해 측정된 것의 이전의 주기 중의 분배된 유량이 소정의 최소량보다 큰 지의 여부를 결정한다. 덧붙여 단계(402)에서 감시 제어기(49)는 선행된 주기 중의 평균 압력과 상관관계를 갖는 IPN 값이 소정의 최소 IPN값보다 큰 지의 여부를 결정한다. 이들 조건중 어느 하나라도 부합되지 않으면, 제 6도의 서브루틴은 종료된다. 만약 두 조건이 부합되면, 감시 제어기(49)는 단계(404)에서 유동 특성 상수(A)의 값을 재계산한다.
A의 값은 노즐을 통한 유체의 측정된 유동 속도와 노즐의 압력 사이의 관계와 상관관계가 있다. 결과적으로, 유체의 점도를 변화시키는 온도 상의 변화가 있으면, 순서적으로 노즐을 통한 유체의 유동 속도와 유체의 노즐 압력 사이의 관계를 수정하고, 온도 상의 그 변화는 유동 특성 상수(A)를 다음과 같이 재계산함에 따라 조절된다.

$$A = \frac{VOL_{MEAS} \times k}{IPN}$$

이식에서 VOL_{MEAS} = 분배되는 유체의 측정 유량,

k = 기준화 계수

IPN의 값은 다음과 같이 결정된다.

$$IPN = \sum_{start}^{end} (P_{MEAS})^N \Delta t$$

이식에서 P_{MEAS} = 분배 주기중에 측정된 압력
N = 제 2 유동 특성 상수
start = 분배 주기의 개시

end = 분배 주기의 종료
$(P_{MEAS})^N$의 미분은 단계(230)에서 적분 노즐 압력 값의 부분으로서 제 3도의 서보 제어 서브루틴에서 수행된다. 매 2 ms마다 발생하는 서보 제어 서브루틴을 통한 각 반복 중에, $(P_{MEAS})^N$의 적분은 다음과 같이 수행된다.

$$IPN = IPN + (P_{MEAS})^N \times 0.002$$

따라서 분배 주기의 종료 점에서 제 3도의 서보 제어 처리는 단계(230)에서 계산된 IPN값을 계산한다. 제 2도의 단계(212)에서 그 값은 이중 포트 RAM(70)의 각 위치에 기록되어, 유동 특성 상수(A)의 재계산하기 위해 감시 제어기(49)에 유용하도록 한다.
이후에 감시 제어기(49)는 단계(406)에서 분배될 원하는 유량과 분배된 유량의 측정값 사이의 퍼센트 에러를 계산한다. 원하는 유량 즉 설정된 유량은, 단계(362)에서 제 5도에서 논의된 바와 같이 과거의 분배 주기의 시간 간격에 대해 원하는 유동 속도를 적분하는 서보 제어기(74)에 의해 결정되었다. 유량의 에러는 다음의 식에 따라서 계산된다.

$$VOL_{ERROR} = \frac{VOL_{DES} - VOL_{MEAS}}{VOL_{DES}} \times 100$$

이 식에서 VOL_{ERROR} = 분배된 유량에서의 퍼센트 에러
VOL_{DES} = 분배될 원하는 유량
VOL_{MEAS} = 측정된 분배된 유량
이후 단계(408)에서 유량 에러 값은 최대 유량 에러 값과 비교된다. 최대 유량 에러 값은 전형적으로 유량이 유량 설정 점에 대하여 제어되는 정확도의 함수로서 선택된다. 예컨대 노즐을 통해 분배되는 유량은 양호하게 유량 설정 점의 ±5% 에서 유지될 것이다. 따라서 최대 유량 에러 값은 7 %가 되도록 선택된다. 계산된 유량 에러 값이 상기 수용가능한 한계내에 있으면 도 6의 프로세스가 종료된다. 상기 유량 에러가 최대 한계를 초과하면, 감시 제어기(49)는 단계(410)에서 이전의 분배 주기 중의 유동 속도의 평균값을 다음의 식과 같이 계산한다.

$$FR_{AVG} = \left(\frac{VOL_{MEAS}}{\text{분배 시간}} \right)$$

기술한 바와 같이, 제 2도의 단계(214)에서 서보 제어기(74)의 작동에 따라서, 분배 주기의 중점에서, 마이크로 프로세서(76)는 카운터(114)의 값을 판독하고 이 값을 이중 포트 RAM(70)의 위치에 기록한다. 따라서, 감시 제어기(49)는, 이 것에 유용한, 이전의 분배 주기 중에 분배된 유량을 표시하는 값을 갖는다. 덧붙여, 조정 처리에 대해서 설명한 것과 유사한 방법으로, 제 5도의 유동 제어 처리 중에, 서보 제어기(74)는 분배 건의 온/오프 신호의 각 온 및 오프 상태를 검출하는 것에 따라서 타이머를 개시 또는 정지시킨다. 따라서, 분배 주기의 종점에서, 그 타이머는 전체 분배 시간을 기록하게 되며, 즉 분배 건은 분배주기중에 온이 되고, 그 전체 시간은 서보 제어기(74)에 의해 이중 포트 RAM(70)에 기록된다. 전체 분배 시간은 감시 제어기(49)에 의해 단계(410)에서 평균 유동 속도를 계산하는데 사용된다.
단계(412)에서, 감시 제어기(49)는 유동 속도에서의 변화를 다음의 식과 같이 수행하는 서브루틴을 실행한다.

