



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월28일
 (11) 등록번호 10-1668343
 (24) 등록일자 2016년10월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21B 37/58 (2006.01) **B21B 37/62** (2006.01)
 (52) CPC특허분류
B21B 37/58 (2013.01)
B21B 37/62 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2015-0094134
 (22) 출원일자 2015년07월01일
 심사청구일자 2015년07월01일
 (65) 공개번호 10-2016-0022238
 (43) 공개일자 2016년02월29일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2014-166976 2014년08월19일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2011183428 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키키가이샤 히타치세이사쿠쇼
 일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고
 (72) 발명자
핫토리 사토시
 일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고, 가부시키키가이샤 히타치 세이사쿠쇼 내
가와사키 다츠야
 일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고, 가부시키키가이샤 히타치 세이사쿠쇼 내
혼다 슈고
 일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고, 가부시키키가이샤 히타치 세이사쿠쇼 내
 (74) 대리인
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 최진석

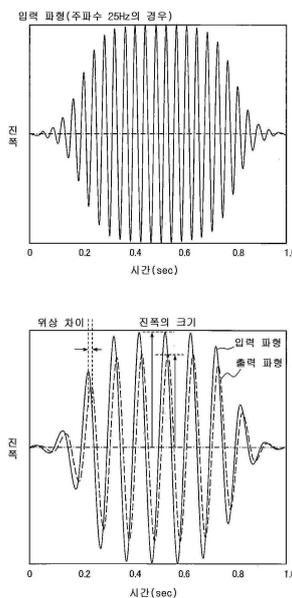
(54) 발명의 명칭 **유압 압하 제어 장치, 유압 압하 제어 장치의 조정 방법 및 제어 프로그램**

(57) 요약

유압 압하 제어 장치에 있어서, 유압 실린더의 제어 계인을 압하측과 개방측에서 조정하는 조정값을 고정밀도로 취득하는 것.

압연기의 작업물간의 간격을 조정하는 유압 실린더의 피스톤의 위치를 제어하는 유압 압하 제어 장치로서, 상기 (뒷면에 계속)

대표도 - 도11



유압 실린더에 있어서의 피스톤의 위치의 실측값을 취득하는 실측값 취득부와, 상기 유압 실린더에의 오일 유입량을 제어하는 유압 제어부가 유압 실린더에의 오일 유입량을 제어할 때의 제어 계인을 피스톤의 위치의 지령값 및 피스톤의 위치의 실측값에 의거하여 조정하는 제어 계인 조정부를 포함하고, 소정의 주파수에서 위치 지령값이 진동하는 조정용 신호를 유압 제어부에 대해 출력하고, 유압 실린더의 피스톤의 위치를 작업물간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우와 작업물간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우에서 제어 계인을 조정하기 위한 차압 보상값을, 조정용 신호에 대한 실측값에 의거하여 결정하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

B21B 2271/02 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

압연기의 작업롤간의 간격을 조정하는 유압 실린더의 피스톤의 위치를 제어하는 유압 압하 제어 장치로서,

상기 유압 실린더에 있어서의 피스톤의 위치의 실측값을 취득하는 실측값 취득부와,

상기 유압 실린더에의 오일 유입량을 제어하는 유압 제어부가 상기 유압 실린더에의 오일 유입량을 제어할 때의 제어 계인을 상기 피스톤의 위치의 지령값 및 상기 피스톤의 위치의 실측값에 의거하여 조정하는 제어 계인 조정부를 포함하고,

상기 제어 계인 조정부는,

기억되어 있는 주파수에서 상기 위치 지령값이 진동하는 조정용 신호를 상기 유압 제어부에 대해 출력하고, 상기 조정용 신호 및 상기 조정용 신호에 대한 상기 실측값에 의거하여 상기 제어 계인을 조정하며,

상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우와 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우에서 상기 제어 계인을 조정하기 위한 차압 보상값을, 상기 실측값의 진폭에 있어서의 상기 조정용 신호의 진동의 중심에 대한 치우침에 의거하여 결정하고,

상기 조정용 신호의 진폭의 분포의 중심에 대하여, 상기 실측값의 진폭의 분포의 중심이 상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 치우치는 경우에는, 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인을 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인에 대하여 크게 되도록 상기 차압 보상값을 결정하고,

상기 조정용 신호의 진폭의 분포의 중심에 대하여, 상기 실측값의 진폭의 분포의 중심이 상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 치우치는 경우에는, 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인을 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인에 대하여 크게 되도록 상기 차압 보상값을 결정하는 것을 특징으로 하는 유압 압하 제어 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어 계인 조정부는, 상기 조정용 신호로서, 상기 기억되어 있는 주파수에서 진폭 제로로부터 점차 증대하고, 소정의 진폭에 도달한 후에 점차 감소하여 진폭 제로가 되는 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 유압 압하 제어 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제어 계인 조정부는, 다른 복수의 주파수에 의한 상기 조정용 신호를 상기 유압 제어부에 대해 출력하고, 상기 조정용 신호에 대한 상기 실측값의 평균값에 의거하는 값을 상기 조정용 신호의 주파수에 따른 판정 지수로서 취득하는 것을 특징으로 하는 유압 압하 제어 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 차압 보상값은, 상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우 및 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우 각각의 경우에 있어서 상기 제어 계인에 곱하는 계수이고,

상기 제어 계인 조정부는, 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우의 계수와, 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우의 계수의 곱이 1이 되도록 상기 차압 보상값을 결정하는 것을 특징으로

하는 유압 압하 제어 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제어 계인 조정부는,

상기 제어 계인을 조정하기 위한 조정 방법으로서 복수의 조정 방법이 실행 가능하고,

상기 제어 계인의 조정을 실행할 때, 상기 압연기의 동작 상태를 판단한 결과가, 상기 압연기가 미리 정해진 소정의 상태인 것을 나타내고 있는 경우, 기억되어 있는 주파수에서 상기 위치 지령값이 진동하는 조정용 신호를 상기 유압 제어부에 대해 출력하는 것을 특징으로 하는 유압 압하 제어 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제어 계인 조정부는, 상기 제어 계인의 조정을 실행할 때, 상기 압연기의 동작 상태를 판단한 결과가, 상기 위치 지령값이 진동하는 조정용 신호를 상기 유압 제어부에 대해 출력하는 경우와는 다른 상태인 것을 나타내고 있는 경우, 스위프 주파수 파형을 이용한 조정용 신호로서, 진폭을 반전시킨 2개의 신호를 각각 상기 유압 제어부에 대해 출력하고, 상기 진폭을 반전시킨 2개의 신호에 대한 상기 실측값에 의거하여 상기 제어 계인을 조정하는 것을 특징으로 하는 유압 압하 제어 장치.

청구항 7

압연기의 작업롤간의 간격을 조정하는 유압 실린더의 유압을 상기 유압 실린더에의 오일 유입량을 조정함으로써 제어하는 유압 압하 제어 장치의 제어 계인을, 상기 유압 실린더에 있어서의 피스톤의 위치의 실측값을 취득하고, 상기 피스톤의 위치의 지령값 및 상기 피스톤의 위치의 실측값에 의거하여 조정하는 유압 압하 제어 장치의 조정 방법으로서,

기억되어 있는 주파수에서 상기 위치 지령값이 진동하는 조정용 신호를 유압 제어부에 대해 출력하고,

상기 조정용 신호에 대한 상기 실측값을 취득하며,

상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우와 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우에서 상기 제어 계인을 조정하기 위한 차압 보상값을, 상기 실측값의 진폭에 있어서의 상기 조정용 신호의 진동의 중심에 대한 치우침에 의거하여 결정하고,

상기 조정용 신호의 진폭의 분포의 중심에 대하여, 상기 실측값의 진폭의 분포의 중심이 상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 치우치는 경우에는, 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인을 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인에 대하여 크게 되도록 상기 차압 보상값을 결정하고,

상기 조정용 신호의 진폭의 분포의 중심에 대하여, 상기 실측값의 진폭의 분포의 중심이 상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 치우치는 경우에는, 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인을 상기 작업롤간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인에 대하여 크게 되도록 상기 차압 보상값을 결정하는 것을 특징으로 하는 유압 압하 제어 장치의 조정 방법.

청구항 8

압연기의 작업롤간의 간격을 조정하는 유압 실린더의 유압을 상기 유압 실린더에의 오일 유입량을 조정함으로써 제어하는 유압 압하 제어 장치의 제어 계인을, 상기 유압 실린더에 있어서의 피스톤의 위치의 실측값을 취득하고, 상기 피스톤의 위치의 지령값 및 상기 피스톤의 위치의 실측값에 의거하여 조정하는 유압 압하 제어 장치의 제어 프로그램으로서,

기억되어 있는 주파수에서 상기 위치 지령값이 진동하는 조정용 신호를 유압 제어부에 대해 출력하는 단계와,

상기 조정용 신호에 대한 상기 실측값을 취득하는 단계와,

상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업롤간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우와 상기 작업롤간

의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우에서 상기 제어 계인을 조정하기 위한 차압 보상값을, 상기 실측값의 진폭에 있어서의 상기 조정용 신호의 진동의 중심에 대한 치우침에 의거하여 결정하는 단계를, 정보 처리 장치에 실행시키며,

상기 조정용 신호의 진폭의 분포의 중심에 대하여, 상기 실측값의 진폭의 분포의 중심이 상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업물간의 간격을 좁히는 방향으로 치우치는 경우에는, 상기 작업물간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인을 상기 작업물간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인에 대하여 크게 되도록 상기 차압 보상값을 결정하고,

상기 조정용 신호의 진폭의 분포의 중심에 대하여, 상기 실측값의 진폭의 분포의 중심이 상기 유압 실린더의 피스톤의 위치를 상기 작업물간의 간격을 넓히는 방향으로 치우치는 경우에는, 상기 작업물간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인을 상기 작업물간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우의 제어 계인에 대하여 크게 되도록 상기 차압 보상값을 결정하는 것을 특징으로 하는 유압 압하 제어 장치의 제어 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유압 압하 제어 장치, 유압 압하 제어 장치의 조정 방법 및 제어 프로그램에 관해, 특히, 압연기의 상하 작업물 간격을 제어하는 유압 압하 제어 장치의 자동 조정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 압연기에 있어서는, 피압연재의 제품 품질에 직결되는 판두께 제어나 조업의 안정성에 불가결한 장력 제어 등의 자동 제어가 행하여지고 있다. 일반적인 압연기 및 유압 압하 제어 장치의 전체 구성을 도 17에 나타낸다. 도 17에 나타내는 바와 같이, 압연기의 자동 제어의 조작단(操作端)으로서, 압연기의 작업물 속도나 상하 작업물 간격이 이용되고 있다. 작업물 속도는 전용의 롤 속도 제어 장치에 의해 제어된다. 또, 상하 작업물 간격은 전용의 유압 압하 제어 장치에 의해 제어된다.

[0003] 작업물 간격을 제어하는 유압 압하 제어 장치(2)는, 유압을 조정함으로써 유압 실린더(11)에 있어서의 피스톤의 위치를 조정하여 롤 갭을 제어한다. 그 때문에, 유압 압하 제어 장치(2)는, 위치 제어 루프에 있어서, 유압 실린더(11)의 피스톤 위치를 검출하는 위치 검출기(13)에 의해 검출된 위치 실적값이, 압연기 제어 장치(3)로부터 출력되는 위치 지령값과 일치하도록, 유압 실린더(11)에 걸리는 유압을 조정하기 위한 유압 조정 장치(12)를 제어한다. 유압 압하 제어 장치(2)에 있어서의 제어 응답은, 도 17의 유압 압하 제어 장치(2)에 있어서 “G”로 나타내는 제어 계인에 의해 결정된다. 유압 압하 제어 장치(2)의 위치 제어 응답은, 유압 실린더(11)의 오일 기둥 길이나 유압의 발생에 이용하는 오일의 온도 등의 외부 조건에 의해 변화한다.

[0004] 유압 압하 제어 장치(2)가 충분한 위치 제어 응답을 발휘할 수 없으면, 압연기로 압연하는 피압연재의 품질에 있어서 중요한 판두께 정밀도가 악화된다. 또, 유압 실린더에 진동이 발생함으로써, 피압연재 표면의 품질이 악화되는 일도 일어날 수 있다.

