(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. [7]
F27B 21/14

(11) 공개번호 특2002-0002109
(43) 공개일자 2002년01월09일

(21) 출원번호 10-2000-0036559
(22) 출원일자 2000년06월29일

(71) 출원인 포항종합제철 주식회사
이구택
경북 포항시 남구 괴동 1번지

(72) 발명자 정연호
전라남도광양시금호동700번지광양제철소내
김학형
전라남도광양시금호동700번지광양제철소내
정규호
전라남도광양시금호동700번지광양제철소내

(74) 대리인 김종윤
양경석

심사청구 : 없음

(54) 소결기의 속도제어장치 및 속도제어방법

요약

본 발명의 목적은 소결광 생산을 위한 소결기 속도제어시 운전자가 조업 영향인자로 파악하고 있는 몇 개의 측정요소를 입력하게 하고 이를 연산 적용시켜 용이하게 제어규칙화 할 수 있는 소결기의 속도제어장치 및 그 방법을 제공하는 데 있다.

본 발명의 소결기 속도제어장치는 소결기(1)의 배풍관(8)주변과 원료베드(2)주위에 각각 설치되어 배풍온도 및 배풍압력과 생석회비 및 층후 데이터를 검출하는 배풍온도센서(22), 배풍압력센서(23), 생석회비센서(24) 및 층후센서(25); 상기 센서들의 아날로그 입력신호를 디지털 입력신호로 변환하는 I/O변환장치(21); 상기 I/O변환장치의 출력으로 모터의 속도제어 값을 산출하는 속도제어장치(20); 상기 모터 속도제어장치의 출력과 속도제어관련정보를 받아들여 연산 처리한 후 소결기(1)구동용 모터(7)에 제어신호를 출력하는 프로세스컴퓨터(10)를 포함한다.

이러한 본 발명은 조업자가 소결기 속도관련 조업인자로 생각하고 있는 인자를 제어규칙요소로 하여 소결기 속도의 자동제어를 가능하게 하여 조업자의 업무부하 경감 및 최적속도제어에 따른 소결광의 품질안정 효과를 기대할 수 있다.

대표도

도 3

색인어

소결기, 속도제어, 입, 출력변수, 프로세스컴퓨터, 조업인자

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 소결기 속도제어장치의 구성도이다.

도 2는 종래의 소결기 속도제어과정을 설명하는 흐름도이다.

도 3은 본 발명에 따른 소결기 속도제어장치의 구성도이다.

도 4는 본 발명에 따른 입,출력변수 설정예이다.

도 5는 본 발명에 따른 제어규칙 작성과정을 설명하는 흐름도이다.

도 6은 본 발명에 따른 소결기 속도제어과정을 설명하는 흐름도이다.

※도면의 주요부분에 대한 부호 설명※

1 : 소결기 2 : 원료베드

3 : 점화로 4 : 드럼

5 : 서지호퍼 6 : 하부광호퍼

7 : 모터 8 : 배풍관

9 : 석션팬 10 : 프로세스 컴퓨터

11 : 속도제어정보입력 12 : 연도

13 : 배광부 20 : 속도제어장치

21 : I/O 변환장치 22 : 배풍온도센서

23 : 배풍압력센서 24 : 생석회비센서

25 : 층후센서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 소결광을 생산하는 소결기의 속도제어에 관한 것으로, 특히 소결기 운전자가 조업 영향인자로 파악하고 있는 몇 개의 측정요소를 입력하게 하여 용이하게 제어규칙화 함으로써 소결기 속도제어에 필요한 측정인자의 측정정도의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 기반을 마련하여 소결기 속도제어의 적정화와 자동화를 가능하게 하여 운전자의 업무부하 경감 및 최적의 속도제어실현에 따른 소결광 제품의 품질안정과 생산성에 크게 기여할 수 있는 소결기의 속도제어장치 및 속도제어방법에 관한 것이다.

소결공정은 소결광을 만드는 제철공정의 한 부분으로서 현재 소결공장의 조업은 소결기의 속도를 중심으로 하여 모든 조업관리가 이루어지고 있다.

그러나 소결기 속도에 영향을 주는 각종인자들의 변화가 극심하고 이로 인한 조업상태의 변동이 많이 발생하기 때문에 조업자가 항상 조업상태를 감시하여 소결기 속도를 수동으로 제어하는 수동제어수단도 병행할 수 있게 하고 있다.

그러나 수동 조업관리 체계는 조업자의 업무부담을 증가시켜 생산성 향상에 부정적인 요소로 작용되고 있어, 이에 대한 해결책으로 소결시 속도제어시스템을 자동으로 제어할 수 있는 기술개발의 필요성이 크게 대두되고 있다.

현재의 소결공정을 자동화시키는 데는 여러 어려움이 상존하고 있다. 실제로 기존의 PID 제어에는 한계가 있고 또한 소결기 속도제어에는 필요한 제어변수들을 얻기 위한 센서들이 구비되어야 하는 데, 현 설비에 부착된 센서의 수 및 그 기능으로는 기대할 만한 제어변수들을 확보할 수 없어 소결기의 상태를 정확히 판정할 수 없다는 문제가 있다. 또한 필요 데이터의 수집 및 분석환경이 미비하다.

도 1은 종래의 소결기의 속도제어시스템을 나타내고 있다.

여기에서는 원료공장으로부터 광석, 코크스 등 여러 가지 원료가 배합되어 서지 호퍼(5)에 저장되고 소결과정에서 생성된 자체 반광은 회수되어 통기성 향상을 목적으로 사용을 위해 하부광 호퍼(6)에 저장된다.