$$\Delta FR = FR_n - FR_{n-1}$$

이 식에서 FR_n = 현재의 분배 주기에 대한 평균 유동 속도
FR_{n-1} = 이전의 분배 주기에 대한 평균 유동 속도
유동 속도의 변화가 계산되어지기 위해서는 최소한 두개의 연속적인 분배 주기가 발생해야만 한다. 따라서, 유동 특성 서브루틴의 재계산은 연속적으로 두번 실행되어야만 하고, 각 실행 중에, 단계(408) 에서의 처리는 유량 에러가 최대 값을 초과하도록 결정해야만 한다. 제 1 반복에 있어서, 단계(410)에서의 처리는 제 1 분배 주기상에서 제 1 평균 유동 속도를 계산한다. 그 반복 중에, 단계(412)에서의 처리는 오직 한 개의 평균 속도 값만이 있으므로, 유동 속도에서의 변화를 계산하지 못한다. 다음 분배 주기 후에는, 만약 단계(408)에서 유량 에러가 검출되고 이 값이 최대 에러를 초과하면, 단계(410)에서 처리는 순간적으로 선행한 분배 주기상에서 다른 평균 유동 속도를 계산하고, 단계(412)에서의 처리는 초과 유량 에러가 존재하는 두개의 분배 주기 사이에서의 평균 유동 속도 내의 차이 또는 변화를 계산할 수 있다. 이후에 단계(414)에서 처리는 평균 유동 속도에서의 변화가 치소 변화보다 큰 지의 여부를 결정한다. 유동 속도에서 중요한 변화가 없으면, 단계(416)에서의 N 값의 후속 재계산은 크게 다른 값을 제공하지 않을 것이므로 거의 또는 아무 이득도 제공하지 않을 것이다. 평균 유동 속도에서의 변화가 단계(414)에서 검출된 것처럼 최소 값보다 클 경우, 단계(416)에서의 처리는 유동 특성 상수 N의 값을 다음의 식과 같이 재계산한다.

$$N = \frac{\ln FR_n - \ln FR_{n-1}}{\ln P_n - \ln P_{n-1}}$$

이 식에서 FR_n = 현재의 분배 주기에 대한 평균 유동 속도
FR_{n-1} = 이전의 분배 주기상에서 평균 유동 속도
P_n = 현재의 분배 주기상에서 평균 압력
P_{n-1} = 이전의 분배 주기상에서 평균 압력이다.

이전의 분배 주기상에서 압력의 평균값은 노즐 압력 값의 적분의 부분으로 제 3도의 단계(230)에서 결정된다. 단계(230)에서의 서브루틴은 IPN값을 적분할 뿐만 아니라, 다음 식과 같이 P_{MEAS} 값을 적분한다.

$$P_{AVG\ SUM} = P_{AVG\ SUM} + (P_{MEAS})$$

따라서 분배 주기의 종점에서, 단계(230)에서의 처리는 평균 압력 값을 생성하고, 이는 다음 식에 의해 계산되어 진다.

$$P_{AVG} = \frac{P_{AVG\ SUM}}{Counter}$$

이 식에서 Counter = Counter + 1 이다.
유동 특성 상수(A 및 N)의 재계산에 의해 만족스럽게 부합되지 않는 유체의 유동 특성에서 변화를 야기하는 온도 상의 변화를 겪는 유체 분배 주기가 있을 수 있다. 예컨대 큰 작업 소재 상의 유체 분배 주기는, 온도 변화가 유체의 유동 특성과 작업 소재 상의 유체의 응용의 질에 역으로 영향을 줄 수 있을 정도로, 길다. 이러한 상황에 있어서, 온도 보상은 바람직한 것이고, 프로그램적으로 또는 수동적으로 선택되고, 그 선택은 제 5도의 단계(364)에서 검출되고, 온도 보상 서브루틴은 단계(368)에서 실행된다.
노즐을 통해 분배되는 유체의 온도는 온도 센서(106)에 의해 측정되고, 제 3도의 서보 제어 처리를 실행함에 있어 마이크로 프로세서(76)에 의해 판독된다. 온도는 제 3도의 단계(232)에서 판독되고, 마이크로 프로세서(76)는 온도의 값을 이중 포트 RAM(70)내의 적절한 위치에 기록한다. 단계(368)에서 서브루틴을 실행함에 있어서, 서보 제어기(74)는 우선 제 5도의 유동 제어 루프의 연속적인 반복 사이에 분배되는 유체의 온도 변화를 검출한다. 서보 제어기(74)에 의해 사용되는 온도의 변화를 검출하고 결정하기 위한 많은 통계학적 기술이 있다. 온도 변화는 한 시간에 다른 점에서의 판독되는 온도의 평균에 기초한다. 예컨대 단계(232)에서 온도를 판독하는 제 3 도의 서보 제어 루프는 양호하게 매 2 ms마다 반복한다. 그러나 제 5도의 유동 제어 처리는 매, 10 ms마다 반복한다. 따라서 유동 제어 처리의 각 반복에 대해서, 단계(368)에서의 서브루틴은 온도 센서의 5개의 다른 판독을 모니터하고 평균을 낼 수 있다. 더욱이 단계(358)에서의 온도 보상 서브루틴은 측정된 온도의 이동 평균에 기초하는 온도의 판독을 더 사용할 수 있다. 덧붙여 서브루틴(368)은 온도 변화가 인식되지 못하고 소정의 최소 값을 초과할 때까지 진행되도록 설계될 수 있다. 특정 온도 값을 검출하고 성립시키기 위한 정확한 처리와 온도의 최소 변화의 결정은 온도 측정 시스템 즉 온도 측정 시스템의 온도 센서(106), RTD 인터페이스(102) 및 D/A 변환기(88)의 정확도, 분해도 및 재현성에 의존한다. 온도에서 변화에 대한 모델의 원하는 응답성은 고려해야 할 중요한 계수이다. 온도에서의 변화가 결정된 후, 단계(368)에서의 서브루틴은 다음 식과 같이 b항의 값을 재계산한다.