[0005] 그 때문에, 압연기의 시운전 조정시에는 유압 압하 제어 장치의 조정을 위치 제어 루프의 스텝 응답이나 주파수 응답을 취하거나 하여 충분히 실시한다(예를 들면, 특허문헌 1 참조). 이 주파수 응답에 의한 조정 작업은, FFT(Fast Fourier Transform) 애널라이저라는 검출기를 유압 압하 제어 장치에 접속할 필요 등이 있기 때문에 조정에 필요로 하는 시간이 길다. 그 때문에, 종래에는 시운전 조정시에 조정한 후, 이상이 발생한 경우에는, 제어 계인(G)을 낮추는 것만으로 대응하였다. 그 때문에, 모처럼 시운전 조정시에 조정한 유압 압하 제어 장치의 응답을 유지할 수 없다는 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본국 공개특허 특개2009-282609호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 압연기에 있어서의 유압 실린더는, 통상적으로 압연기의 하측에 설치되어 있고, 하측으로부터 유압을 가하여 작업물을 밀어 올림으로써, 작업물 간격을 작게 하는 방향으로 실린더의 피스톤 위치를 조정하는 구조로 되어 있다. 한편, 밀어 내리는 측은, 항상 일정한 유압을 가한 상태로 되어 있고, 그것에 압연 하중의 반력이 가해져 밀어 내리는 측의 압력이 된다. 밀어 내리는 측과 밀어 올리는 측의 압력의 균형을 무너뜨림으로써 압하 실린더를 상하로 이동시키는 것이 가능해진다. 즉, 유압 실린더에 있어서는, 밀어 올리는 측의 유압을 유압 조정 장치로 조정하도록 되어 있다.
- [0008] 이와 같이, 압하 실린더는 밀어 올리는 측과 밀어 내리는 측의 힘의 균형에 의해 동작하고, 유압 압하 제어 장치는 밀어 올리는 측의 유압을 변경함으로써 실린더의 피스톤 위치를 변화시켜 압하 위치를 제어한다. 그 때문에, 밀어 내리는 측에 가해지는 힘인 기계 중량과 압연 반력의 합계에 의해 동작 응답이 다르다. 결과적으로, 압하측과 개방측의 응답이 다르게 되어, 압하 위치 실적이 지령값에 추종하지 않는 현상이 발생한다.
- [0009] 그와 같은 과제를 해결하기 위해, 압하 위치 제어 장치에 있어서는, 압하측과 개방측에서 위치 제어 루프의 게인을 변경하는 제어(이하, 「차압 보상」이라고 약기한다)가 행하여지고 있다. 이에 대해, 특허문헌 1에 개시된 기술에 있어서는, 차압 보상에 대하여 고려되어 있지 않다.
- [0010] 상술한 스텝 형상의 과형을 입력 신호로서 이용함으로써, 압하측, 개방측, 각각의 게인을 조정하는 것은 가능하다. 그러나, 측정시의 편차가 큰 스텝 응답에 의한 측정 방법에서는, 충분히 조정하는 것이 곤란하여, 기계 구조로부터의 계산값을 설정하고 있었다. 그 때문에, 계산값과 실제의 유압 압하 제어 장치의 동작 상태가 맞지 않아, 압하측과 개방측에서 제어 응답이 다른 상태로 되어 있는 경우도 많이 보인다. 그 경우, 판두께 제어를 깎을 조작해도 지령값과 실적값의 과형이 다르게 되어, 판두께 제어 정밀도가 악화된다는 문제가 있다.
- [0011] 본 발명은, 이와 같은 과제를 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 유압 압하 제어 장치에 있어서, 유압 실린더의 제어 게인을 압하측과 개방측에서 조정하는 조정값을 고정밀도로 취득하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일양태는, 압연기의 작업물간의 간격을 조정하는 유압 실린더의 피스톤의 위치를 제어하는 유압 압하 제어 장치로서, 상기 유압 실린더에 있어서의 피스톤의 위치의 실적값을 취득하는 실적값 취득부와, 상기 유압 실린더에의 오일 유입량을 제어하는 유압 제어부가 유압 실린더에의 오일 유입량을 제어할 때의 제어 게인을 피스톤의 위치의 지령값 및 피스톤의 위치의 실적값에 의거하여 조정하는 제어 게인 조정부를 포함하고, 소정의 주파수에서 위치 지령값이 진동하는 조정용 신호를 유압 제어부에 대해 출력하고, 유압 실린더의 피스톤의 위치를 작업물간의 간격을 좁히는 방향으로 움직이는 경우와 작업물간의 간격을 넓히는 방향으로 움직이는 경우에서 제어 게인을 조정하기 위한 차압 보상값을, 조정용 신호에 대한 실적값에 의거하여 결정하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명을 이용함으로써, 유압 압하 제어 장치에 있어서, 유압 실린더의 제어 게인을 압하측과 개방측에서 조정하는 조정값을 고정밀도로 취득할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은, 본 발명의 실시형태에 관련된 유압 압하 제어 장치의 자동 조정 전체를 나타내는 블록도이다.
- 도 2는, 본 발명의 실시형태에 관련된 압연기의 제어 전체를 나타내는 블록도이다.
- 도 3은, 본 발명의 실시형태에 관련된 압연기의 조업 동작례를 나타내는 도면이다.
- 도 4는, 본 발명의 실시형태에 관련된 롤 재편성 처리 동작을 나타내는 플로우 차트이다.
- 도 5는, 본 발명의 실시형태에 관련된 유압 실린더의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 6은, 본 발명의 다른 실시형태에 관련된 개방측 보정 게인과 압하측 보정 게인의 관계를 나타내는 도면이다.

도 7은, 본 발명의 실시형태에 관련된 제어 계인 조정 장치의 기능 구성을 나타내는 블록도이다.

도 8은, 본 발명의 실시형태에 관련된 유압 압하 제어 장치의 주파수 응답 측정에 의한 조정 방법을 나타내는 도면이다.

도 9는, 본 발명의 실시형태에 관련된 유압 압하 제어 장치의 주파수 응답 측정에 의한 조정 방법에 있어서, 차압 보상 계인이 부적절한 경우의 예를 나타내는 도면이다.

도 10은, 본 발명의 실시형태에 관련된 주파수 응답 측정에 의한 유압 압하 제어 장치의 조정 동작을 나타내는 플로우 차트이다.

도 11은, 본 발명의 실시형태에 관련된 간이 입력 파형에 의한 응답 측정 방법에 있어서의 입력 파형을 나타내는 도면이다.

도 12는, 본 발명의 실시형태에 관련된 간이 입력 파형에 의한 응답 측정 방법에 있어서, 차압 보상 계인이 적절한 경우와 부적절한 경우의 예를 나타내는 도면이다.

도 13은, 본 발명의 실시형태에 관련된 간이 입력 파형에 의한 유압 압하 제어 장치의 조정 동작을 나타내는 플로우 차트이다.

도 14는, 본 발명의 실시형태에 관련된 간이 입력 파형에서의 응답 조정 실시 타이밍을 나타내는 플로우 차트이다.

도 15는, 본 발명의 실시형태에 관련된 차압 보상 계인의 조정 동작을 나타내는 플로우 차트이다.

도 16은, 본 발명의 실시형태에 관련된 제어 장치의 하드웨어 구성을 나타내는 블록도이다.

도 17은, 종래 기술에 관련된 유압 압하 제어 장치의 자동 조정 전체를 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 실시예에서는, 도 1에 나타내는 바와 같은 1대의 압연기 스탠드(1)와 왼쪽 릴(101) 및 오른쪽 릴(102)로 구성되는 싱글 스탠드 압연기를 예로, 유압 압하 제어 장치(2)의 조정 방법에 대하여 설명한다.
- [0016] 싱글 스탠드 압연기는 1대의 압연기 스탠드와, 압연기 스탠드의 좌우에, 코일 형상으로 권취(卷取)한 피압연재를 풀거나 또는 권취하기 위한 왼쪽 릴(101) 및 오른쪽 릴(102)을 포함한다. 압연 방향을 오른쪽 방향으로 하면, 피압연재는 왼쪽 릴(101)로부터 권출(卷出)되어, 압연기 스탠드(1)에서 압연된 후, 오른쪽 릴(102)에서 권취된다.
- [0017] 싱글 스탠드 압연기의 경우, 리버스 압연이 일반적으로 행하여지고 있어, 오른쪽 릴(102)에서 권취된 피압연재는, 왼쪽 방향의 압연 방향에서는 오른쪽 릴(102)로부터 권출되어, 압연기 스탠드(1)에서 다시 압연 가공되어 왼쪽 릴(101)에 권취된다. 이 공정을 피압연재마다 미리 정해진 제품 사양을 만족할 때까지 실시함으로써 제품이 되는 피압연재를 생산한다.
- [0018] 압연기 스탠드(1)는 복수의 롤로 구성되는데, 피압연재(103)를 상하로부터 사이에 두는 상하의 작업롤(104)로부터 피압연재에 가해지는 압연 압력과, 좌우 릴을 구동하는 전동기에 의해 피압연재에 가해지는 장력에 의해, 피압연재가 눌러, 연장됨으로써 압연 가공은 실시된다.
- [0019] 압연기의 제어 방법의 개요를 도 2에 나타낸다. 압연기에 의해 생산되는 피압연재 제품에 있어서 가장 중요해지는 것이 길이 방향(압연 방향)의 판두께 정밀도이다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 압연기 스탠드(1)의 좌우에는 입측(入側) 판두께계(111) 및 출측(出側) 판두께계(112)가 설치되어 있다. 입측 판두께계(111) 및 출측 판두께계(112)의 출력은, 압연기 제어 장치(3) 내의 FF AGC(Feed Forward Automatic gauge Control)(116) 및 FB AGC(Feed Back Automatic Gauge Control)(117)에 각각 입력된다. FF AGC(116) 및 FB AGC(117)는, 입력된 피압연재의 판두께에 의거하여, 압연기 제어 장치(3) 내의 압연기 제어부(118)가 출력하는 위치 지령값을 수정한다. 이와 같은 제어에 의해 작업롤 간격(롤 갭)이 제어되어, 길이 방향의 판두께 정밀도가 유지된다.
- [0020] 압연 조업은, 압연기 제어부(118)가 왼쪽 릴 제어 장치(114), 오른쪽 릴 제어 장치(115) 및 밀 속도 제어 장치(113)에 대해, 각각 왼쪽 릴(101), 오른쪽 릴(102) 및 압연기 스탠드(1)의 롤 속도를 제어하기 위한 신호를 출력함으로써 실시된다. 압연기 제어부(118)는, 압연기의 오퍼레이터가 조작반(110)을 조작하여 입력한 각종 지령에 따라 압연기 스탠드(1)를 동작시킨다.

- [0021] 도 3에 압연기의 조업 동작례를 나타낸다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태에 있어서는, 압연기 제어 장치(3)에 설치된 조업 모드 선택 SW(150)에서, 압연기의 조업 모드를 선택한다. 본 실시형태에 있어서는, 조업 모드로서, 통상의 「압연」 조업, 압연 조업을 정지하는 「조업 정지」 및 「롤 재편성」이 있다. 「롤 재편성」은, 압연 조업에 의해 작업물이나 중간롤, 백업롤 등이 마모되기 때문에, 정기적으로 또는 롤 표면 상태의 악화가 현저한 경우에 각 롤을 교환하는 모드이다.
- [0022] 「롤 재편성」이 선택되면, 압연기 제어부(118)는, 압연기를 정지하여 압하를 개방한다. 그 상태에서 오퍼레이터는 롤 교환(필요에 따라 작업롤, 중간롤, 백업롤을 교환한다)을 실시한다. 그 후, 「영점 조정 처리 개시」 SW를 오퍼레이터가 누름으로써, 압연기 제어부(118)가 영점 조정 처리를 실시한다. 각 롤은 압연에 의해 표면이 마모되면, 표면을 연마하여 다시 사용하기 때문에, 롤 직경이 각기 다르다. 그 때문에, 롤 재편성 전후에서 롤 직경의 조합이 다르게 된다.
- [0023] 유압 실린더(11)에 있어서의 피스톤의 위치는, 위치 검출기(13)로 측정 가능하나, 동일 위치라도 롤 갭의 크기는 롤 직경의 조합에 따라 다르기 때문에, 롤 교환을 실시할 때마다 롤 갭을 어느 기준값에 맞출 필요가 있다. 통상적으로는, 압하를 닫아, 압연 하중이 예를 들면 5000kN이 되는 피스톤 위치를 롤 갭=0으로 정의하고, 영점 조정 처리를 실시한다.
- [0024] 도 4를 참조하여, 본 실시형태에 관련된 영점 조정 처리에 대하여 설명한다. 영점 조정 처리에 있어서는 (S401), 상하 작업물이 접촉할 때까지 압하를 조이는 처리(S402, S403), 그 후, 롤을 공전(피압연재가 상하 작업물 사이에 없는 상태에서 압연기를 저속으로 운전한다)시켜(S404), 압연 하중이 5000kN이 될 때까지 다시 압하를 조이는 처리(S405, S406), 압연 하중이 5000kN이 된 상태에서, 롤 갭을 0으로 하는 처리(롤 갭 영점 조정)(S407)가 실행된다. 그 후, 롤을 개방하여 롤 공전을 정지시킴(S408)으로써, 영점 조정 처리가 종료된다.
- [0025] 압연 조업을 실시하는 「압연」 모드 선택시, 오퍼레이터는 「서동(徐動)」, 「가속」, 「유지」, 「정지」의 SW를 이용하여, 압연기의 압연 속도를 조작하여 압연 조업을 실시한다. 이러한 SW는, 조업 모드 선택 SW(150)와 동일하게, 압연기 제어 장치(3)에 설치되어 있다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 「서동」이 선택됨으로써 압연기는 서동 속도까지 가속하여 그 속도로 운전한다. 다음에, 「가속」이 선택됨으로써 압연 속도는 가속된다. 그리고, 「유지」가 선택됨으로써 그 시점에서의 압연 속도로 운전이 계속된다. 이 상태에 있어서, 압연이 실행된다. 그 후, 「서동」이 선택됨으로써 압연 속도는 서동 속도로 감속되고, 「정지」가 선택됨으로써 압연 속도가 0이 되어 압연기가 정지 가능한 상태가 된다.
- [0026] 이상 서술한 바와 같이, 압연기 제어 장치(3)는, 압연기의 오퍼레이터로부터의 지령을 받아 압연기를 동작시키고 있기 때문에, 현상 압연기가 어떠한 상태에 있는지(압연 중인지, 롤 재편성 중인지 등)를 인식하는 것이 가능하다. 따라서, 본 실시형태에 관련된 압연기의 제어 계통에 있어서는, 압연기의 상태에 따라, 유압 압하 제어 장치의 조정 방법을 변경하는 것이 가능해진다.
- [0027] 도 5에 유압 실린더(11)의 상세를 나타낸다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 유압 실린더(11)에 있어서는, 배압측과 압하측이 서로 민 상태에서 균형을 이루고 있다. 배압측은, 항상 일정한 고정 압력이 가해지고 있음과 함께, 압연기의 압연 하중의 반력이 가해지고 있다. 압하측은, 유압 발생 장치(14)로부터 가해지는 유압이 유압 조정 장치(12)에 의해 조정되고 있다.
- [0028] 압하하는 경우에는, 유압 압하 제어 장치(2)가, 압하측의 유압을 배압측보다 크게 하도록 유압 조정 장치(12)를 조작하여, 유압 실린더(11)에의 오일 유입량을 늘린다. 한편, 개방하는 경우에는, 압하측의 유압을 배압측의 유압보다 작게 하도록 유압 조정 장치(12)를 조작한다. 그 때문에, 배압측에 가해지는 압력인 압연기의 압연 하중과 고정 압력의 합계에 의해, 압하 또는 개방하는데 필요한 압하측의 압력이 변화하여, 제어 응답이 변화한다.
- [0029] 압하측과 개방측에서 제어 응답이 다르면, AGC 등의 제어에 악영향을 주기 때문에, 제어 응답을 동일하게 하도록 차압 보상 계인을 설정한다. 예를 들면, 압연 하중이 커서 압하측이 동작하기 어려운 경우에는, 압하측의 차압 보상 계인을 크게 하고, 개방측의 차압 보상 계인을 작게한다. 즉, 도 6과 같은 압하측 보정 계인, 개방측 보정 계인을 설정한다. 이 차압 보상 계인이 차압 보상값으로서 이용된다.
- [0030] 유압 압하 제어 장치(2) 내에 있어서는, 위치 검출기(13)에 의해 검출된 위치 실적값과, 압연기 제어 장치(3)가 출력하는 위치 지령값의 차분인 위치 편차에 제어 계인(G) 및 차압 보상 계인(G_{diff})를 적산함으로써, 유압 조정 장치에의 제어 출력을 결정한다. 여기에서, “위치 편차=위치 지령값-위치 실적값”이다. 차압 보상 계인

(G_{diff})은, 차압 보상 게인 설정부(21)에 의해, 위치 편차에 의거하여 구해진다. 차압 보상 게인 설정부(21)는, 위치 편차의 부호에 따라 압하측 보정 게인을 이용할지 개방측 보정 게인을 이용할지 결정한다.