상기 두 호퍼에 저장된 광석을 소결기와 드럼(4)이 움직임에 따라 일정한 원료의 높이(층후)를 유지하면서 이동하게 된다. 여기서 소결광 생산을 위해 점화로에 의해 불이 점화되고 석션 팬(9)에 의해 배풍관을 통해 바람을 빨아드리게 되면, 연소가 진행되면서 소결광이 생산되게 된다.

이러한 과정에서 소결광의 생산성 및 품질에 가장 중요한 요소는 가장 높은 배풍온도가 소결기 후단으로부터 7 8미터에 존재하도록 소결기 속도를 조절하는 것이다.

현재 적용되고 있는 소결시 속도제어는 프로세스컴퓨터(10)를 이용, 소결기 속도제어에 관련된 입력정보(11)를 통해 운전자에 의해 소결시 속도출력가 계산되어 소결기 구동용 모터(7)가 제어되도록 한다.

상기 프로세스컴퓨터(10)에 의한 수식모델제어, PID제어방식에 의한 소결기 속도 제어방식을 도 2에서 나타내고 있다.

이 제어과정은 배풍온도에 의한 BTP 계산단계, 배풍부압, 통기도, 층후에 의한 소결기 속도 설정치 계산단계, 그리고 PID 알고리즘에 의한 소결기 모터의 속도제어단계로 구분될 수 있다.

먼저 BTP 계산단계는 소결기 하부에 설치된 윈드박스 #22, #23, #24, #25의 좌측(LEFT)온도신호를 이용하여 단계 80과 같이 각각 T1, T2, T3, T4로 하고, 위치를 X1, X2, X3, X4로 하여 행렬식을 계산하는 것으로 a, b, c, d의 계수를 구한다.

상기 단계 80에서 구해진 계수 값은 단계 82의 방정식을 통해 2차 미분된다. 상기 미분과정을 통해 단계 84에 × 값인 BTP를 구할 수 있다.

우측(RIGHT)의 계산은 좌측의 경우와 마찬가지로 동일하게 단계 81, 83, 85를 통해 구할 수 있다. 단계 86에서는 평균화 작업을 통해 최종적인 BTP를 계산할 수 있다.

운전자의 BTP 설정치 설정단계에서는 운전자가 배풍부압, 통기도, 층후 등의 측정 데이터를 활용하여 단계 87에서 최적의 설정치를 설정하고, 이를 현재의 실제 BTP 계산치(86)와의 편차를 이용하여 단계 88에서 소결기 모터의 속도 설정치를 계산한다.

마지막으로 소결기 모터 속도제어단계로서 모터 속도 설정치에 의해서 소결기 모터(7)의 속도를 속도계(90)를 이용하여 검출하고 그 속도 값을 피드백 하여 설정 속도 값과 비교하여 편차(E)가 발생하면 PID 알고리즘(89)을 이용하여 신속하게 그 편차가 없어지도록 소결기 모터를 조정하여 최종적으로 운전자가 원하는 BTP 설정치(87)에 일치되게 한다.

위에서 설명한 프로세스 컴퓨터를 이용한 소결기 속도제어에 있어 정확한 제어가 이루어지게 하기 위해서는 무엇보다도 수식모델 계산에 필요한 배풍온도에 대한 정확한 측정이 전제되어야 한다. 그러나 현실적으로는 왜란 등으로 인해 온도의 편차가 심하기 때문에 소결기 속도제어에 신뢰성이 떨어지고 있다.

특히, 현재 적용되고 있는 PID 알고리즘은 시간지연에 매우 취약하기 때문에, 특성적으로 시간지연이 매우 큰 소결공정에 적용하여 자동 운전시킬 경우 소결광 생산성과 품질안정성 측면에서 불이익을 감수해야한다는 단점이 있다.

또한 조업자는 항상 소결광 제조 조업상태를 직접 감시하여 소결기 속도를 수동으로 제어해야 하기 때문에 조업자의 업무부담이 늘어나고 생산성 향상에 어려움이 따른다는 문제점을 가져온다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위하여 기존 제어장치에서 요구되는 정확한 측정정보 대신 실제 운전자가 소결기 속도관련 조업인자로 생각하고 있는 측정인자(통상 4개 이상)를 개략적인 범위 값, 즉, 작은 값, 중간 값, 높은 값으로 정하여 제어 규칙화할 수 있는 기법을 기반으로, 소결기 속도제어에 필요한 측정인자의 측정정도의 변화에 적극적으로 대응할 수 있는 소결기 속도제어장치와 그 방법을 제공하고자 함에 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 목적을 달성하기 위한 기술적 수단은 입출력변수가 많은 요소에 대해 용이한 제어규칙을 작성하기 위해 입력변수(배풍온도, 배풍압력, 생석회비, 층후 등)의 소속함수를 계산하는 단계와, 상기 소속함수의 중첩도와 제어규칙을 이용 출력변수를 결정하는 단계와, 상기 출력변수들의 값을 디지털화 하여 퍼지 규칙에 따라 모터제어속도 값을 산출하는 단계와, 상기 단계에서 산출된 모터속도 제어 값을 속도제어관련정보에 적용하여 최적의 소결기 모터 제어신호를 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한 본 발명은 소결기의 배풍관 주변과 원료베드 주위에 각각 설치되어 배풍온도 및 배풍압력과 생석회비 및 층후 데이터를 검출하는 배풍온도센서, 배풍압력센서, 생석회비센서 및 층후센서와, 상기 센서들의 아날로그 입력신호를 디지털 입력신호로 변환하는 I/O변환장치와, 상기 I/O변환장치의 출력으로 모터의 속도제어 값을 산출하는 속도제어장치(20)와, 상기 모터 속도제어장치의 출력과 속도제어관련정보를 받아들여 연산 처리한 후 소결기(1)구동용 모터(7)에 제어신호를 출력하는 프로세스컴퓨터(10)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

첨부된 도면에 의하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 3은 본 발명에 따른 소결기 속도제어장치의 블록구성도이다. 여기에서 핵심은 조업자가 소결기 속도설정을 위해 가장 많이 참조하는 4개의 현장신호인 배풍온도, 배풍부압, 생석회비 및 층후에 대한 정보를 어떻게 획득하는가에 있다.