$$b = \frac{\ln\left(\frac{A_N}{A_{N-1}}\right)}{T_n - T_{n-1}}$$

이식에서 A_n = 제 1 유동 특성 - 현재의 분배 주기
A_{n-1} = 제 1 유동 특성 - 이전의 분배 주기
T_n = 온도 - 현재의 분배 주기
T_{n-1} = 온도 - 이전의 분배 주기이다.
이후에 단계(366)에서 원하는 압력은 다음의 유동 속도 모델에 따라 결정된다.

$$P_{DES} = \left(\frac{FR_{DES}}{A \times \varepsilon^{b\Delta T}}\right)^{\frac{1}{N}}$$

이 식에서 P_{DES} = 원하는 노즐 압력
FR_{DES} = 원하는 유동 속도
A = 제 1 유동 특성 상수
N = 제 2 유동 특성 상수
ΔT = 측정된 온도 변화
b = 온도 감도 상수
온도 감도 상수 b 에 대한 초기값은, 작업 소재 상에 유체를 분배시키고, 측정된 온도 값과, b의 값을 계산하기 위하여 각 부분에 대한 제 1 유동 특성 상수(A)의 계산된 값을 사용함으로써 결정된다.
사용에 있어서, 본 발명의 유체 분배 제어 종전의 제어에 대해 대체적인 장점을 제공한다. 우선, 기간 중에 유량 설정치를 결정하기 위해 유체가 작업 소재 상에 증착되는 이전의 조정 주기는 제거된다. 따라서 본 발명의 분배 제어는 파라메터에 관련된 작업 소재에 의존하지 않는다. 본 발명의 제어는 3개 및 양호하게는 4개의 적은 데이타 점으로 조정 주기를 자동으로 실행시킴에 의해, 분배되는 유체의 유동 특성의 초기값을 더 생성한다. 사전에 8개 내지 10개의 데이타 점이 유동 속도와 압력의 관계를 형성하기 위해 사용된다. 더욱이 분배 제어는 유동 특성과 원하는 유동 속도 값의 초기값의 함수로서 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 구함으로써 원하는 노즐 압력 값을 생성한다. 이 모델은 유량 설정값과는 독립적이고, 따라서 유량 설정치를 결정하는데 있어서 부정확으로 인해 분배 제어 시스템에 야기될 수 있는 임의의 부정확 또는 불안정으로부터 영향을 받지 않는다. 덧붙여 유동 속도와 압력의 관계와 상관관계를

갖는 유동 특성 값은 매 분배 주기에 바람직하게 갱신되고, 이에 따라 연속적으로 점도에서의 변화에 대한 유동 속도 모델을 조정한다. 노즐을 통해 흐르는 유체의 전단응력 효과에 의해 야기되는 유동의 비선형성에 상관관계를 갖는 유동 속도 모델 내의 제 2 유동 특성 상수는 조정 처리에서 초기에 결정되고, 분배되는 유량에서 검출된 중요한 에러에 응하여 후속적으로 갱신된다.

본 발명의 또 다른 특이한 점은 유체 분배 제어기가 온도를 변수로서 포함하는 유동 속도 모델을 구한다는 것이다. 제어기는 온도 변화를 측정하고, 원하는 노즐 압력 값의 새로운 값을 생성하기 위해 모델을 다시 구하고, 이에 따라 분배건을 통한 유체의 유동을 이 온도 변화의 함수로서 조정한다.

실시예를 상당히 자세하게 기술함으로써 본 발명을 다루었지만, 특허 청구의 범위가 이 자세한 사항에 제한되지는 않는다. 부가적인 장점과 개선이 당업자에게는 쉽게 일어날 수 있다. 예컨대 유동 특성 상수(A)는 매 분배주기중에 재계산되는 것으로 기술되었지만, 일부 응용에 있어서는 유동 특성 상수(A)는 유체 분배 주기 중에 수차례 재계산될 수 있고, 또는 대안으로 상수(A)는 분배된 유량에서의 검출된 에러가 소정의 최소 값을 초과하였을 때만 계산될 수 있으며, 즉 임의의 특정 분배 주기에 독립적이다. 더욱이 여기에서 서술된 적분은 통상적으로 구형 적분이지만, 그러나 사다리꼴의 적분 또는 적절한 다른 적분 형태도 사용될 수 있다. 본 발명의 양호한 실시예가 분배되는 유체 방울 또는 접착성에 관련하여 설명되었지만, 유동 제어 기술은 다른 유체 분배 응용에 사용될 수도 있다.

따라서 가장 넓은 측면에서의 본 발명은 도시되고 설명된 특정 상세 사항에 제한되지 않는다. 따라서 본 발명의 정신과 범주에 벗어남이 없이 이러한 상세한 사항으로부터의 변화는 일어날 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

계량 밸브에 의해 노즐을 통해 작업 소재에 분배되는 유체의 연속적인 분배 주기상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법에 있어서,

(a) 노즐 압력의 함수로서 유체의 유동 속도와 상관관계를 갖는 유체의 유동 특성의 초기값을 결정하는 단계와,

(b) 상기 유동 특성의 초기값과 분배 주기 중에 원하는 유동 속도 값에 응답하여 상기 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 평가함으로써 원하는 노즐 압력 값을 주기적으로 결정하는 단계와,