- [0031] 도 6 상부는, 압연 하중의 값에 따른 개방측 보정 게인 및 압하측 보정 게인의 값의 변화를 나타내는 그래프이고, 도 6 하부는 실제로 설정되는 값을 나타내는 테이블이다. 도 6 하부에 나타내는 바와 같이, 차압 보상 게인은 개방측 보정 게인 및 압하측 보정 게인 각각의 값의 세트이다.
- [0032] 위치 지령값에 대한 응답성은 제어 게인(G)에 의해 조정되기 때문에, 차압 보상 게인(G_{diff})은 압하측과 개방측의 응답성의 차이를 조정하기 위한 계수이다. 그리고, 제어 게인(G)에 의해 조정되는 전체의 응답성을 유지하기 때문에, 개방측 보정 게인과 압하측 보정 게인의 세트는, 압하측 보정 게인과 개방측 보정 게인의 곱이 1이 되도록 값이 선택된다.
- [0033] 예를 들면, 실린더의 피스톤 위치가 큰 쪽이 압하측, 작은 쪽이 개방측이라고 생각하면, 차압 보상 게인 설정부(21)는, 위치 편차가 마이너스측인 경우에는 개방측으로 동작하기 때문에 개방측 보정 게인을 선택한다. 반대로 플러스측인 경우에는 압하측으로 동작하기 때문에 압하측 보정 게인을 선택한다.
- [0034] 이 압하측, 개방측의 보정 게인도, 외부 기온이나 유압 실린더(11)의 피스톤 위치에 의해 변화하기 때문에, 압하측과 개방측의 응답을 확인하여 차이가 큰 경우에는, 제어 보정 게인을 변경할 필요가 있다. 압하측과 개방측의 응답을 측정할 필요가 있기 때문에, 스텝 입력을 이용하여 확인하게 된다. 그러나, 스텝 파형에서는 압하측 개방측에서 응답에 차이가 있어도 명확한 응답성으로서 나타나지 않는 경우가 많기 때문에, 조정은 곤란하다.
- [0035] 스텝 입력을 이용한 경우, 제어 보정 게인의 조정에 있어서는, 압하측과 개방측에 대하여 파형의 상승 시간을 측정하여 차이가 큰 경우에, 차이가 작아지도록 압하측 또는 개방측의 제어 보정 게인을 수정한다. 그로 인해, 제어 응답도 변화하기 때문에, 주파수 응답을 다시 측정할 필요가 있어, 조정에 시간을 필요로 한다.
- [0036] 유압 압하 제어 장치의 조정은, 도 7에 나타내는 바와 같은 제어 게인 조정 장치(4)를 이용하여 실시한다. 측정 방법 설정 장치(404)는, 압연기의 상태에 따라 조정 방법 선택 장치(6)으로부터, 어떠한 방법으로 측정할지의 지시를 받아, 측정 방법을 선택한다. 그리고, 측정 방법 설정 장치(404)는, 결정한 측정 방법을 신호 발생 장치(401)에 통지한다. 이로 인해, 신호 발생 장치(401)가 측정 방법에 따른 입력 파형을 발생시킨다.
- [0037] 또한, 측정 방법 설정 장치(404)는, 신호 해석 장치(402)에 대해, 입력 신호와 출력 신호를 어떠한 방법으로 해석할지를 통지한다. 제어 게인 변경 장치(403)는, 신호 해석 장치(402)에서의 해석 결과를 기초로, 제어 게인의 조정을 행하여 유압 압하 제어 장치에 통지한다.
- [0038] 상술한 조정 방법 선택 장치(6)가 선택하는 유압 압하 제어 장치의 조정 방법으로서, 본 실시형태에 있어서는, 주파수 응답 측정에 의한 것, 간이 입력 파형에 의한 것의 2종류의 방법이 있다. 이하, 주파수 응답 측정에 의한 것을 「조정 방법 1」, 간이 입력 파형에 의한 것을 「조정 방법 2」로 하여 설명한다.
- [0039] 먼저, 조정 방법 1에 대하여 도 8을 참조하여 설명한다. 도 8 상단의 도면은, 조정 방법 1의 조정을 실행할 때에, 신호 발생 장치(401)가 출력하는 스위프 주파수 파형이다. 또, 도 8 하단의 도면은, 상단의 입력 파형에 대한 응답 파형, 즉, 위치 검출기(13)에 의한 검출 신호의 파형의 보드 선도이다. 조정 방법 1에 있어서는, 압연기의 기계 장치마다 설정되는 목표 주파수에 있어서의 목표 위상 여유보다 위상 여유가 좋아지도록 제어 게인을 조정한다.
- [0040] 예를 들면, 제어 게인 A의 경우의 주파수 응답의 보드 선도가, 도 8 하단에 있어서의 파선으로 나타내어지는 경우, “목표 주파수”에 있어서 “목표 위상 여유”를 만족시키고 있지 않다. 이 경우, 유압 압하 제어 장치(2)가 제어 게인을 크게 하여 제어 게인 B로 함으로써, 실선과 같은 보드 선도가 얻어졌다고 하면, “목표 주파수”에 있어서 “목표 위상 여유”를 만족시키고 있으므로, 유압 압하 제어 장치(2)는 제어 게인 B를 선택한다.
- [0041] 또한, 상기 “목표 주파수”란, 압연기의 운용에 있어서, 유압 압하 제어 장치(2)가 유압 조정 장치(12)를 제어할 때의 제어 신호의 변화 빈도로서 생각할 수 있는 최대의 변화 빈도에 대응하는 주파수이다. 또, 상기 “목표 위상 여유(phase margin)”란, 상술한 제어 신호의 최대의 변화 빈도에 대한 실측값에 요구되는 추종성을 나타내는 값이며, 예를 들면, -90° 의 위상 지연이다. 또한, “목표 주파수”를 최대의 변화 빈도에 대응하는 주파수로 하는 이유는, 피드백 제어에 있어서, 일반적으로는 주파수가 커질수록 추종성이 나빠지기 때문이다.
- [0042] 도 8 상부에 나타내는 바와 같이, 입력 파형으로서 주파수가 변화하는 정현파가 이용되는데, 신호 발생 장치

(401)는, 도 8 상부에 나타내는 파형을 순파형으로 하고, 진폭을 반전시킨 역파형도 입력한다. 순파형 및 역파형은 정현파이기 때문에, 유압 압하 제어 장치가 압하측으로 동작하고 있는 주파수대와, 개방측으로 동작하고 있는 주파수대로 나뉜다. 그 때문에, 압하측과 개방측에서 유압 압하의 제어 응답이 다르면, 도 9의 (a)에 나타내는 바와 같이 순파형을 입력한 경우와, 도 9의 (b)에 나타내는 바와 같이 진폭의 부호를 역전시킨 역파형을 입력한 경우에는, 주파수 응답이 다르다.

[0043] 도 9의 (a), (b)는, 압하측과 개방측의 제어 응답이 다른 상태에서의 주파수 측정 결과이나, 파선의 동그라미로 둘러싼 부분에서, 위상 지연이 다른 것을 알 수 있다. 보드 선도의 가로축의 위치에 있어서 압하측의 제어가 행하여진 결과인지 개방측의 제어가 행하여진 결과인지는, 도 8의 상단에 나타내는 입력 파형에 의거하여, 주파수에 의해 판단하는 것이 가능하다. 따라서, 위상 지연이 순파형과 역파형에서 다른 주파수 영역을 알면, 차압 보상 게인 세트의 값이 압하측, 개방측의 어느 것에 치우치고 있는지를 판단할 수 있다.

[0044] 도 9의 (a), (b)에 있어서, 압하측 및 개방측의 게인이 이상적인 상태인 경우의 그래프가 파선으로 나타내어져 있다. 이 이상값의 그래프는, 예를 들면 도 9의 (a), (b)에 실선으로 나타내는 각각의 그래프의 평균값을 취함으로써 구할 수 있다. 그리고, 압하측 보정 게인과 개방측 보정 게인의 치우침량은, 실선의 그래프와 파선의 그래프의 차분값에 의해 구하는 것이 가능하다.

[0045] 따라서, 신호 해석 장치(402)는, 계산에 의해 구한 압하측 보정 게인과 개방측 보정 게인의 치우침량에 의거하여, 차압 보상 게인 세트를 변경함으로써, 차압 보상을 조정한다.

[0046] 다음으로, 조정 방법 1의 조정을 자동적으로 실시하는 경우의 처리에 대하여, 도 10을 참조하여 설명한다. 도 10의 예에 있어서는, 위상 지연 -90도에 있어서의 입력 신호 주파수를 설정 주파수가 되도록 조정하는 경우를 생각한다. 도 10에 나타내는 바와 같이, 조정 개시하면, 먼저, 제어 게인 조정 장치(4)는, 적당한 제어 게인=X와 제어 게인=Y를 이용하여, 주파수 응답의 측정을 실시한다(S1001, S1002).

[0047] S1001 및 S1002의 처리를 실행한 후, 제어 게인 조정 장치(4)는, 측정 결과를 체크하고(S1003), 제어 게인(X) 및 제어 게인(Y)에 있어서의 -90° 위상 지연의 주파수(XR 및 YR)를 취득한다. 그리고, 제어 게인 조정 장치(4)는, 게인 설정(X, Y) 및 목표 주파수(xref)로부터, 제어 게인을 이하의 식 (1)에 따라, 직선 근사에 의해 x로 변경한다(S1004). 그리고, 제어 게인 조정 장치(4)는, 다시 스위프 파형을 이용하여 주파수 응답을 측정한다(S1005).

$$x = (Y - X) \cdot (xref - XR) / (YR - XR) + X \quad (1)$$

[0048]

[0049] S1005의 처리를 실행한 후, 제어 게인 조정 장치(4)는, 그 결과를 체크하고(S1006), 설정 주파수가 되지 않은 경우에는(S1007/NO), 금번의 제어 게인(x)과 -90도 위상 지연의 주파수(xR)를 각각 Y, YR로 치환하여, 다시 제어 게인을 변경해서 측정을 실시한다(S1004, S1005).

[0050] 한편, S1006의 체크의 결과, 설정 주파수가 되어 있는 경우(S1007/YES), 제어 게인 조정 장치(4)는, 차압 보상 게인의 조정 동작을 실행한다. 차압 보상 게인의 조정 동작에 대해서는 뒤에 상술한다.

[0051] 이와 같이, 본 실시형태에 관련된 조정 방법 1의 조정에 있어서는, 제어 게인 조정 장치(4)가 제어 게인 변경과 주파수 응답 측정을 반복함으로써, -90도 위상 지연의 주파수를 목표 주파수로 할 수 있었던 제어 게인(x)을 제어 게인 설정값으로 한다. 목표 주파수에는 허용 범위를 마련하여, 어떤 범위 내에 -90도 위상 지연 주파수가 들어간 경우에는 결과 체크 OK로하는 것이 바람직하다.

[0052] 또한, 제어 게인 조정이 적정하게 행하여진 다음에, 차압 보상 게인 세트의 변경과 주파수 응답 측정을 반복함으로써, 압하측 보정 게인과 개방측 보정 게인에 치우침 없는 차압 보상 게인 세트가 선택된다. 또한, 이상적으로는, 순파형을 입력한 경우와 역파형을 입력한 경우의 출력 결과가 동일해지는 차압 보상 게인 세트를 선택하는 것이 바람직하나, 어느 정도의 허용 범위를 마련하여, 압하측 보정 게인과 개방측 보정 게인의 치우침량이 소정 범위 내가 된 경우에 체크 OK로 해도 된다.

[0053] 주파수 응답 측정에 의한 조정을 행하는 경우, 도 8 상단에 나타내는 바와 같은 스위프 파형을 입력할 필요가 있기 때문에, 1회의 측정에 시간이 걸린다는 문제가 있다. 스위프 파형으로서는, 예를 들면 1Hz부터 50Hz까지의 주파수 성분을 넣을 필요가 있고, 1회의 스위프에 대하여 대체로 30초 정도의 측정 시간을 필요로 한다. 그 때문에, 측정에 시간이 걸려 압연 조업의 사이에 롤 재편성을 실시하고 있는 경우, 조속히 압연 조업을 재개하

기 위해 장시간의 측정이 불가능한 경우에는, 조정 방법 1에 관련된 조정 방법은 이용할 수 없다.

[0054] 다음으로, 조정 방법 2에 대하여 도 11을 참조하여 설명한다. 단시간에 주파수 응답을 확인하고, 제어 계인을 설정하는 위해서는, 목표 주파수에 있어서의 신속한 측정을 행할 필요가 있다. 그 때문에, 조정 방법 2에 있어서는, 신호 발생 장치(401)가, 단일 주파수 성분으로 이루어지는 파형을 출력하고, 그 응답 신호에 의거하여 조정을 실행한다.

[0055] 도 11 상단의 도면은, 조정 방법 2의 조정을 실행할 때에 신호 발생 장치(401)가 출력하는 파형의 예로서, 25Hz의 주파수 성분을 나타내는 도면이다. 또, 도 11 하단의 도면은, 조정 방법 2의 원리를 설명하기 위해, 실제보다 낮은 10Hz의 주파수에서, 신호 발생 장치(401)의 출력 파형 및 그에 대한 위치 검출기(13)의 실측값에 의한 출력 파형을 나타낸 도면이다.

[0056] 도 11에 나타내는 바와 같이, 조정 방법 2에 있어서 신호 발생 장치(401)는, 목표 주파수만으로 이루어지는 파형을, 진폭 0에서부터 설정 최대 진폭까지 증대시키고, 정해진 최대 진폭값까지 도달한 후, 진폭 0까지 감쇠시키고 나서 측정 종료시킨다. 이와 같은 파형으로 하는 것은, 설정 최대 진폭에서 목표 주파수 성분을 넣으면 압연기 기계나 물에 손상을 주는 경우를 생각할 수 있었기 때문이다. 즉, 도 11 상단에 나타내는 바와 같은 파형을 이용함으로써, 압연기 기계나 물에 손상을 주는 것을 회피할 수 있다.