배풍온도는 배풍온도센서(22)에 의해 검출되며, 이 배풍온도센서는 배풍관(8)주변에 설치되어 열전대에 의해 온도에 비례하는 출력이 미리볼트(mV)단위의 신호로 검출된다.

배풍부압은 배풍압력센서(23)에 의해 검출되며, 이 배풍부압 센서는 배풍관(8)내에 설치되어 그 차압에 따른 미리암페어(mA)신호를 발신하게 된다.

생석회비와 층후는 각각 생석회비센서(24)와 두께센서(25)에 의해 검출되어 전압 값을 출력하게 된다.

소결기(1)의 배풍관(8)주변과 원료베드(2)주위에 각각 설치되어 배풍온도 및 배풍압력과 생석회비 및 층후 데이터를 검출하는 배풍온도센서(22), 배풍압력센서(23), 생석회비센서(24) 및 층후센서(25)의 검출출력은 상기 센서들의 아날로그 입력신호를 디지털 입력신호로 변환하는 I/O변환장치(21)로 입력되게 구성한다.

상기 I/O변환장치의 출력은 모터의 속도제어 값을 산출하는 속도제어장치(20)에 입력되게 구성한다.

프로세스 컴퓨터(10)는 상기 모터 속도제어장치의 출력과 속도제어관련정보를 받아들여 연산 처리한 후 소결기(1)구동용 모터(7)에 제어신호를 출력하게 구성한다.

도 4는 상기 입, 출력 변수들의 설정예를 나타낸 것으로 참조부호 31-34는 각각 배풍온도, 배풍압력, 생석회비, 층후의 입력 값들을 상(H), 중(N), 하(L)로 설정하는 예를 보이고 있다. 또한 소결기 모터제어를 위한 출력 값으로써 최상(HH), 상(H), 중(N), 하(L), 최하(LL)로 분당속도 제어비율이 결정되는 것을 나타내고 있다.

이러한 4개의 퍼지제어용 변수들은 I/O변환장치(21)에 제공되어 아날로그 신호가 디지털신호로 변환된다. 이러한 I/O변환장치(21)에서의 디지털출력은 속도제어장치(20)에 입력된다.

이렇게 입력된 4개의 입력신호를 이용하여 조업자의 운전경험을 제어 규칙화함으로써 제어알고리즘을 통해 자동적으로 소결기의 소결공정 속도를 계산하고 그 계산 값으로 소결기 구동용 모터(7)를 적정한 속도로 제어하게 된다.

도 5는 본 발명의 제어규칙 작성 흐름을 보이고 있다.

먼저 제1단계는 입출력변수 선정단계로서 소결기 속도제어인 경우를 예를 들어 제어규칙을 작성한다. 소결기 속도제어를 위해 가장 기본적인 조업규칙으로 여기고 있는 조업지식정보(41)는 다음과 같은 4개의 입력변수와 하나의 출력변수의 상관관계작성과정(42)으로 구성되어 있다.

① 배풍온도가 올라가면 소결기 속도를 높이고, 온도가 내려가변 속도를 낮춘다.

② 배풍배압이 올라가면 소결기 속도를 낮추고, 압력이 내려가면 속도를 높인다.

③ 층후가 높으면 소결기 속도를 낮추고, 층후가 낮으면 속도를 높인다.

④ 생석회비가 올라가면 소결기 속도를 높이고, 생석회비가 내려가면 속도를 낮춘다.

제2단계는 입출력 변수에 대한 퍼지언어 선정단계로서 앞에서 설명한 도 4에 나타난 바와 같이, 입력변수인 경우는 모두 HIGH(H), NORMAL(N), LOW(L) 3개로 구성되어 있으며 출력변수는 HIGH HIGH(HH), HIGH(H), NORMAL(N), LOW(L), LOW LOW(L)의 5개를 사용하였다. 여기서 4개의 입력변수와 각각에 대한 3개의 퍼지언어로 구성된 경우의 수는 총 3^4 =81개로서 하나 하나에 대해 출력변수인 속도와의 상관관계를 설정하는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 본 발명의 제어규칙 작성기법을 적용하면 용이하게 해결할 수 있다.

제3단계는 출력변수의 퍼지언어 결정단계로서 먼저 입력변수와 각각의 퍼지언어에 대한 상관관계를 표현하는 입력변수 퍼지언어 생성과정(43)은 총 81개이므로 하나 하나에 대한 출력변수를 결정하기 위해서는 다음과 같은 기법의 적용이 필요하다.

먼저 엑셀파일(44)을 이용하여 출력변수를 수식 화하는 과정으로서, 입력변수 각각에 대한 출력변수인 소결기 속도와의 관계에서 소결기 속도의 증가가 요하는 경우는 +1로 설정하고, 정상인 경우는 0으로 설정하며, 속도의 감속이 요하는 경우는 -1로 설정하여 출력변수의 결과는 4개의 입력변수의 합산과정(46)에 의한 출력 값이 된다.

예를 들어 설명하면, 배풍온도가 LOW(L), 배풍부압이 HIGH(H), 층후가 NORMAL(N), 생석회비가 LOW(L)인 경우 출력변수인 소결기 속도의 언어변수를 결정한다고 할 때, 먼저 하기 표 1과 같이 입력변수의 조건을 기입하고, 각 조건에 대응한 조업지식을 바탕으로 출력변수의 값을 선정하여 모두 합산한 다음 출력 언어 변수로 환산하면 된다.