(c) 상기 분배 주기 중에 상기 원하는 노즐 압력 값의 함수로서 상기 계량 밸브에 명령 신호를 주기적으로 제공하는 단계와,

(d) 상기 분배 주기 중에 분배된 유량의 측정값과 노즐 압력의 측정값을 검출하는 단계와,

(e) 상기 분배 주기 중에 분배된 유량의 상기 측정값과 노즐 압력의 상기 측정값의 함수로서 상기 유체의 유동 특성의 새로운 값을 결정하는 단계와,

(f) 상기 유체의 유동 특성의 상기 새로운 값과 후속 분배 주기 중에 원하는 유동 속도값에 응답하여 상기 노즐을 통한 상기 유체의 유동 속도의 모델을 평가함으로써 원하는 노즐압력값을 주기적으로 결정하는 단계와,

단계((c) 내지 (f))를 반복하는 단계를 포함하는, 유체의 연속적인 분배주기 상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 분배 주기 중에 상기 노즐과 상기 작업 소재 사이의 상대적인 운동과 상관관계를 갖는 도구(tool) 속도 신호를 주기적으로 샘플링하여, 대응하는 도구 속도 입력 값을 저장하는 단계와,

상기 분배 주기 중에 분배될 상기 유체의 물리적 특성을 나타내는 도구 속도 값과 방울(bead) 크기값을 주기적으로 판독하는 단계와,

상기 도구 속도 값 및 상기 방울 크기 값중 하나의 값에 대한 함수로서 상기 원하는 유동 속도 값을 주기적으로 결정하는 단계를 더 포함하는, 유체의 연속적인 분배주기상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법.

청구항 3.

제 2 항에 있어서,

유체의 유동 특성의 새로운 값을 결정하는 상기 단계는,

상기 분배 주기 중에 분배되는 유량의 측정값과 상관관계를 갖는 분자와 상기 분배 주기 중에 노즐 압력과 상관관계를 갖는 분모를 갖는 제 1 유동 특성 상수를 재계산하는 단계를 더 포함하는, 유체의 연속적인 분배주기상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

유체의 유동 특성의 새로운 값을 결정하는 단계는,

상기 분배 주기상에서 분배될 원하는 유량을 표시하는 유량 설정 값을 생성하기 위해, 상기 분배 주기상에서 원하는 유체 유동 속도를 적분하는 단계와,

유량 에러 값을 생성하기 위해 상기 주기 중에 분배된 유량의 측정값과 유량 설정 값을 비교하는 단계와,

소정의 제한 값과 상기 유량 에러 값을 비교하는 단계와,

상기 소정의 제한 값을 초과하는 유량 에러 값에 응답하여 유동 특성의 새로운 값을 결정하는 단계를 더 포함하는, 유체의 연속적인 분배주기상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법.

청구항 5.

제 4 항에 있어서,
유동 특성 상수의 새로운 값을 결정하는 상기 단계는,
두 개의 분배 주기상에서 유동 속도의 변화와 상관관계를 갖는 분자와 두개의 분배 주기상에서 노즐 압력의 변화와 상관관계를 갖는 분모를 갖는 제 2 유동 특성 상수를 재계산하는 단계를 더 포함하는, 유체의 연속적인 분배주기상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,
원하는 노즐 압력 값을 주기적으로 결정하는 상기 단계는, 다음 식,

$$P_{DES} = \left(\frac{FR_{DES}}{A}\right)^{\frac{1}{N}}$$

에 따라서 노즐을 통한 유체 유동 속도의 모델을 주기적으로 평가하는 단계를 더 포함하며,
상기 식에서, P_{DES} = 원하는 노즐압력,
FR_{DES} = 원하는 유동 속도,
A = 제 1 유동 특성 상수,
N = 제 2 유동 특성 상수인,
유체의 연속적인 분배주기상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,
유동 특성 상수의 새로운 값을 결정하는 상기 단계는, 다음 식,

$$A = \frac{VOL_{MEAS} \times k}{IPN}$$

에 따라서, 제 1 유동 특성 상수를 계산하는 단계를 더 포함하며,
상기 식에서 VOL_{MEAS} = 분배된 유량의 측정값,
k = 기준화 계수,

$$IPN = \sum_{start}^{end} (P_{ACT})^N \, dt,$$

P_{MEAS} = 분배 주기중 측정된 압력,
N = 제 2 유동 특성 상수,
start = 분배 주기의 개시,
end = 분배 주기의 종료 인,
유체의 연속적인 분배주기상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,
상기 유동 특성 상수의 새로운 값을 결정하는 상기 단계는, 다음 식,

$$N = \frac{\ln FR_n - \ln FR_{n-1}}{\ln P_n - \ln P_{n-1}}$$

에 따라서, 제 2 유동 특성 상수를 계산하는 단계를 더 포함하며,
상기 식에서 FR_n = 현재의 분배 주기상에서 평균 유동 속도,
FR_{n-1} = 이전의 분배 주기상에서 평균 유동 속도,
P_n = 현재의 분배 주기상에서 평균 압력,
P_{n-1} = 이전의 분배 주기상에서 평균 압력인,
유체의 연속적인 분배주기상에서 유동 특성의 변화를 보상하는 방법.

청구항 9.