[0057] 도 11의 하단에 나타내는 바와 같이, 단일 주파수 성분이면, 입력 파형과 출력 파형을 비교함으로써, 진폭의 크기 및 위상 지연을 용이하게 측정할 수 있다. 위상 지연의 값에 대해서는, 샘플링 가능한 최소 분해능에 의해 입력 파형과 출력 파형을 어긋나게 하여 상관계수를 취하고, 상관계수가 최소가 될 때에, 입력 파형과 출력 파형을 어긋나게 하고 있는 값을 이용한다. 그 경우, 주파수 응답 측정, 즉, 조정 방법 1의 실행 결과에 의한 측정 결과로부터 목표 주파수에 있어서의 위상 차이를 예측할 수 있기 때문에, 예측 어긋남의 진후에서 입력 파형과 출력 파형을 어긋나게 함으로써 탐색 범위를 좁히는 것이 가능하다.

[0058] 도 11 상부에 나타내는 바와 같은 파형을, 측정용 입력 파형으로서 이용하는 경우, 약 5초 동안에 1회의 측정이 가능해진다. 또, 주파수 응답 측정시에는, FFT 연산이 필요하기 때문에 다대한 계산 시간을 필요로 하였으나, 간이 파형에서의 측정의 경우 상관계수를 취하는 것뿐이므로 연산량을 적게 할 수 있어, 제어 계인 조정 장치(4)의 계산 능력으로도 신속하게 처리 가능해지는 이점이 있다.

[0059] 도 12의 (a), (b)에 간이 입력 파형을 이용한 경우의, 유압 압하 제어 장치의 차압 보상 계인의 조정 방법을 나타낸다. 압하측과 개방측에서 유압 압하 제어의 응답에 차이가 없는 경우에는, 도 12의 (a)에 나타내는 바와 같이, 실적 파형은 압하측, 개방측에 균등하게 분포한다. 그에 대해, 예를 들면 압하측의 응답이 개방측에 비해 양호한 경우에는, 도 12의 (b)에 나타내는 바와 같이, 입력 파형의 진동의 중심에 대해 압하측으로 치우쳐서 분포하게 된다.

[0060] 이것으로부터, 위치 지령값으로서 간이 측정 파형을 입력한 경우에, 위치 실적값의 출력 파형이 어느 쪽으로 치우쳤는지를 판정할 수 있으면, 차압 보상 계인의 조정이 가능해진다. 어느 쪽으로 치우쳤는지의 판정 지수(이후, 「응답차 지수」라고 한다)(P_{INDEX})는, 예를 들면, 이하의 식 (2)에 나타내는 바와 같이, 출력 파형을 구성하는 각 값($fb(i)$)의 평균값을 이용하는 것이 가능해진다. 여기에서, n 은 출력 파형을 구성하는 각 값의 총수이다.

$$P_{INDEX} = \frac{1}{n} \sum_i (fb(i)) \quad (2)$$

[0061]

[0062] 도 12의 (a)의 상태와 같이, 압하측과 개방측에서 유압 압하 제어의 응답에 차이가 없어, 실적 파형이 압하측, 개방측에 균등하게 분포하고 있는 경우, 판정 지수(P_{INDEX})는 제로 또는 제로에 가까운 값이 된다. 한편, 도 12의 (b)의 상태와 같이 압하측으로 치우쳐서 분포하고 있는 경우, 판정 지수(P_{INDEX})는 플러스의 값이 된다. 반대로, 개방측으로 치우쳐서 분포하고 있는 경우, 판정 지수(P_{INDEX})는 마이너스의 값이 된다.

[0063] 따라서, 출력 파형에 의거하여 상기 식 (2)의 계산에 의해 구한 판정 지수(P_{INDEX})가 플러스인 경우, 신호 해석 장치(402)는, 현재의 차압 보상 계인의 세트보다 압하측 보정 계인이 작아, 개방측 보정 계인이 큰 세트를 선택한다. 한편, 판정 지수(P_{INDEX})가 마이너스인 경우, 신호 해석 장치(402)는, 현재의 차압 보상 계인의 세트보다

압하측 보정 게인이 커서, 개방측 보정 게인이 작은 세트를 선택한다.

[0064] 다음으로, 조정 방법 2의 조정을 자동적으로 실시하는 경우의 처리에 대하여, 도 13을 참조하여 설명한다. 도 13에 나타내는 바와 같이, 조정 개시하면, 먼저, 제어 게인 조정 장치(4)는, 적당한 제어 게인=X와 제어 게인=Y를 이용하여, 주파수 응답의 측정을 실시한다(S1301, S1302).

[0065] S1301 및 S1302의 처리를 실행한 후, 제어 게인 조정 장치(4)는, 측정 결과를 체크하고(S1303), 제어 게인(X) 및 제어 게인(Y)에 있어서의 위상 지연값(XD 및 YD)을 취득한다. 그리고, 제어 게인 조정 장치(4)는, 게인 설정(X, Y) 및 상기 위상 지연값(XD, YD)에 의거하여, 위상 지연값이 -90° 가 되는 게인 설정값(x)을, 이하의 식 (3)을 이용하여 직선 근사에 의해 구한다(S1304). 또한, 식 (3)에 있어서의 “xref”는 목표의 위상 지연값, 즉, -90° 이다.

$$x = (Y - X) \cdot (xref - XD) / (YD - XD) + X \quad (3)$$

[0066]

[0067] 그리고, 제어 게인 조정 장치(4)는, S1304에 있어서 구한 제어 게인 설정값(x)을 이용하여, 다시 간이 파형으로 응답 측정을 행한다(S1305). S1305의 처리를 실행한 후, 제어 게인 조정 장치(4)는, 그 결과를 체크하여(S1306), 제어 게인(x)에 있어서의 위상 지연값(xD)을 구하고, 위상 지연값(xD)이 -90° 의 위상 지연을 만족시키고 있지 않으면(S1307/NO), 급변의 제어 게인(x) 및 위상 지연값(xD)을 각각 Y, YR로 치환하여, 다시 제어 게인을 변경해서 측정을 실시한다(S1304, S1305).

[0068] 한편, S1306의 체크의 결과, 위상 지연값(xD)이 -90° 의 위상 지연을 만족시키고 있으면(S1307/YES), 제어 게인 조정 장치(4)는, 다음에 차압 보상 게인의 조정 동작을 실행한다(S1308). 차압 보상 게인의 조정 동작에 대해서는 뒤에 상술한다.

[0069] 압연기가 조업 정지하고 있는 상태에서는, 상기에서 서술한 주파수 응답 측정 및 간이 입력 파형에 의한 응답 조정이 가능하나, 압연기가 조업 상태인 경우, 도 8이나 도 11에 나타내는 바와 같은 측정용 입력 파형을 유압 압하 제어 장치에 대해 주는 것은, 판두께 정밀도의 악화나 조업의 외란을 초래하기 때문에 불가하다.

[0070] 도 14는, 조정 방법 2에 의한 조정을 실행하는 타이밍의 일례를 나타내는 플로우 차트이고, 도 4에 있어서 설명한 롤 교환 및 롤 갭의 조정 처리에 있어서 실행하는 경우를 나타내고 있다. 도 14에 나타내는 바와 같이, S1401~S1407까지는, 도 4의 S401~S407과 동일하게 처리가 실행된다. 롤 갭 영점 조정 처리를 실행한 후, 상술한 조정 방법 2에 의한 조정이 실행된다(S1408). 그 후, 도 4의 S408과 동일하게 물을 개방하여 롤 공전을 정지시킴(S1409)으로써, 영점 조정 처리가 완료된다.

[0071] 롤 재편성 후, 롤 갭 영점 조정의 완료 후에는, 압연기에 하중이 가해진 상태이고, 압하 위치의 기준값을 결정하는 조건이 갖추어진 상태이기 때문에, 롤 재편성의 실시마다 일정한 조건하에서의 측정이 가능해진다. 이 때문에, 이 타이밍에서 조정 방법 2에 의한 조정을 행함으로써, 장치의 효율적인 운용이 가능해진다.

[0072] 또한, 조정 방법 2의 조정을 실행하는 위해서는, 적어도, 도 11에 나타내는 바와 같은 파형을 생성하기 위한 주파수, 즉, 목표 주파수의 정보가 필요하다. 이 정보는, 오퍼레이터에 의해 신호 발생 장치(401) 내에 설치되어 있는 기억 매체에 미리 기억되어 있고, 신호 발생 장치(401)는, 그 정보에 의거하여 도 11에 나타내는 바와 같은 파형을 생성하여 출력한다.

[0073] 다음으로, 본 실시형태에 관련된 차압 보상 게인의 조정 동작에 대하여 도 15를 참조하여 설명한다. 도 13에 나타내는 바와 같이, 차압 보상 게인의 조정을 개시하면, 먼저, 제어 게인 조정 장치(4)는, 적당한 차압 보상 게인 세트=X와 차압 보상 게인 세트=Y를 이용하여, 주파수 응답의 측정을 실시한다(S1501, S1502).

[0074] S1501, S1502의 처리에 있어서, 제어 게인 조정 장치(4)는, 조정 방법 1의 조정 중인 경우에는, 도 8 상단에 나타내는 출력 파형을 이용하고, 조정 방법 2의 조정 중인 경우에는 도 11 상단에 나타내는 출력 파형을 이용한다.

[0075] S1501 및 S1502의 처리를 실행한 후, 제어 게인 조정 장치(4)는, 측정 결과를 체크하여(S1503), 차압 보상 게인 세트(X) 및 차압 보상 게인 세트(Y)에 있어서의 압하측 및 개방측의 제어 게인의 치우침을 취득한다. 이때, 조정 방법 2의 경우에는, 상술한 응답차 지수를 취득한다.

[0076] 그리고, 제어 게인 조정 장치(4)는, 차압 보상 게인 세트(X, Y) 및 압하측 및 개방측의 제어 게인의 치우침에

의거하여, 제어 계인의 치우침이 없어지는 차압 보상 계인 세트(x)를 구한다(S1504). S1504에 있어서, 제어 계인 조정 장치(4)는, 상술한 식 (1), (2)와 동일하게, 직선 근사를 행하여, 그 결과에 가장 가까운 차압 보상 계인 세트를, 도 6 하단에 나타내는 바와 같은 테이블로부터 취득한다.

[0077] 그리고, 제어 계인 조정 장치(4)는, S1504에 있어서 구한 차압 보상 계인 세트(x)를 이용하여, 다시 응답 측정을 행한다(S1505). S1505의 처리를 실행한 후, 제어 계인 조정 장치(4)는, 그 결과를 체크하여(S1506), 차압 보상 계인 세트(x)에 있어서의 압하측 및 개방측의 제어 계인의 치우침을 구하고, 그 결과가 허용범위로부터 벗어나 있으면(S1507/NO), 급변의 차압 보상 계인 세트(x)를 Y로 치환하여, 다시 차압 보상 계인 세트를 변경해서 측정을 실시한다(S1504, S1505). 한편, S1506의 체크의 결과, 허용범위 내이면(S1507/YES), 제어 계인 조정 장치(4)는 처리를 종료한다.

[0078] 본 실시예의 동작을, 도 1을 이용하여 설명한다. 압연기 상태 판별 장치(5)는, 압연기 제어 장치(3)로부터의, 압연 상태, 롤 재편성 상태, 조업 정지 상태의 정보를 기초로, 압연기의 상태를 판별한다. 조정 방법 선택 장치(6)는, 상기 압연기 상태 판별 장치(5)에 의한 판별 결과에 의거하여, 롤 재편성 상태이면 조정 방법 2, 조업 정지 상태이면 조정 방법 1을 선택한다.

[0079] 조정 방법 선택 장치(6)는, 압연기 상태 판별 장치(5)에 의한 판별 결과와, 그에 따라 선택해야 하는 조정 방법의 대응을 나타내는 테이블(이후, 조정 방법 선택 테이블이라고 한다)을 내부의 기억 매체에 기억하고 있어, 압연기 상태 판별 장치(5)에 의한 판별 결과에 대응하는 조정 방법을 상기 테이블에 의거하여 선택한다.

[0080] 제어 계인 조정 장치(4)는, 조정 방법 선택 장치(6)에 의해 선택된 조정 방법에 따른 응답 조정을 실시한다. 도 7에 나타내는 바와 같이, 조정 방법 선택 장치(6)로부터의 조정 방법 1, 2의 선택 정보에 의거하여, 측정법 설정 장치(404)가 신호 발생 장치(401)에 입력 신호를 발생시킴과 함께, 신호 해석 장치(402)에 대해, 입력 신호와 출력 신호를 받아들이는 타이밍 및 신호의 해석 방법을 설정한다.

[0081] 신호 해석 장치(402)에서는, 조정 방법 1, 2의 각각에 따라, FFT나 패턴 매칭 등의 신호 처리를 실시하여 제어 계인의 적합 여부를 판정하고, 제어 계인을 어떻게 변화시킬지를 제어 계인 변경 장치(403)에 출력한다. 제어 계인 변경 장치(403)는, 신호 해석 장치(402)로부터 입력되는 신호에 의거하여, 유압 압하 제어 장치의 제어 계인(G) 및 차압 보상 계인(G_{diff})을 변경한다. 이와 같은 처리에 의해, 압연기 상태에 따라, 최적의 조정 방법을 선택하여 유압 압하 제어 장치의 조정을 실시할 수 있어, 항상 최적의 상태에서 유압 압하 제어 장치를 사용하는 것이 가능해진다.

[0082] 여기에서, 유압 압하 제어 장치(2), 압연기 제어 장치(3), 제어 계인 조정 장치(4), 압연기 상태 판별 장치(5) 및 조정 방법 선택 장치(6)(이후, 대체로 제어 장치라고 한다)를 구성하는 하드웨어에 대하여, 도 16을 참조하여 설명한다. 도 16은, 본 실시형태에 관련된 제어 장치의 하드웨어 구성을 나타내는 블록도이다. 도 16에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태에 관련된 제어 장치는, 일반적인 서버나 PC(Personal Computer) 등의 정보 처리 단말과 동일한 구성을 가진다.

[0083] 즉, 본 실시형태에 관련된 제어 장치는, CPU(Central Processing Unit)(201), RAM(Random Access Memory)(202), ROM(Read Only Memory)(203), HDD(Hard Disk Drive)(204) 및 I/F(205)가 버스(208)를 통해 접속되어 있다. 또, I/F(205)에는 LCD(Liquid Crystal Display)(206) 및 조작부(207)가 접속되어 있다.

[0084] CPU(201)는 연산 수단이고, 제어 장치 전체의 동작을 제어한다. RAM(202)은, 정보의 고속의 읽고 쓰기가 가능한 휘발성의 기억 매체이고, CPU(201)가 정보를 처리할 때의 작업 영역으로서 이용된다. ROM(203)은, 읽기 전용의 불휘발성 기억 매체이고, 펌웨어 등의 프로그램이 저장되어 있다.