[표 1]

구분	입력변수				출력변수
	배풍온도	배풍부압	층후	생석회비	소결기속도
조건	L	H	N	L	LL
출력값	-1	-1	0	-1	(-1)+(-1)+0+(-1)=-3

여기서 출력 언어변수는 LOW LOW(LL), LOW(L), NORMAL(N), HIGH(H), HIGH HIGH(H) 모두 5개로 구성되어 있으므로 계산결과가 " -4,-3(47)" 이면 " LL" , " -2,-1(48)" 이면 " L" , " 0(49)" 이면 " N" , " 1,2(50)" 이면 " H" , 그리고 " 3,4(51)" 이면 " HH" 가 된다.

따라서 이번 예의 경우 계산결과가 " -3" 이므로 출력 언어변수는 " LL" 이 됨을 알 수 있다.

제4단계는 제어규칙생성단계로서 입력변수 퍼지언어 생성과정(43) 정보와 출력변수의 퍼지언어 생성과정(52)정보를 조합하여 최종적으로 총 81개의 제어규칙을 생성한다.

도 6은 본 발명에 다른 소결기의 속도제어방법을 설명하는 흐름도이다.

여기에서는 먼저, 소결기 제어관련 4가지 신호인 배풍온도(61), 배풍압력(62), 생석회비(63) 및 층후(64) 신호가 각각 x1, x2, x3, x4로서 각각의 입력변수에 대한 소속함수를 표현하기 위해 소속함수식(65, 66, 67, 68)을 이용한다.

이들 중 배풍온도에 대한 소속함수(65)의 예를 들어 설명하면, a=30은 3개의 퍼지언어 L(Low), N(Normal), H(High)의 중심 값 사이의 간격을 나타내며, b=130, 165, 200은 각 퍼지언어의 중심 값을 나타낸다. 즉 하나의 입력변수에 대한 소속함수는 3개의 퍼지언어에 대한 각각의 소속함수가 계산된다.

다음 단계는 각 입력변수에 대한 중첩도를 계산하는 단계로서 각각의 입력변수에서 계산된 3개의 소속함수를 서로 곱해서 중첩도의 계산을 실시하는 것으로 69, 70단계에서 각각 9개의 중첩도가 계산되고 71단계에서 총 81개의 중첩도가 계산된다.

다음은 소속함수들간의 중첩도와 81개의 제어규칙(73)을 이용하여 제어출력을 생성하는 단계로서, 이 제어규칙은 총 81개로 구성되어 있다. 소결기 속도가 되는 제어출력은 72단계에서처럼 분모 항은 81개 중첩도의 합으로 하고 분자 항은 중첩도와 제어규칙의 곱셈의 합으로 계산되어 진다. 그 계산결과는 소결기 속도(74)로 출력된다.

상기에서 계산된 소결기 속도는 도 3의 프로세스컴퓨터(10)로 전송되어 소결기 구동용 모터를 조작함에 의해 소결기의 속도를 제어하게 된다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같은 본 발명은 조업자가 소결기 속도관련 조업인자로 생각하고 있는 많은 인자(통상 4개 이상)를 용이하게 제어 규칙화할 수 있게 됨에 따라 이를 소결기 속도제어에 적용하여 소결기 속도를 자동 제어함으로써 조업자의 업무부하 경감과 더불어 최적의 소결기 속도제어 실현으로 인한 소결광의 품질안정 및 생산성이 크게 향상되는 효과가 나타나게 된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