계량 밸브에 의해 노즐을 통해 작업 소재에 분배되는 유체의 유동을 제어하는 방법에 있어서,
(a) 노즐 압력에 의해 생성된 상기 노즐을 통한 상기 유체의 유동 속도와 상 관관계를 갖는 상기 유체의 유동 특성의 초기값을 결정하는 단계와,
(b) (i) 상기 유동 특성의 초기값과 분배 주기 중에 원하는 유동 속도에 응답하여 상기 분배 주기 중에 분배될 원하는 유량과 무관하게,
(ii) 상기 유동 특성의 초기값과 분배 주기 중에 원하는 유체 유동 속도에 응답하여 온도의 함수로서; 또는
(iii) 상기 유동 특성의 초기값과 분배 주기 중에 원하는 유체 유동 속도에 응답하여, 상기 노즐을 통한 유체의 유동 속도의 모델을 평가함으로써 원하는 노즐 압력 값을 주기적으로 결정하고, 이어서 상기 분배 주기상에서 분배될 원하는 유량을 표시하는 유량 설정 값을 생성하기 위해, 상기 분배 주기상에서 원하는 유체 유동 속도를 적분하는 단계와,
(c) 상기 계량 밸브를 동작시키고, 상기 계량 밸브에 의해 분배되는 유체의 유동을 제어하기 위해, 상기 분배 주기 중에 상기 원하는 노즐 압력 값의 함수로서 상기 계량 밸브에 명령 신호를 주기적으로 제공하는 단계를 포함하는, 유체

의 유동을 제어하는 방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 원하는 노즐 압력 값은, 다음 식,

$$P_{DES} = \left(\frac{FR_{DES}}{A \times \varepsilon^{b\Delta T}} \right)$$

에 따라서 계산되어지며,

상기 식에서 P_{DES} = 원하는 노즐 압력,

FR_{DES} = 원하는 유동 속도,

A = 제 1 유동 특성 상수,

N = 제 2 유동 특성 상수,

ΔT = 측정된 온도 변화,

b = 온도 감도 계수인,

유체의 유동을 제어하는 방법.