[0085] HDD(204)는, 정보의 읽고 쓰기가 가능한 불휘발성의 기억 매체이고, OS(Operating System)나 각종 제어 프로그램, 애플리케이션·프로그램 등이 저장되어 있다. I/F(205)는, 버스(208)와 각종 하드웨어나 네트워크 등을 접속하여 제어한다. LCD(206)는, 이용자가 제어 장치의 상태를 확인하기 위한 시각적 유저 인터페이스이다. 조작부(207)는, 키보드나 마우스 등 이용자가 제어 장치에 정보를 입력하기 위한 유저 인터페이스이다.

[0086] 이와 같은 하드웨어 구성에 있어서, ROM(203)이나 HDD(204) 또는 도시하지 않은 광학 디스크 등의 기록 매체에 저장된 프로그램이 RAM(202)에 읽혀져, CPU(201)의 제어를 따라 동작함으로써, 소프트웨어 제어부가 구성된다. 이와 같이 하여 구성된 소프트웨어 제어부와 하드웨어의 조합에 의해, 본 실시형태에 관련된 제어 장치의 기능이 실현된다.

[0087] 또한, 도 1에 나타내는 각 제어 장치는, 각각이 도 16에 나타내는 구성을 가지는 단체(單體)의 장치로서 구성되

어도 되고, 도 16에 나타내는 구성 1세트의 정보 처리 장치에 있어서, 도 1에 나타내는 각 제어 장치의 복수의 기능을 실현하는 것도 가능하다.

- [0088] 또한, 도 1에 있어서는, 유압 조정 장치(12)를 제어하는 장치를, 좁은 의미의 유압 압하 제어 장치(2)로서 설명하였으나, 유압 압하 제어 장치(2)가 유압 조정 장치(12)를 제어하기 위해서는, 상술한 바와 같이, 압연기 제어 장치(3), 제어 게인 조정 장치(4), 압연기 상태 판별 장치(5) 및 조정 방법 선택 장치(6)가 연동하여 기능하고 있다. 즉, 이러한 장치 전체로서, 넓은 의미의 유압 압하 제어 장치가 구성된다. 이 경우, 제어 게인 조정 장치(4)가 실측값 취득부, 제어 게인 조정부 및 동작 상태 판단 결과 취득부로서 기능한다. 또, 유압 압하 제어 장치(2)가 유압 제어부로서 기능한다.
- [0089] 이상 설명한 바와 같이, 본 실시형태에 관련된 유압 압하 제어 장치(2)의 제어 게인을 조정하는 제어 게인 조정 장치(4)에 의하면, 도 11에 나타내는 바와 같이, 소정의 주파수에서 유압 실린더(11)의 위치 지령값이 진동하는 조정용 신호를 출력하고, 조정용 신호에 대한 실측값에 의거하여 제어 게인을 조정한다. 그때, 실측값의 진폭에 있어서의 진동의 중심의 치우침에 의거하여 차압 보상 게인을 결정한다.
- [0090] 이와 같은 처리이면, 측정시의 편차에 의한 조정 오차가 적은, 고정밀도의 조정을 행하는 것이 가능하여, 유압 압하 제어 장치에 있어서, 유압 실린더의 제어 게인을 압하측과 개방측에서 조정하는 조정값을 고정밀도로 취득하는 것이 가능해진다.
- [0091] 또한, 도 1에 있어서, 유압 압하 제어 장치(2), 압연기 제어 장치(3), 제어 게인 조정 장치(4), 압연기 상태 판별 장치(5) 및 조정 방법 선택 장치(6)를, 각각의 블록의 장치로서 설명하고 있으나, 상술한 바와 같이, 이러한 장치가 연동하여 압연기를 제어한다. 즉, 이러한 장치가 연동하여 압연기의 제어 시스템이 구성된다.
- [0092] 또한, 상기 실시형태에 있어서는, 조정 방법 2의 조정을 실행할 때의 조건으로서, 롤 재편성 상태인 것을 예로서 설명하였다. 이 밖에도, 조정 방법 2의 조정을 실행해야 하는 조건을 생각할 수 있다. 예를 들면, 롤 시프트 위치 변경, 피압연재의 변경, 압연 조건의 변경, 압연기 스탠드(1)의 패스 라인 조정 등이다.
- [0093] 롤 시프트 위치 변경이란, 롤의 회전축 방향으로 물을 어긋나게 하는 경우 등이다. 이 경우, 작업물(104)에 가해지는 하중이 변하기 때문에, 제어 게인에 대한 제어 응답도 변하게 된다. 롤 시프트 위치 변경할 때에는, 압연 동작은 정지하고 있기 때문에, 롤 시프트 위치 변경을 행한 경우에는, 조정 방법 2의 조정을 행하는 경우로서 적합하다.
- [0094] 피압연재의 변경이란, 작업물(104)에 의해 압연되는 재료를 변경하는 경우이다. 이 경우도, 재료가 변경됨으로써, 작업물(104)에 가해지는 하중이 변하는 것을 생각할 수 있다. 또, 피압연재를 변경할 때에는, 압연 동작은 정지하고 있기 때문에, 피압연재를 변경한 경우도, 조정 방법 2의 조정을 행하는 경우로서 적합하다.
- [0095] 압연 조건의 변경이란, 피압연재를 압연하는 두께 등, 주로 작업물(104)에 가해지는 하중이 변화하는 조건의 변경을 행하는 경우이다. 이 경우도, 피압연재의 판두께 정밀도나 표면 품질을 유지하기 위해 압연 동작을 정지하기 때문에, 압연 조건을 변경한 경우에도, 조정 방법 2의 조정을 행하는 경우로서 적합하다.
- [0096] 압연기 스탠드(1)의 패스 라인 조정이란, 작업물(104)이 피압연재를 압연하는 위치를, 왼쪽 릴(101) 및 오른쪽 릴(102)의 위치에 맞추기 위해, 압연기 스탠드(1)가 작업물(104)을 지지하는 위치를 조정하는 경우이다. 이 경우도, 작업물(104)에 가해지는 하중이 변하는 것을 생각할 수 있다. 또, 압연기 스탠드(1)의 조정은, 압연 동작을 정지하여 행하기 때문에, 압연기 스탠드(1)를 조정할 경우도 조정 방법 2의 조정을 행하는 경우로서 적합하다.
- [0097] 이와 같이, 조정 방법 2에 의한 조정은, 압연기의 조업을 완전하게 정지하는 것은 아니나, 압연 동작을 한번 정지한 다음에, 압연 동작의 실행 조건을 변경하고, 다시 압연을 재개하는 경우에 특히 적합하다. 즉, 조정 방법 선택 장치(6)는, 압연기 상태 판별 장치(5)에 의해 판단된 압연기의 상태가, 압연 동작의 실행 조건을 변경하기 위해, 압연 동작이 일시적으로 정지된 상태인 경우에, 조정 방법 2에 의한 조정 방법을 선택하는 것이 바람직하다.
- [0098] 또한, 이와 같이 조정 방법 2의 조정을 실행하는 경우의 조건을 확장하는 경우, 조정 방법 선택 장치(6)가 기억하고 있는 조정 방법 선택 테이블에, 롤 시프트 위치 변경, 피압연재의 변경, 압연 조건의 변경, 압연기 스탠드(1)의 패스 라인 조정 등의 상태와 조정 방법 2의 대응관계를 기억시키고, 압연기 상태 판별 장치(5)가, 롤 시프트 위치 변경, 피압연재의 변경, 압연 조건의 변경, 압연기 스탠드(1)의 패스 라인 조정 등의 상태를 판별함으로써 가능하다.

[0099] 또한, 상기 실시형태에 있어서는, 도 15에 나타내는 바와 같이, 측정 과형을 입력하여 차압 보상 게인 세트를 조정하는 방법에 대하여 서술하였으나, 측정 과형을 입력하여 결과를 체크하고, 응답 측정 결과가 허용 범위가 면 조정을 실시하지 않고 처리를 종료하고, 허용 범위를 넘은 경우에는 조정을 실시하도록 하는 것도 가능하다. 이와 같은 처리에 의해, 불필요한 처리를 생략하여, 조정 동작을 보다 신속하게 종료할 수 있다.

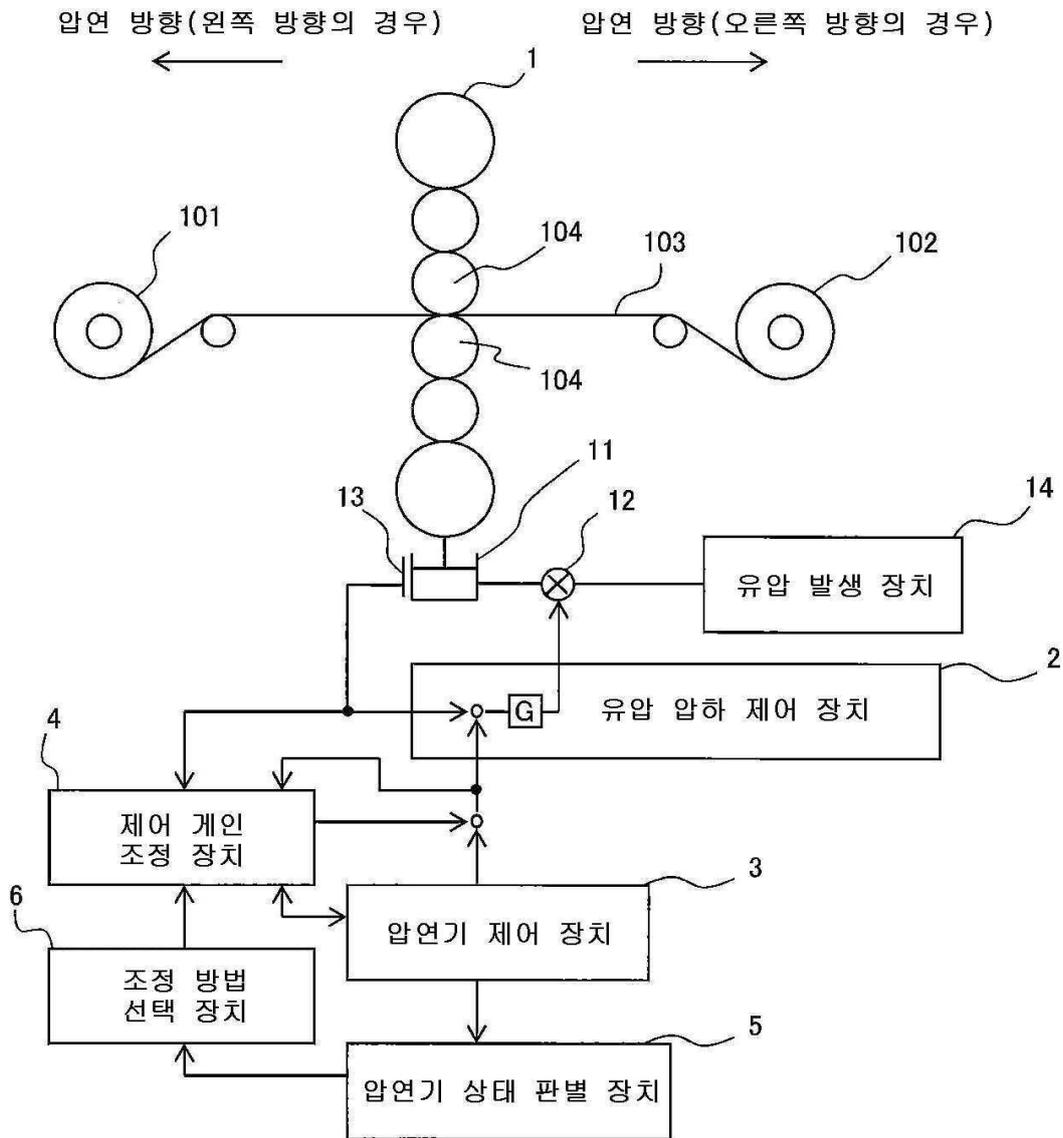
부호의 설명

- [0100]
- 1 : 압연기 스탠드
 - 2 : 유압 압하 제어 장치
 - 3 : 압연기 제어 장치
 - 4 : 제어 게인 조정 장치
 - 5 : 압연기 상태 판별 장치
 - 6 : 조정 방법 선택 장치
 - 21 : 차압 보상 게인 설정 장치
 - 11 : 유압 실린더
 - 12 : 유압 조정 장치
 - 13 : 위치 검출기
 - 14 : 유압 발생 장치
 - 101 : 왼쪽 릴
 - 102 : 오른쪽 릴
 - 103 : 피압연재
 - 104 : 작업롤
 - 110 : 조작반
 - 111 : 입측 환두계계
 - 112 : 출측 환두계계
 - 113 : 릴 속도 제어 장치
 - 114 : 왼쪽 릴 제어 장치
 - 115 : 오른쪽 릴 제어 장치
 - 116 : FF AGC
 - 117 : FB AGC
 - 118 : 압연기 제어부
 - 150 : 조업 모드 선택 SW
 - 201 : CPU
 - 202 : RAM
 - 203 : ROM
 - 204 : HDD
 - 205 : I/F
 - 206 : LCD