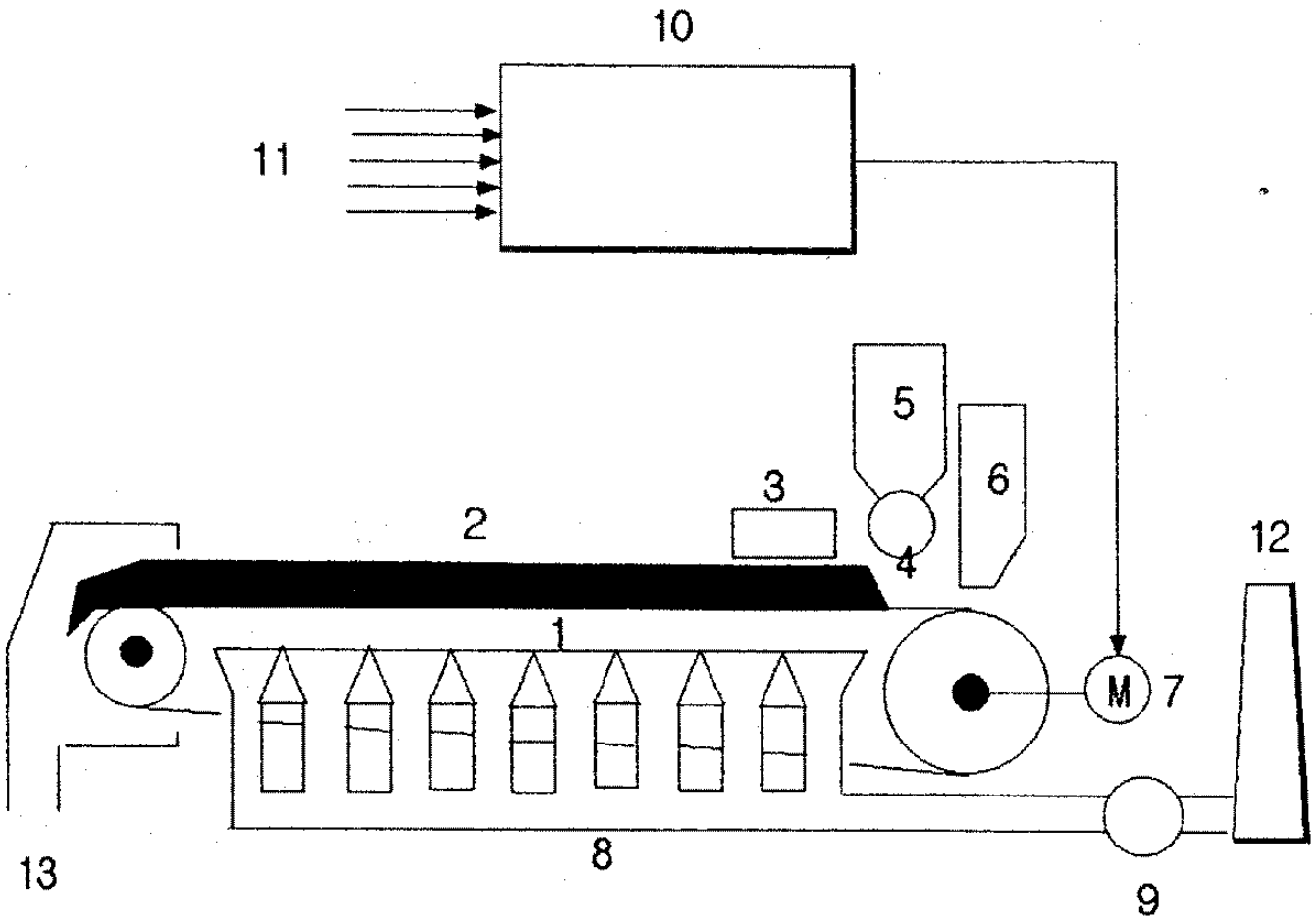
소결기(1)의 배풍관(8)주변과 원료베드(2)주위에 각각 설치되어 배풍온도 및 배풍압력과 생석회비 및 층후 데이터를 검출하는 배풍온도센서(22), 배풍압력센서(23), 생석회비센서(24) 및 층후센서(25); 상기 센서들의 아날로그 입력신호를 디지털 입력신호로 변환하는 I/O변환장치(21); 상기 I/O변환장치의 출력으로 모터의 속도제어 값을 산출하는 속도제어장치(20); 상기 모터 속도제어장치의 출력과 속도제어관련정보를 받아들여 연산 처리한 후 소결기(1)구동용 모터(7)에 제어신호를 출력하는 프로세스컴퓨터(10); 를 포함하는 것을 특징으로 하는 소결기의 속도제어장치.

청구항 2.

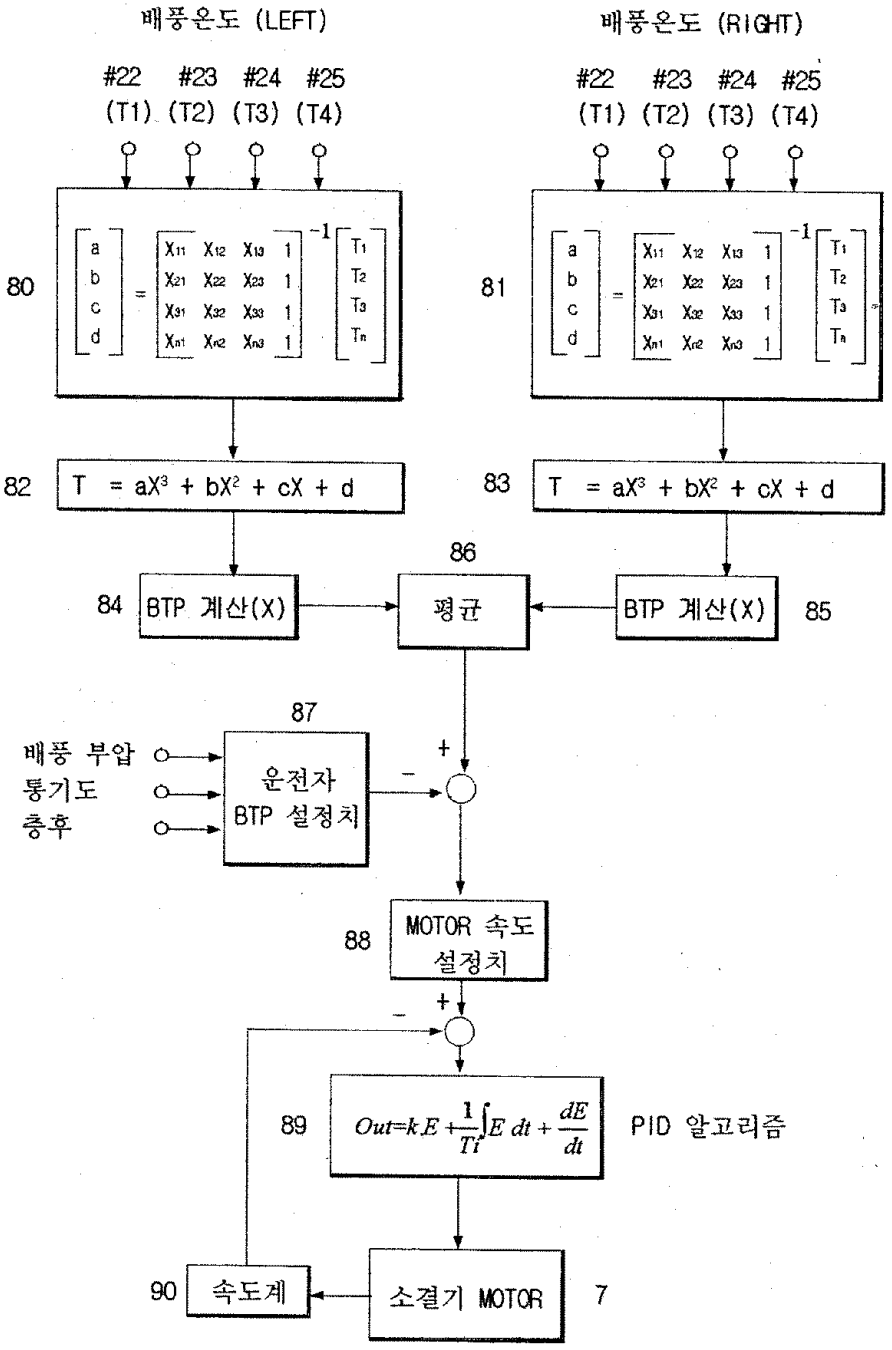
조업자 변수를 이용한 소결기 속도제어에 있어서, 입출력변수가 많은 요소에 대해 용이한 제어규칙을 작성하기 위해 입력변수(배풍온도, 배풍압력, 생석회비, 층후 등)의 소속함수를 계산하는 단계; 상기 소속함수의 중첩도와 제어규칙을 이용 출력변수를 결정하는 단계; 상기 출력변수들의 값을 디지털화 하여 퍼지 규칙에 따라 모터제어속도 값을 산출하는 단계; 상기 단계에서 산출된 모터속도 제어 값을 속도제어관련정보에 적용하여 최적의 소결기 모터 제어신호를 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 소결기의 속도제어방법.