청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 방법은,

연속적인 유체 분배, 주기상에서 상기 계량 밸브에 의해 분배되는 유체의 온도를 측정하는 단계와,

온도 변화 값을 생성하기 위해 분배 주기중 연속적인 하나에 대해 상기 유체의 온도 변화를 계산하는 단계와,

상기 온도 변화 값을 소정의 크기와 비교하는 단계와,

상기 소정의 크기를 초과하는 온도 변화에 응답하여 온도 감도 상수를, 다음 식,

$$b = \frac{\ln\left(\frac{A_N}{A_{N-1}}\right)}{T_n - T_{n-1}}$$

에 따라서 재계산하는 단계를 포함하며,

상기 식에서 A_n = 제 1 유동 특성 - 현재의 분배 주기,

A_{n-1} = 제 1 유동 특성 - 이전의 분배 주기,

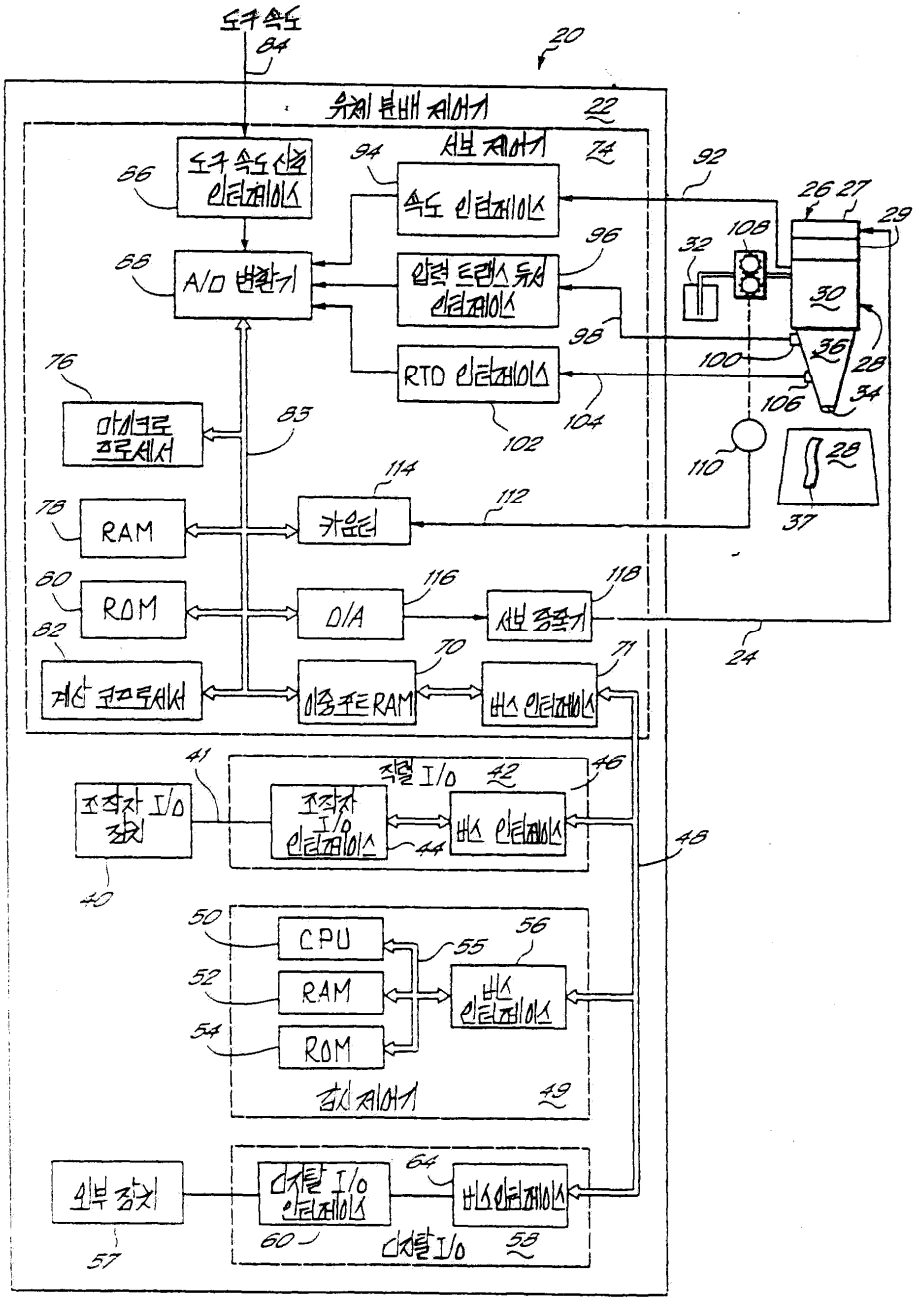
T_n = 온도 - 현재의 분배 주기,

T_{n-1} = 온도 - 이전의 분배 주기인,

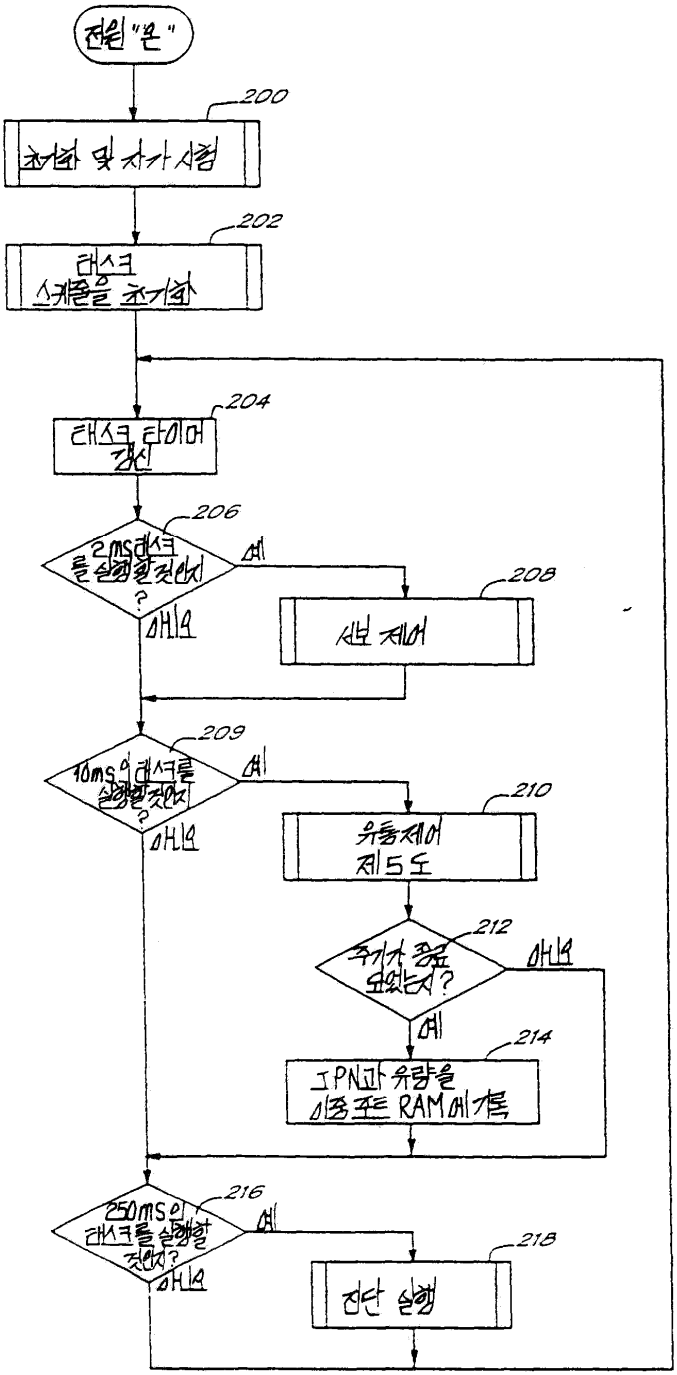
유체의 유동을 제어하는 방법.