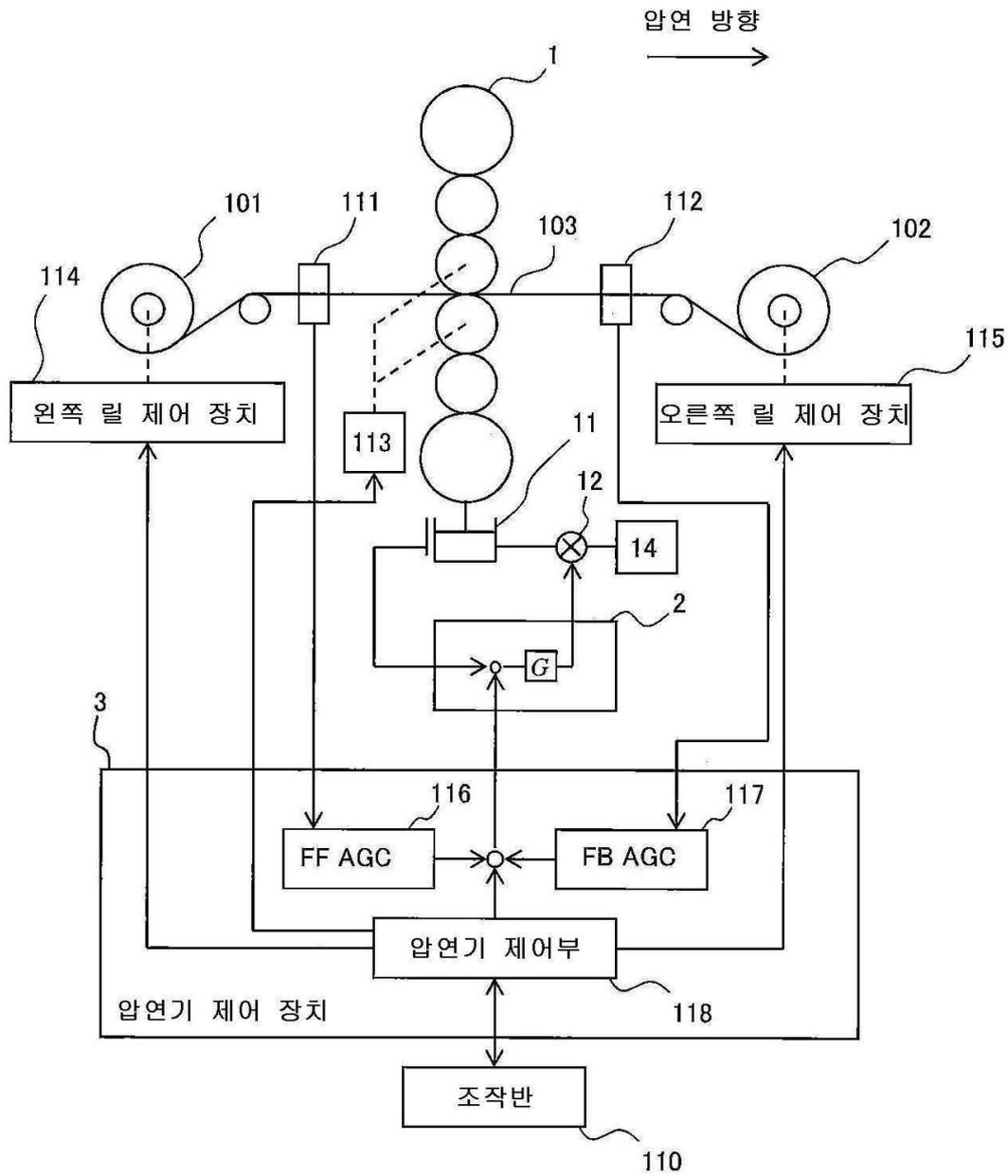
- 207 : 조작부
- 208 : 버스
- 401 : 신호 발생 장치
- 402 : 신호 해석 장치
- 403 : 제어 게인 변경 장치
- 404 : 측정 방법 설정 장치