도면

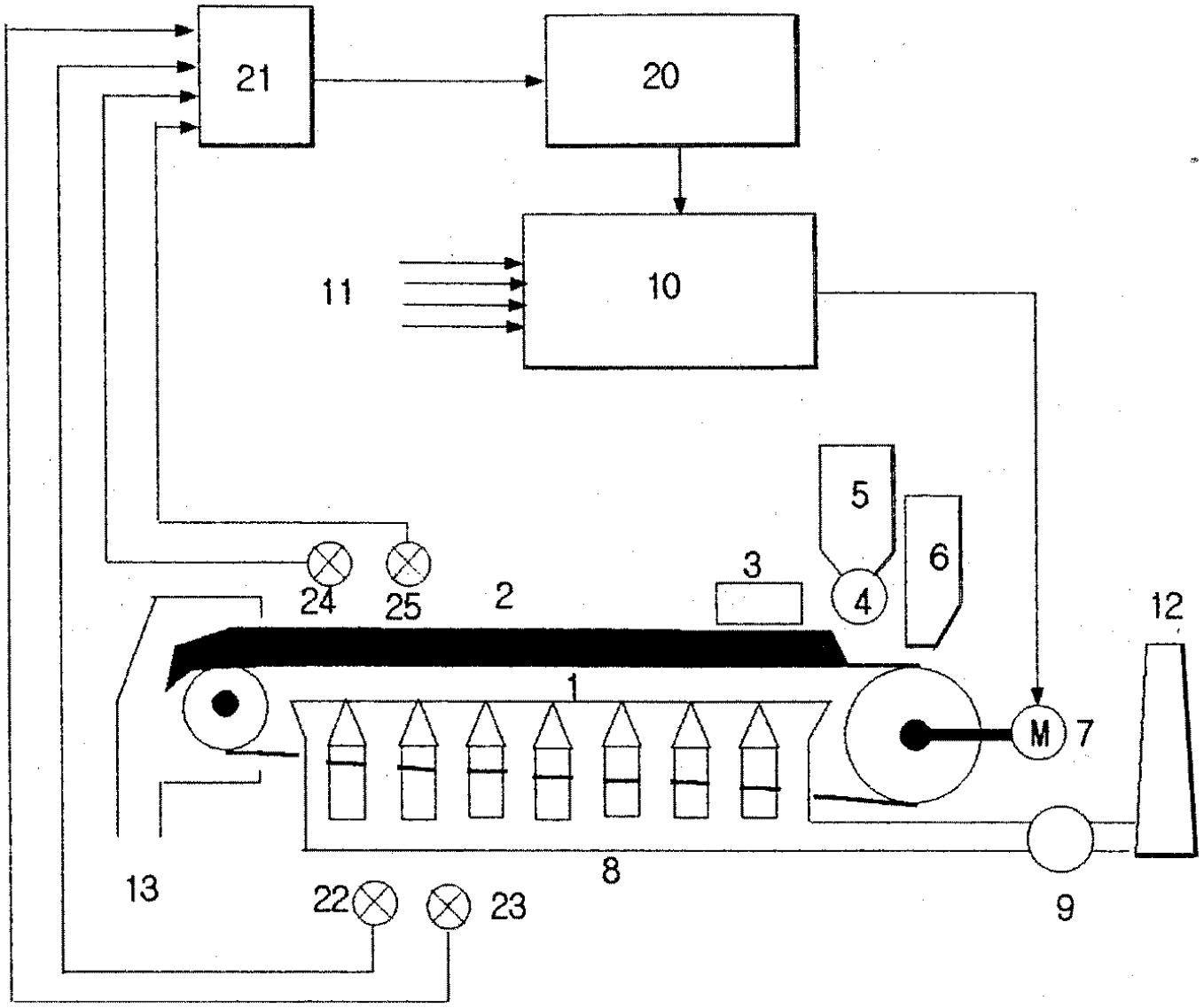
도면 1



도면 2

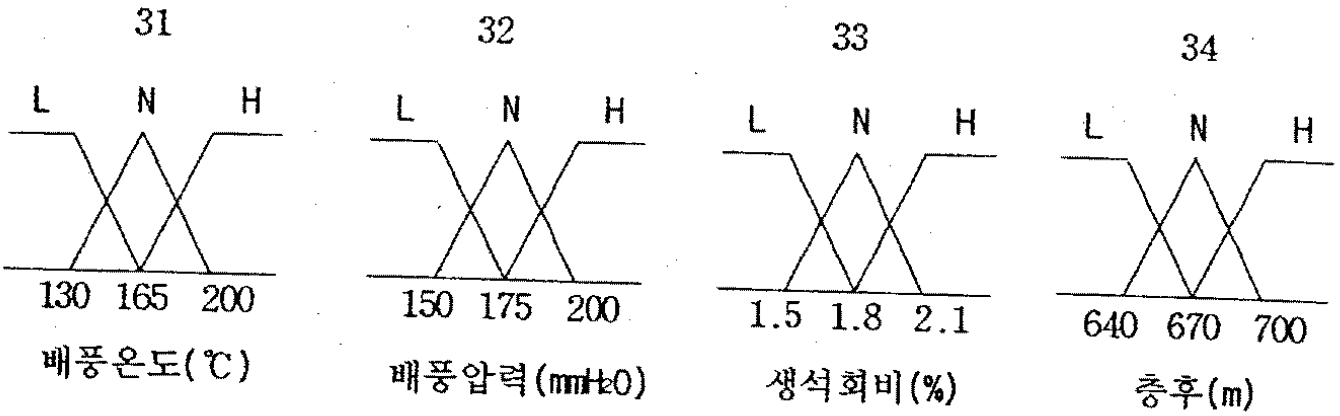

배풍온도 (LEFT)
배풍온도 (RIGHT)
#22 #23 #24 #25
(T1) (T2) (T3) (T4)
80
81
82
83
T = aX³ + bX² + cX + d
84
BTP 계산(X)
85
BTP 계산(X)
86
평균
87
배풍 부압
통기도
층후
운전자
BTP 설정치
88
MOTOR 속도
설정치
89
PID 알고리즘
90
속도계
소결기 MOTOR
7