도면

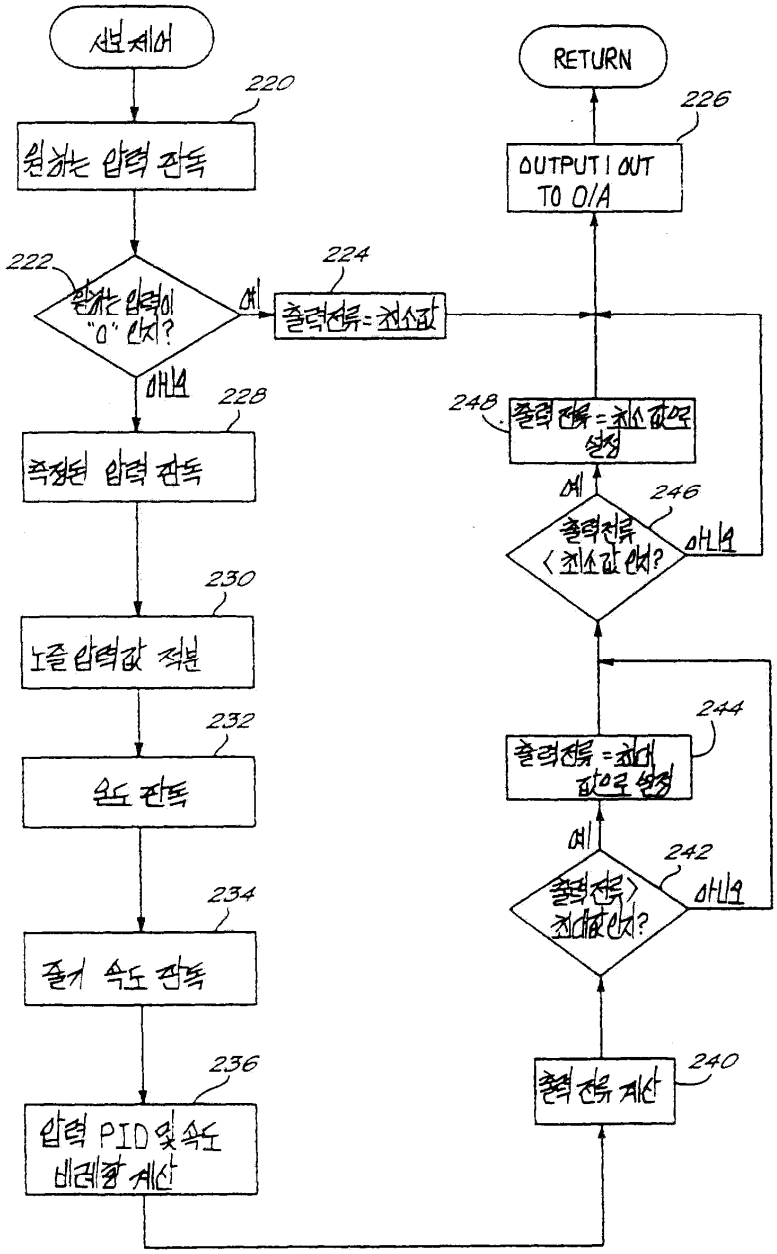
도면1


도구속도
84
20
유체 분배 제어기
22
서보 제어기
74
도구 속도 신호 인터페이스
66
속도 인터페이스
94
92
A/D 변환기
68
압력 트랜스듀서 인터페이스
96
98
RTD 인터페이스
102
104
100
106
108
32
26
27
29
30
36
28
34
110
37
76
마이크로 프로세서
83
114
112
78
RAM
카운터
60
ROM
D/A
116
118
서보 증폭기
24
82
계산 코프로세서
이중포트 RAM
70
71
버스 인터페이스
41
직렬 I/O
42
46
조작자 I/O 장치
조작자 I/O 인터페이스
44
48
40
50
CPU
55
56
52
RAM
버스 인터페이스
54
ROM
검사 제어기
49
외부 장치
디지털 I/O 인터페이스
64
57
60
디지털 I/O
58

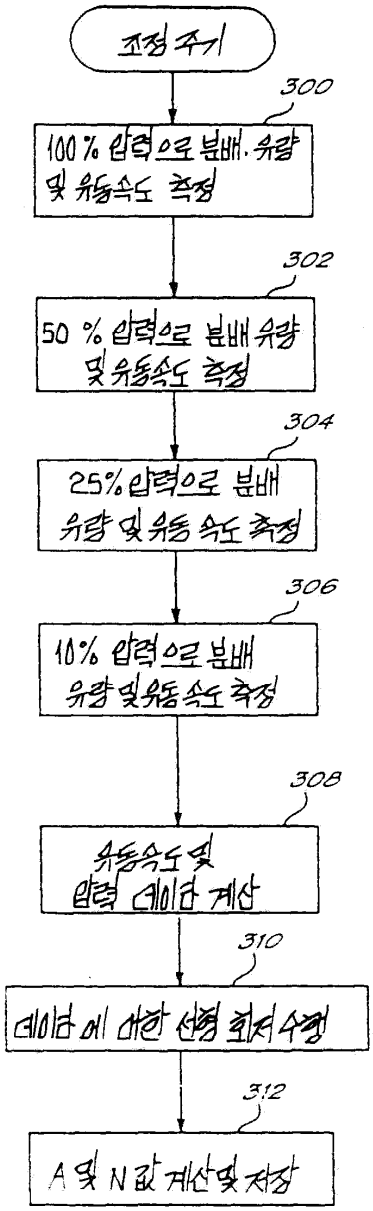
도면2


전원 "온"
200
초기화 및 자가 시험
202
태스크 스케줄을 초기화
204
태스크 타이머 갱신
206
2ms 태스크를 실행할 것인지?
예
아니요
208
서보 제어
209
10ms의 태스크를 실행할 것인지?
예
아니요
210
유동제어 제5도
212
추가가 종료 요청되었는지?
아니요
예
214
IPN과 유량을 이중포트 RAM에 기록
216
250ms의 태스크를 실행할 것인지?
예
아니요
218
진단 실행