도면

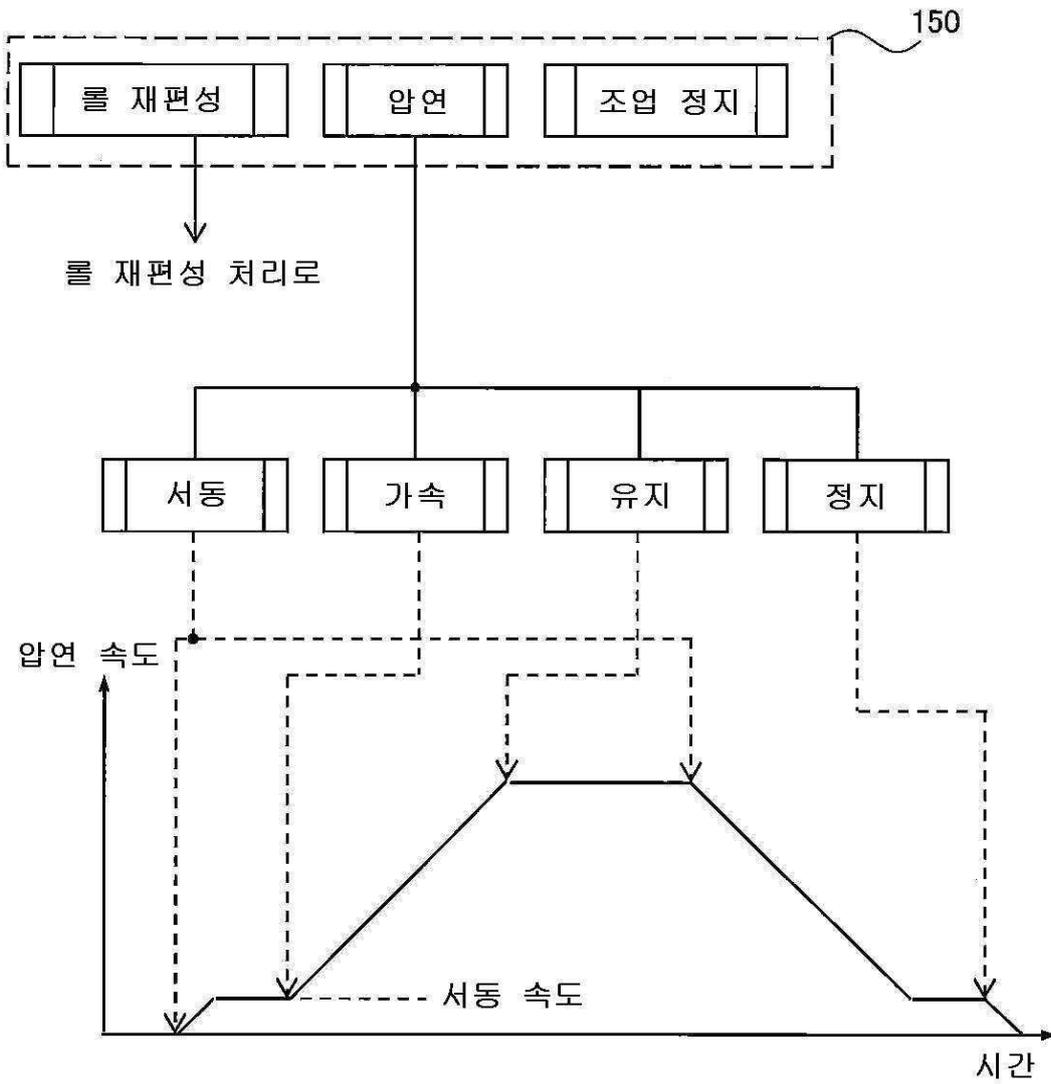
도면1



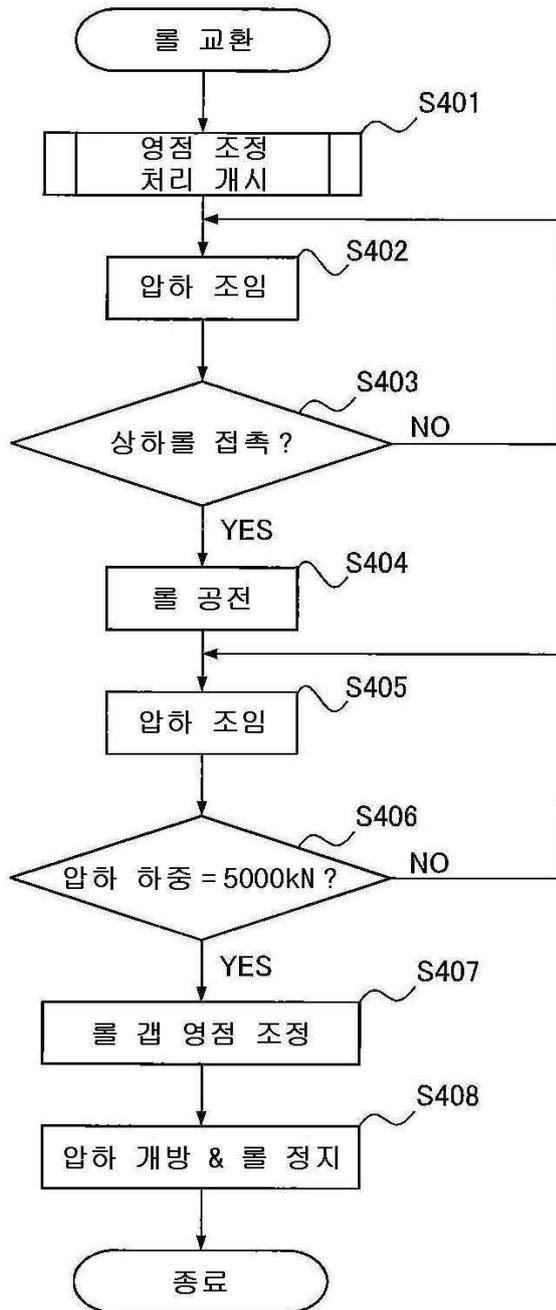
도면2



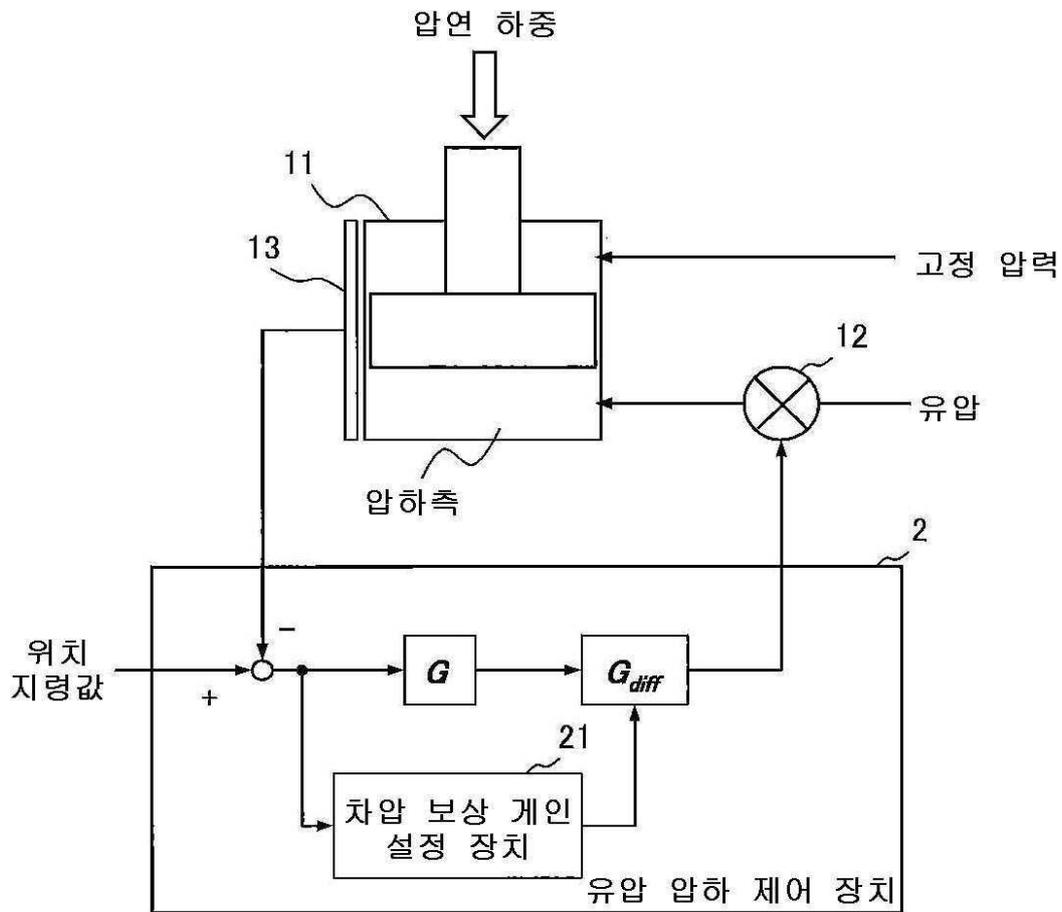
도면3



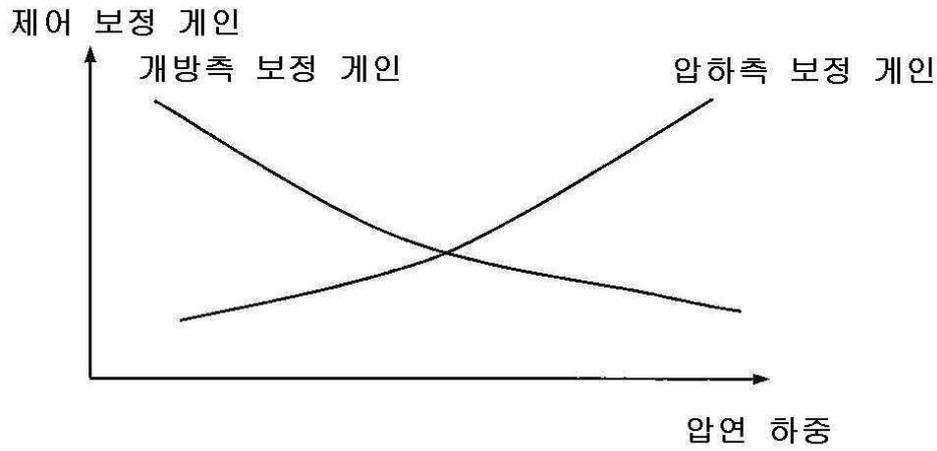
도면4



도면5

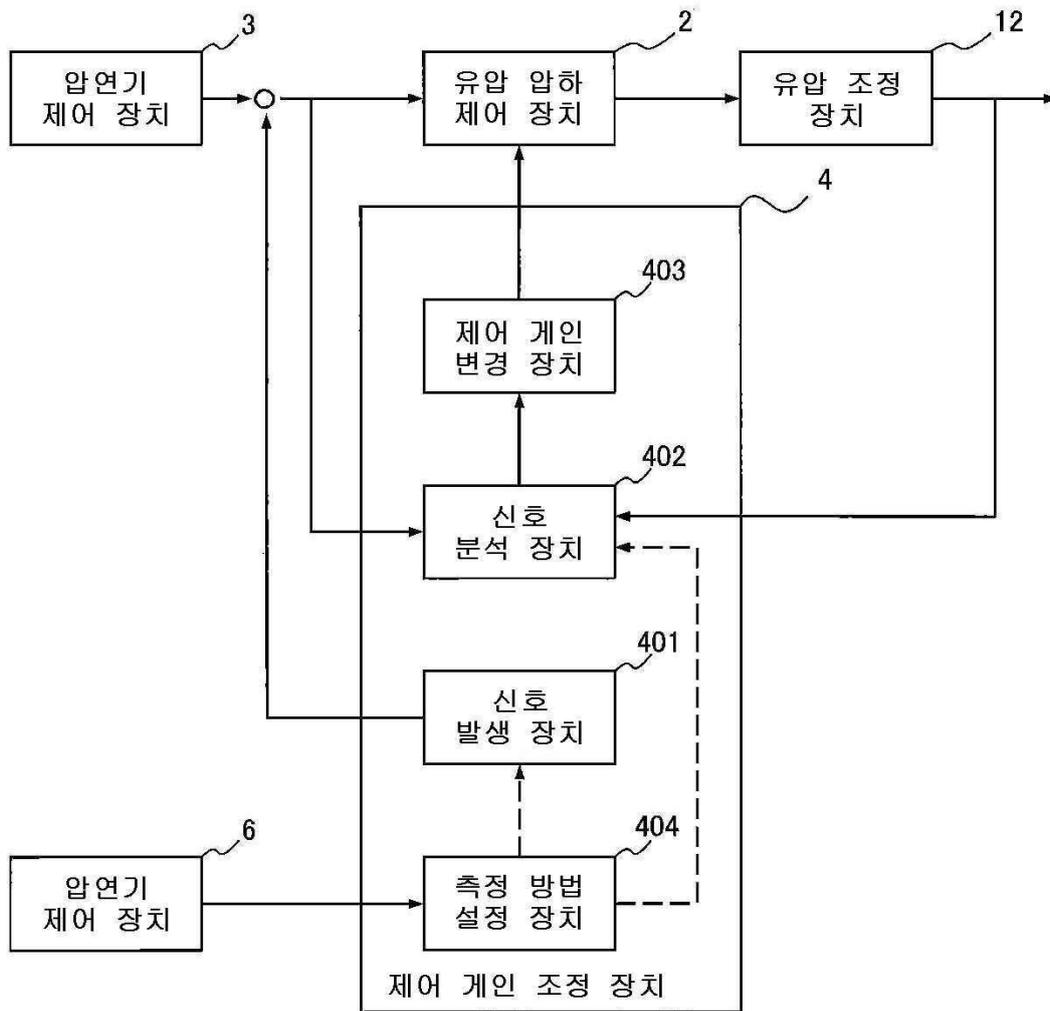


도면6



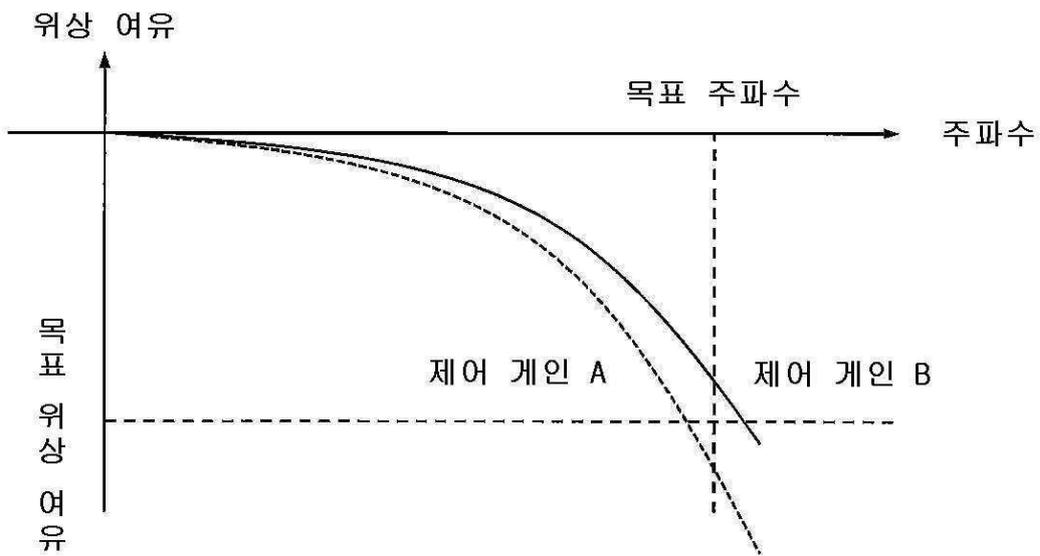
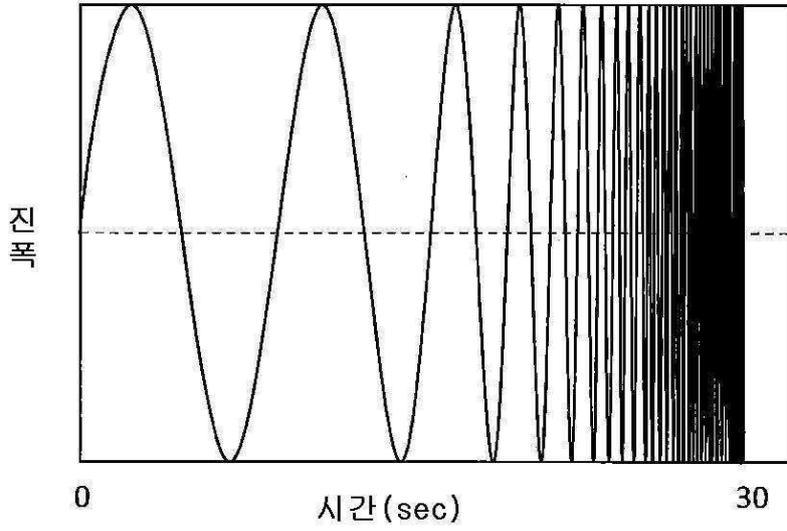
압연 하중	개방측 보정 계인	압하측 보정 계인
...
N ₁	0.70	1.43
N ₂	0.71	1.41
N ₃	0.72	1.39
N ₄	0.73	1.37
...

도면7

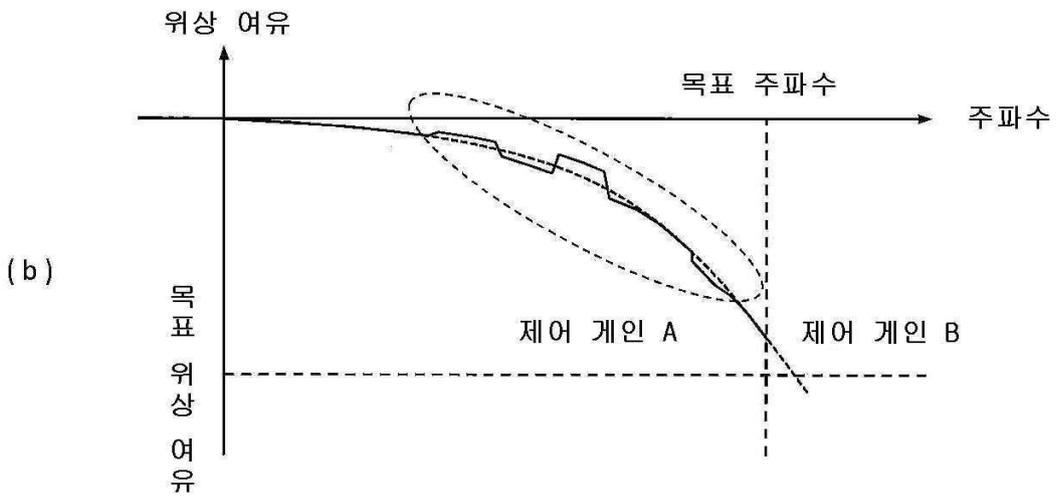
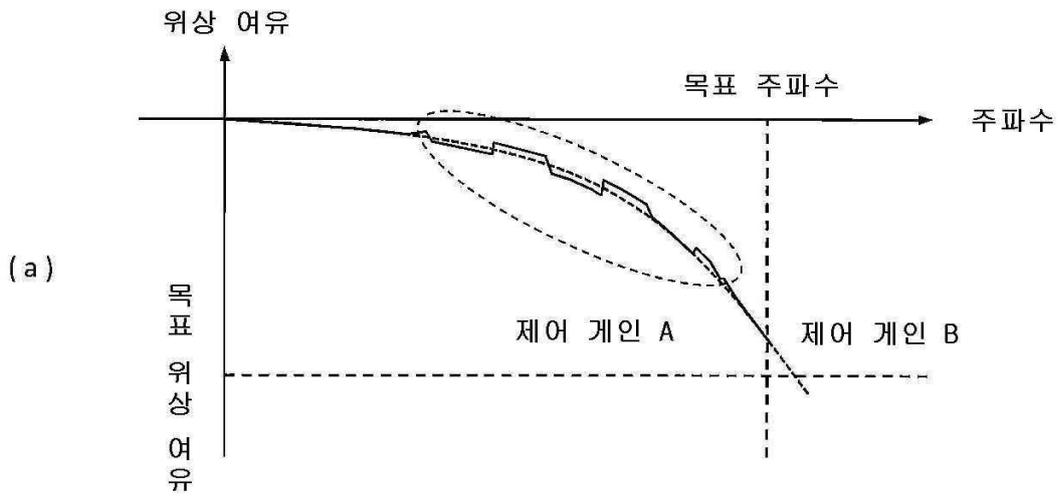


도면8

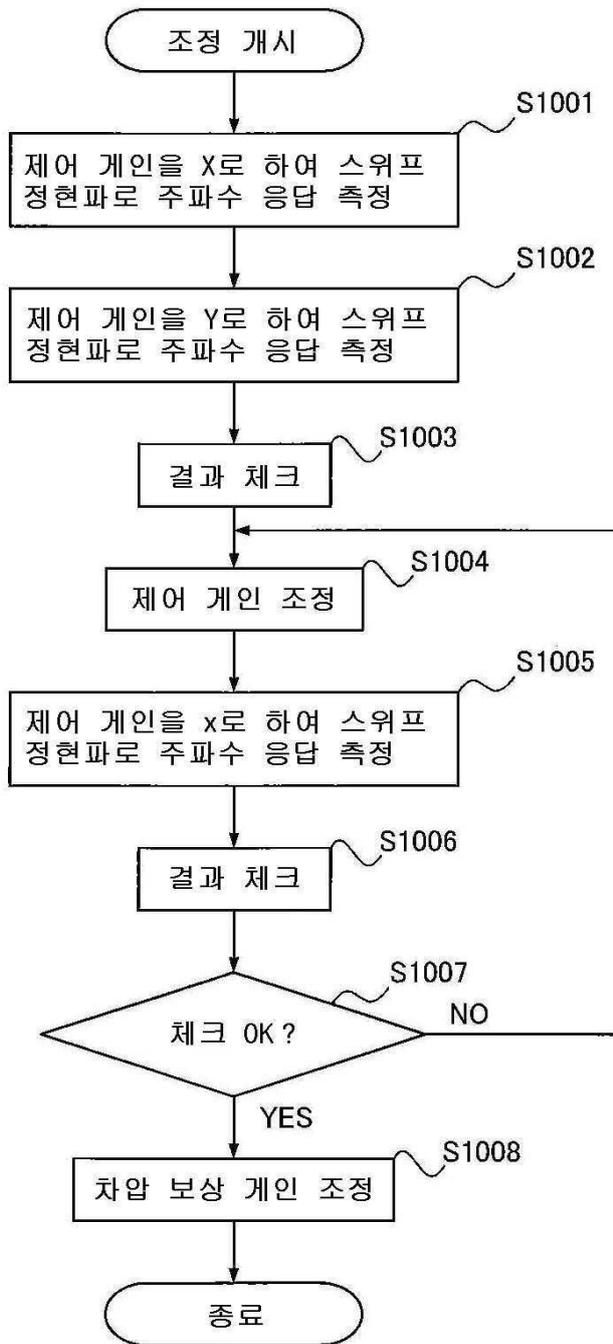
주파수 응답 측정시의 입력 파형



도면9

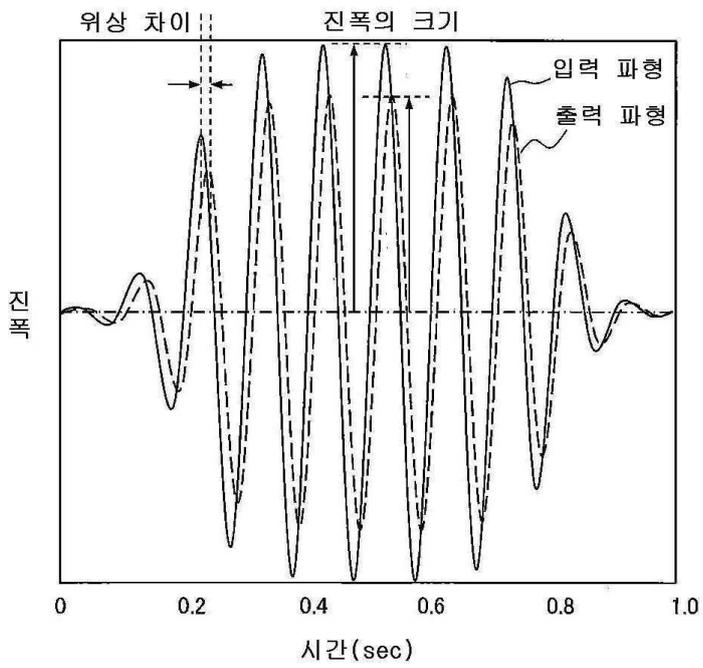
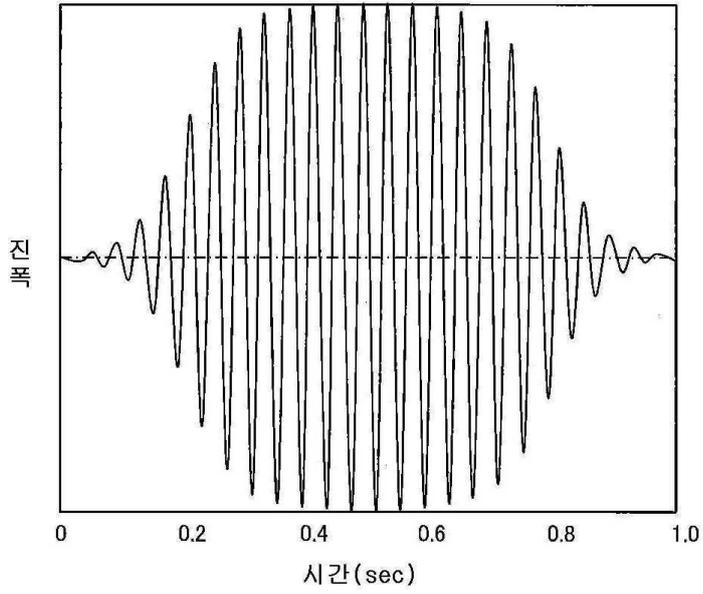