도면 3

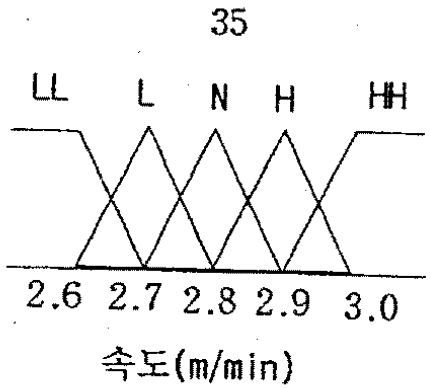


도면 4

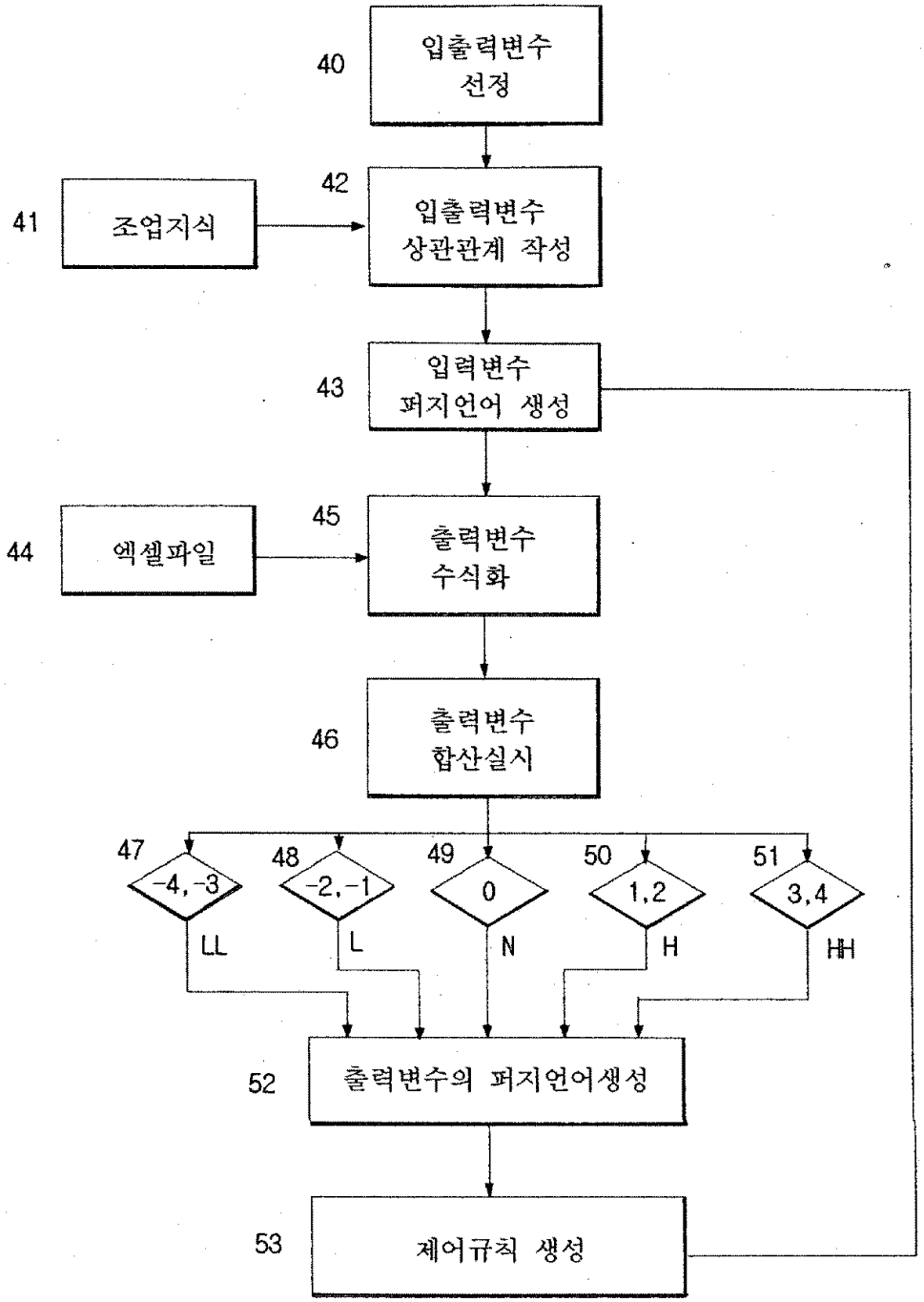
입력변수



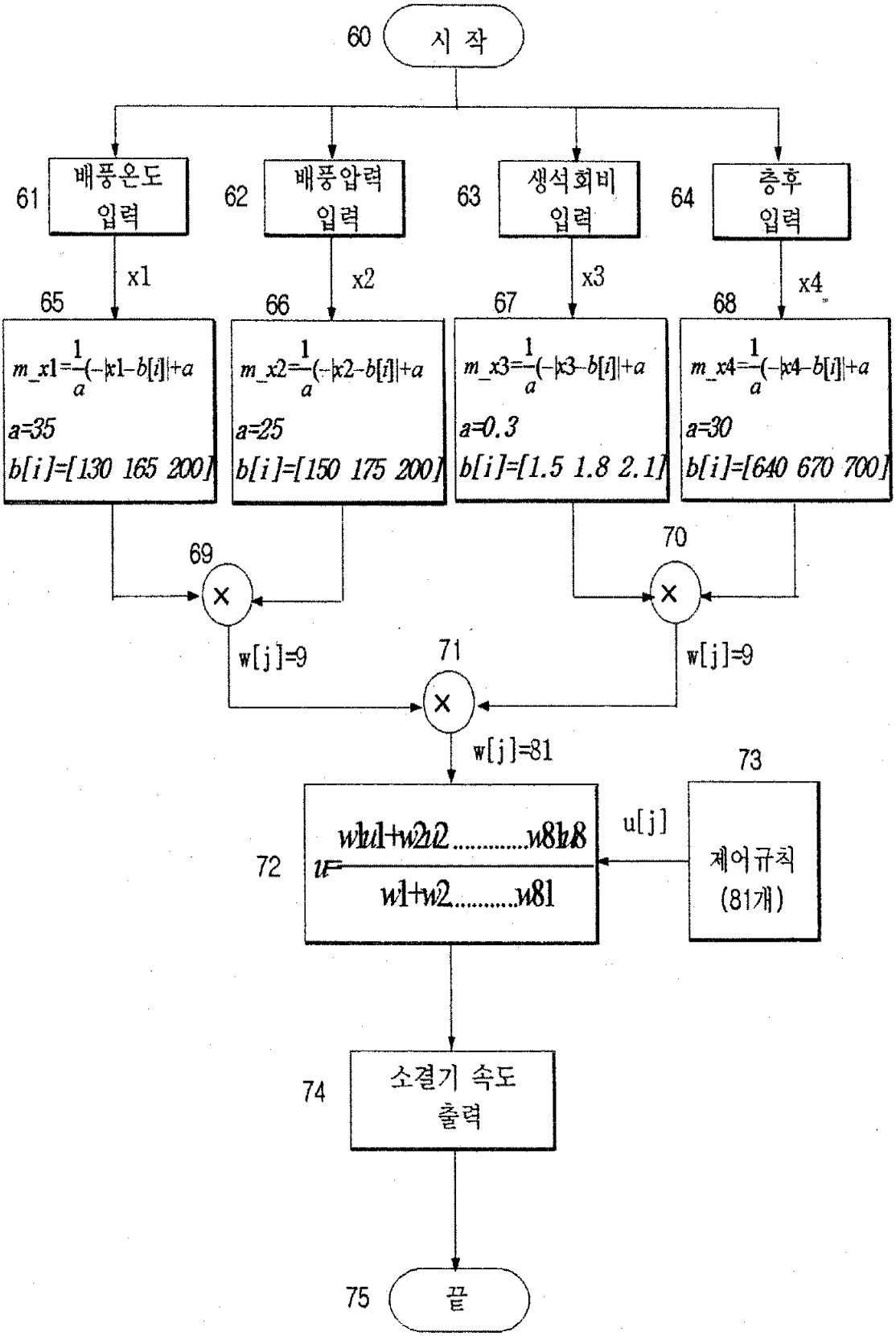
출력변수



도면 5


40
입출력변수 선정
41
조업지식
42
입출력변수 상관관계 작성
43
입력변수 퍼지언어 생성
44
엑셀파일
45
출력변수 수식화
46
출력변수 합산실시
47
-4,-3
LL
48
-2,-1
L
49
0
N
50
1,2
H
51
3,4
HH
52
출력변수의 퍼지언어생성
53
제어규칙 생성

도면 6


60
시 작
61
배풍온도 입력
62
배풍압력 입력
63
생석회비 입력
64
층후 입력
x1
x2
x3
x4
65
66
67
68
m_x1=1/a(-|x1-b[i]|+a
a=35
b[i]=[130 165 200]
m_x2=1/a(-|x2-b[i]|+a
a=25
b[i]=[150 175 200]
m_x3=1/a(-|x3-b[i]|+a
a=0.3
b[i]=[1.5 1.8 2.1]
m_x4=1/a(-|x4-b[i]|+a
a=30
b[i]=[640 670 700]
69
70
w[j]=9
w[j]=9
71
w[j]=81
73
72
u[j]
제어규칙 (81개)
74
소결기 속도 출력
75
끝