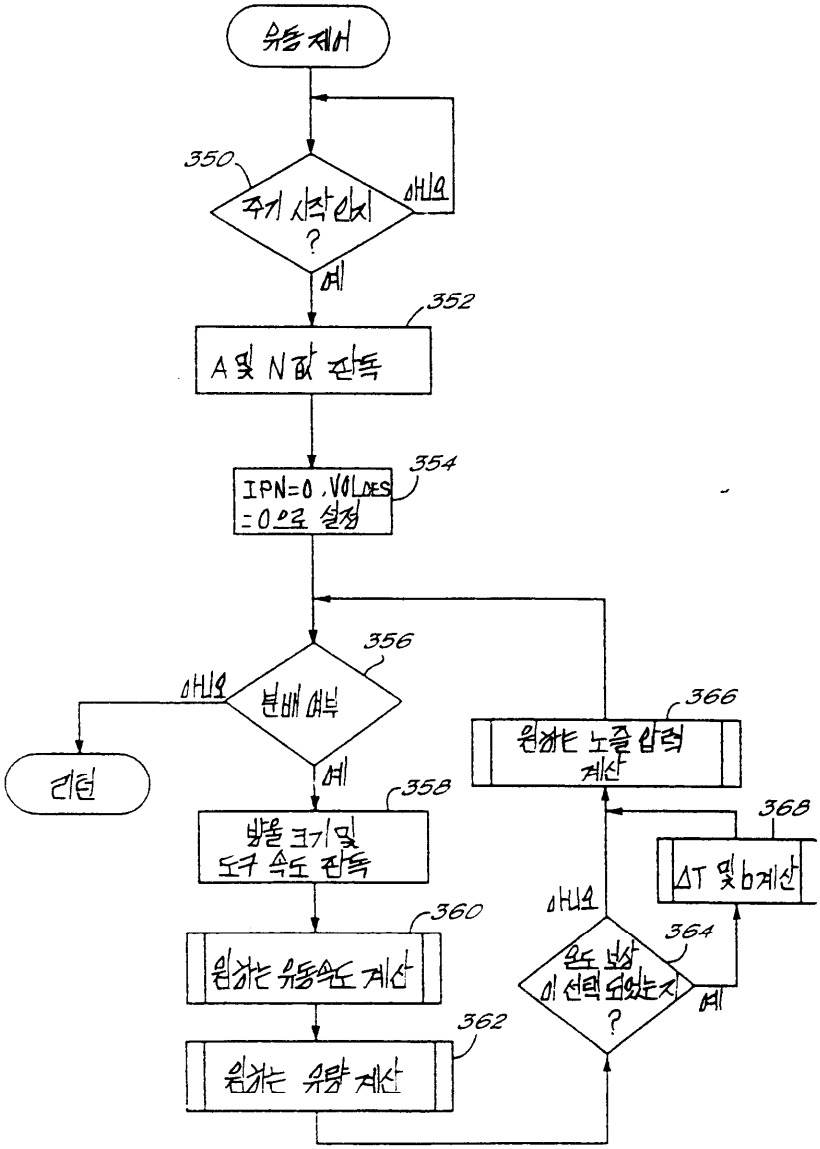
도면3


시동 제어
220
원하는 압력 판독
222
원하는 압력이 "0" 인지?
예
224
출력전류=최소값
아니오
228
측정된 압력 판독
230
노즐 압력값 적분
232
온도 판독
234
펄기 속도 판독
236
압력 PID 및 속도 비례항 계산
RETURN
226
OUTPUT I OUT TO D/A
248
출력 전류=최소 값으로 설정
246
출력전류 < 최소값 인지?
아니오
예
244
출력전류=최대 값으로 설정
242
출력전류 > 최대값 인지?
아니오
예
240
출력 전류 계산

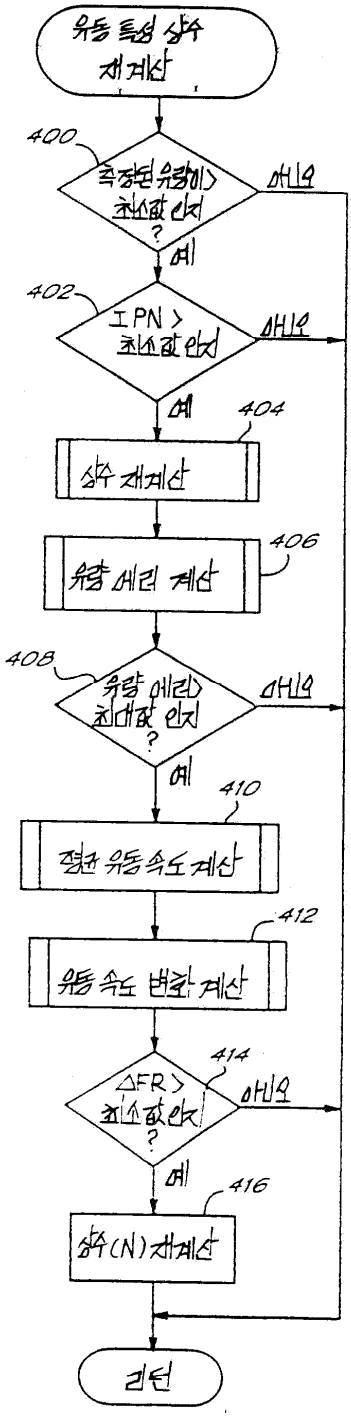
도면4


조정 주기
300
100 % 압력으로 펌배, 유량 및 유동속도 측정
302
50 % 압력으로 펌배 유량 및 유동속도 측정
304
25% 압력으로 펌배 유량 및 유동 속도 측정
306
10% 압력으로 펌배 유량 및 유동 속도 측정
308
유동속도 및 압력 데이터 계산
310
데이터에 대한 선형 회귀 수행
312
A 및 N 값 계산 및 저장

도면5


유동제어
350
주기 시작인지 ?
아니오
예
352
A 및 N값 판독
354
IPN=0, VOLDES =0으로 설정
356
분배 여부
아니오
예
리턴
358
방울 크기 및 도구 속도 판독
360
원하는 유동속도 계산
362
원하는 유량 계산
366
원하는 노즐 입력 계산
368
ΔT 및 b계산
364
온도 보상이 선택되었는지 ?
아니오
예

도면6


유동 특성 상수 재계산
400
측정된 유량이 최소값 인지 ?
아니오
예
402
ΣPN > 최소값 인지
아니오
예
404
상수 재계산
406
유량 에러 계산
408
유량 에러 > 최대값 인지 ?
아니오
예
410
평균 유동 속도 계산
412
유동 속도 변화 계산
414
ΔFR > 최소값 인지 ?
아니오
예
416
상수(N) 재계산
리턴