도면10

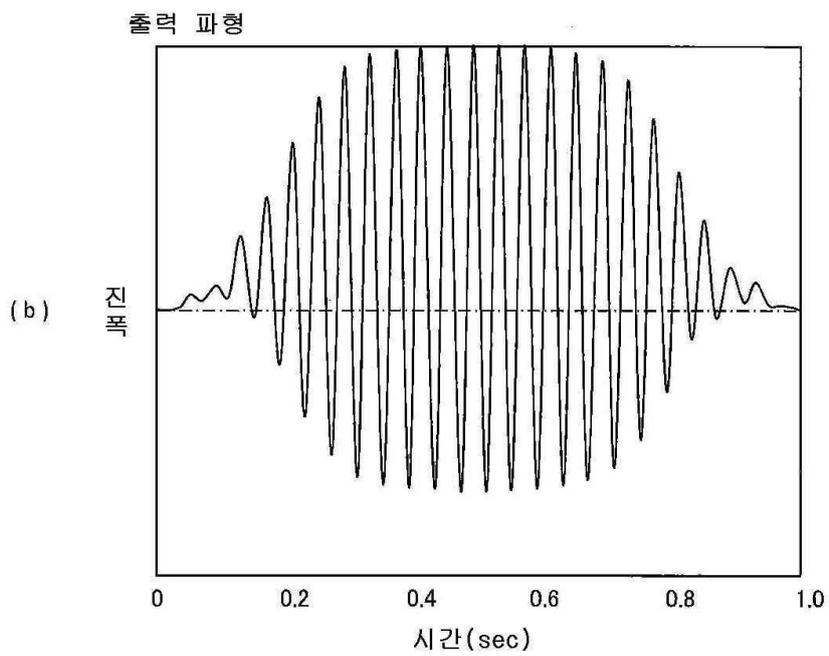
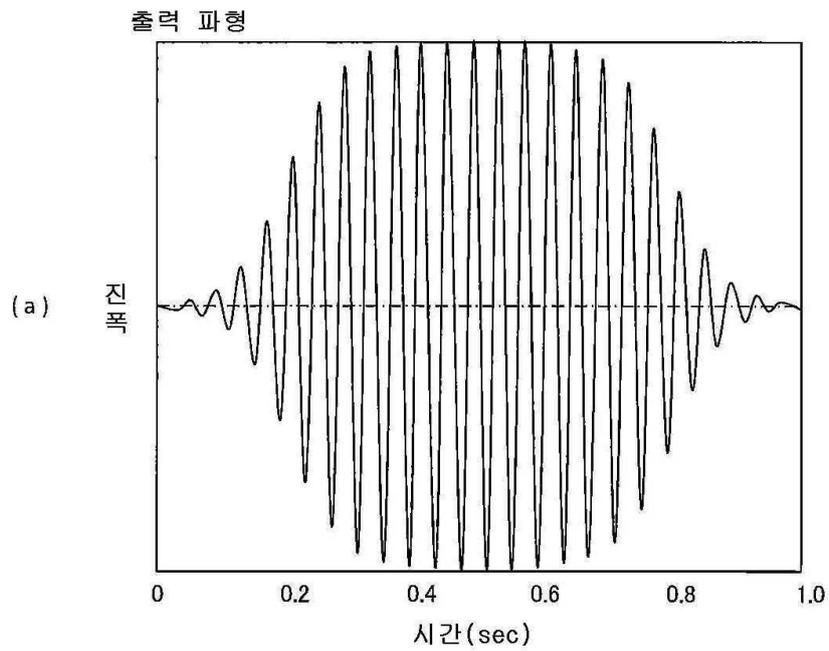


도면11

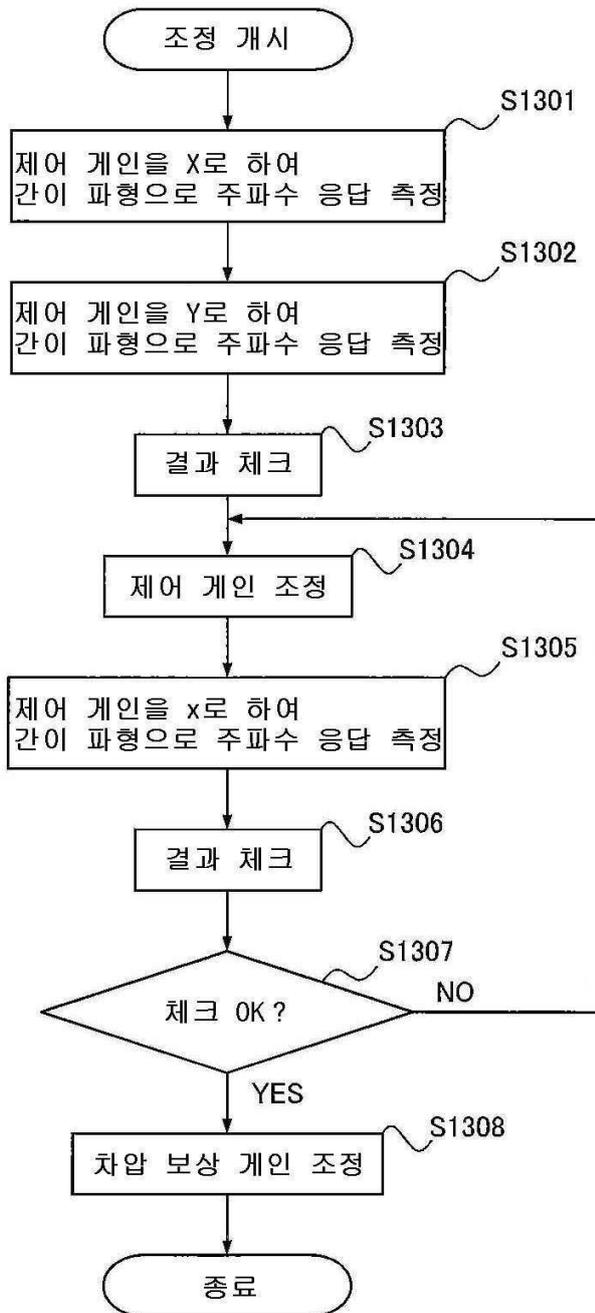
입력 파형(주파수 25Hz의 경우)



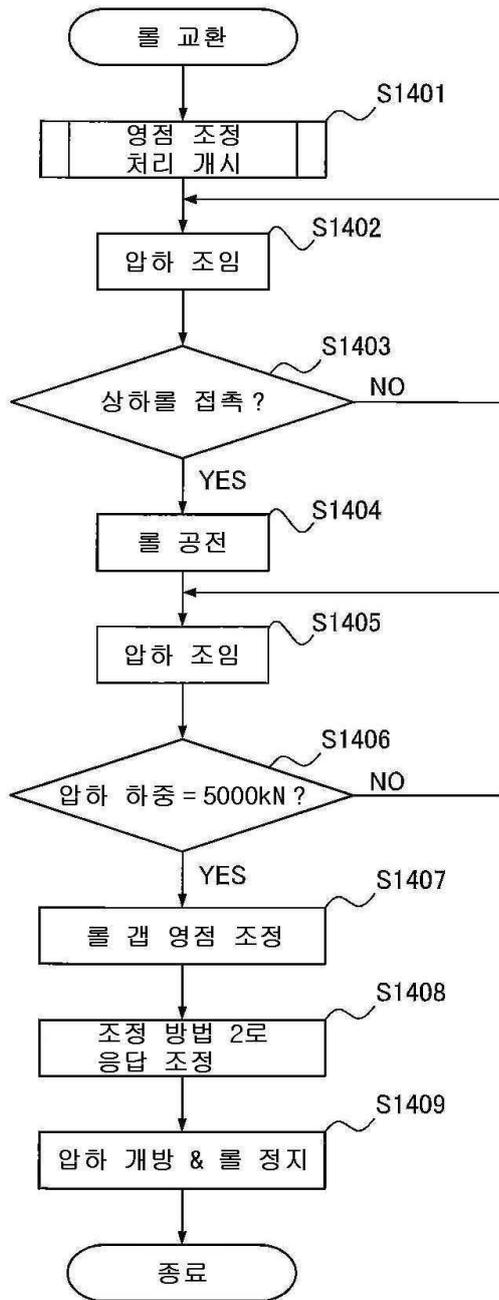
도면12



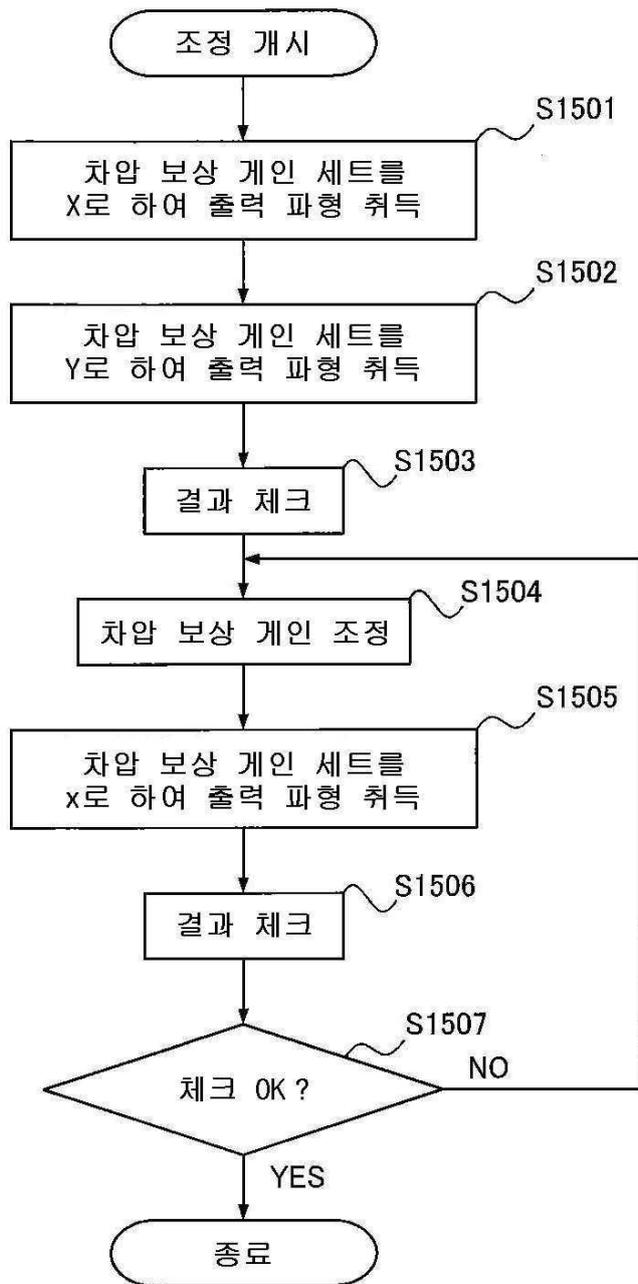
도면13



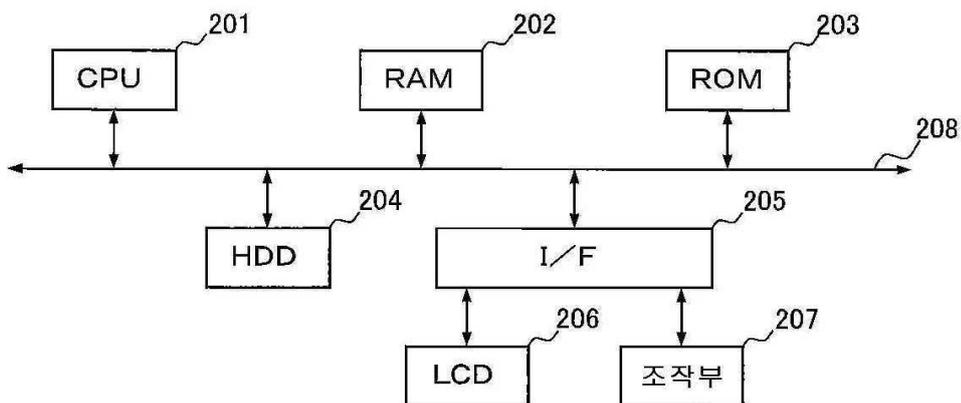
도면14



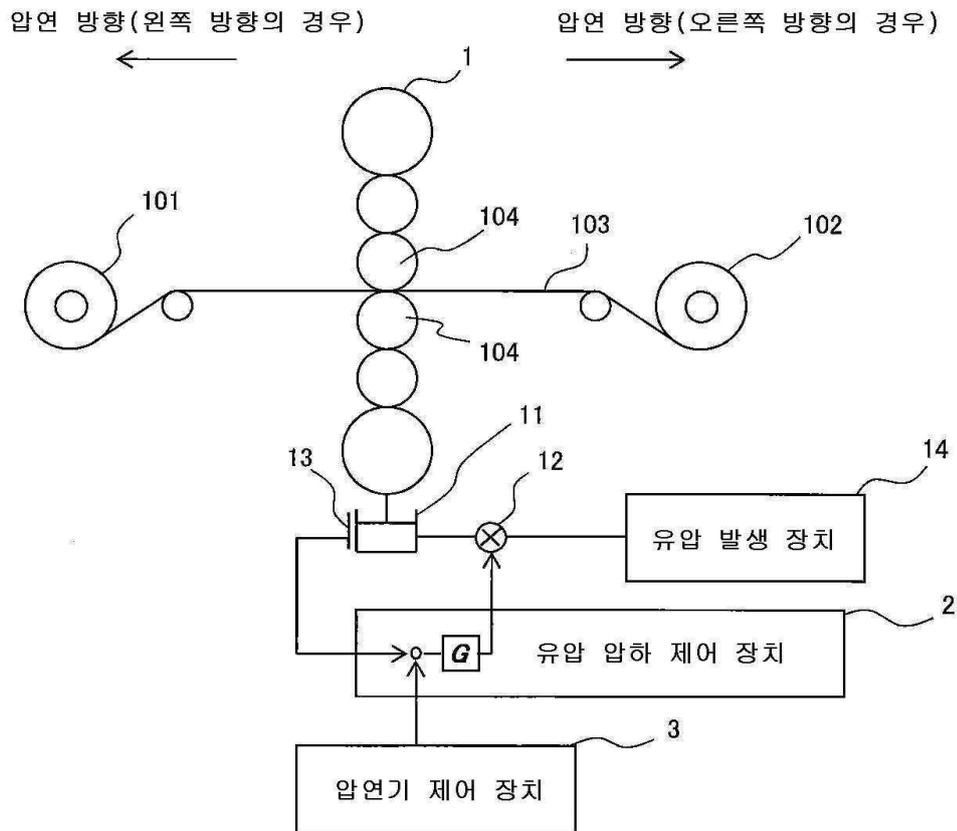
도면15



도면16



도면17



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 7, 8항

【변경전】

상기 유압 제어부

【변경후】

유압 제어부