



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년05월27일  
(11) 등록번호 10-0832967  
(24) 등록일자 2008년05월21일

(51) Int. Cl.  
B21B 37/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2001-0074747  
(22) 출원일자 2001년11월28일  
심사청구일자 2006년11월03일  
(65) 공개번호 10-2003-0043507  
(43) 공개일자 2003년06월02일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP11047814 A  
KR1019990052677 A  
KR1020000039754 A  
KR2020000012942 U

(73) 특허권자  
주식회사 포스코  
경북 포항시 남구 괴동동 1번지  
(72) 발명자  
김영현  
경상북도포항시남구동촌동5번지포항제철소내  
장대섭  
경상북도포항시남구동촌동5번지포항제철소내  
윤한근  
경상북도포항시남구동촌동5번지포항제철소내  
(74) 대리인  
전준향, 특허법인 씨엔에스·로고스

전체 청구항 수 : 총 2 항

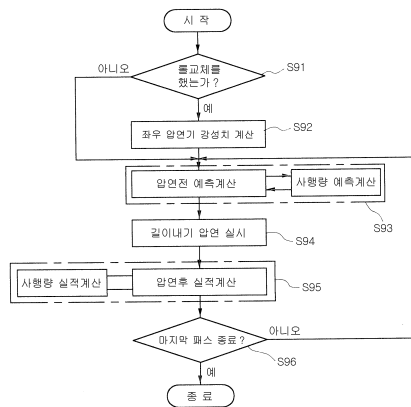
심사관 : 황상동

(54) 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법

(57) 요약

본 발명은 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법에 관한 것으로, 본 발명은 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법에 있어서, 압연롤을 교체한 경우, 압연소재 없이 압연롤을 접촉시키고, 압연롤 하부 실린더에 유압을 가한 후 압연하중(F) 및 유압실린더 위치(SO)를 측정하고, 이를 이용하여 압연기 강성계수(M=F/SO)를 계산하는 제1단계; 각 패스 압연 이전에, 상기 계산한 강성계수(M)를 비롯하여, 초기 사행량(YSO), 좌우 압연하중(P), 롤길이(Lw), 평균입측판 두께(H) 및 평균압하율( $\tau$ )을 이용하여 사행량(YS)을 예측 계산하는 제2단계; 상기 예측한 사행량을 적용하여 압연을 실시하는 제3단계; 각 패스별로 압연완료후, 상기 계산한 압연기 좌우 강성차, 실적 좌우 압연하중 편차 및 실적 좌우 롤갭차를 이용하여 좌우 출측두께편차, 길이방향 좌우 출측 두께편차 및 실적 사행량을 계산하는 제4단계; 마지막 패스인지를 판단하여 마지막 패스가 아니면 상기 제2 단계로 진행하고, 마지막 패스일 경우에는 종료하는 제5단계를 구비함을 요지로 한다.

대표도 - 도9



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법에 있어서,

압연롤을 교체한 경우, 압연소재 없이 압연롤을 접촉시키고, 압연롤 하부 실린더에 유압을 가한 후 압연하중(F) 및 유압실린더 위치(S0)를 측정하고, 이를 이용하여 압연기 강성계수(M=F/S0) 및 압연기 좌우 강성차를 계산하는 제1단계;

각 패스 압연 이전에, 상기 계산한 강성계수(M)를 비롯하여, 초기 사행량(Ys0), 좌우 압연하중(P), 롤길이(Lw), 평균입측판 두께(H) 및 평균압하율(τ)을 이용하여 사행량(Ys)을 예측 계산하는 제2단계;

상기 예측한 사행량을 적용하여 압연을 실시하는 제3단계;

각 패스별로 압연완료후, 실적 좌우 압연하중 편차, 실적 좌우 롤갭차 및 상기 계산한 압연기 좌우 강성차를 이용하여 좌우 출측두께편차, 길이방향 좌우 출측 두께편차 및 실적 사행량을 계산하는 제4단계;

마지막 패스인지를 판단하여 마지막 패스가 아니면 상기 제2 단계로 진행하고, 마지막 패스일 경우에는 종료하는 제5단계를 구비함을 특징으로 하는 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 제2단계는

좌우 압하율차(Δτ)와 사행(Camber)곡률(ρ)의 관계식, 좌우 압하율차(Δτ)와 사행량(ys)의 관계식 및 좌우 압하율차(Δτ) 식으로부터 사행량을

$$s \text{ 行 量 } (y_s) = \frac{1}{2} (\text{초기 사행량}(y_{s0}) + \text{보정 계수}(f(z)))(e^{rx} + e^{-rx})$$

"으로 산출하는데,

$$r = \left( \frac{P}{(Lw^2 \cdot M \cdot H)^{0.5}} \cdot \frac{(3+2\tau)(1-\tau)}{(1+\tau/4)} \right)^{0.5}$$

여기서, 이고, M은 강성계수, Ys0는 초기 사행량, P는 좌우 압연하중, Lw는 롤길이, H는 평균입측판, τ는 평균압하율, 그리고, f(z)는 보정계수인 것을 특징으로 하는 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

<25> 본 발명은 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법에 관한 것으로, 특히 길이내기 시킨스의 압연초기 패스부터 마지막 압연완료 패스까지 각 패스별로 발생가능한 사행량을 예측하여, 사행이 발생하기 이전에 사행량을 방지하도록 제어하고, 각 패스 완료시에는 압연 실적치를 수집하여 예측 사행량을 보정하도록 함으로서, 사행이 없는 안정적인 압연을 실시하여 강판을 제조할 수 있으며, 이에 따라 실수율을 향상시킬 수 있는 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법에 관한 것이다.

<26> 일반적으로, 도 1은 일반 후강판 공장 압연라인의 개략도로서, 도 1을 참조하면, 일반 후강판 공장 압연라인은 가열로, 압연기, 열간교정기 및 냉각대로 이루어져 있다.

<27> 이러한 후강판 공장 압연라인에서, 압연시 발생하는 사행현상 제어하는 방법은 단순히 압연중 발생하는 사행량을 측정하여 측정된 사행량을 제어하기 위해, 다음 패스에서 좌우 압연기의 롤갭에 차이를 주어 압연함으

로서 발생된 사행량을 제어하는 방법이었다.

<28> 도 2는 사행량 측정장치이며, 도 3은 측정된 사행량으로 사행을 제어하는 시스템 구성도이고, 도 4는 사행제어의 블록도이다.

<29> 도 2에서 측정된 사행량을 근거로 하고, 도 3에서 측정된 좌우 압연하중 편차, 좌우 롤갯편차, 그리고 압연기 좌우 강성차를 이용하여, 도 3의 프로세스 컴퓨터에서 사행량을 최소로 만들수 있는 좌우 롤갯차를 계산하여 다음 패스 압연시에 적용하는 제어방법이었다. 도 4에 도시한 바와 같이, 후관의 길이방향 목표량과 실측량과의 오차를 이용하여 롤갯제어장치에서 피드백제어한다.

<30> 도 5는 기존 사행 제어의 결과도이고, 도 6은 기존 사행제어시 발생하는 좌우측 두께차 예시도이며, 도 7은 압연기 좌우 강성을 구하기 위한 하중검출장치, 롤의 배치, 유압장치의 배치도이다. 그리고, 도 8은 압연기 강성의 계산예이다.

<31> 그런데, 상기와 같은 종래의 방법들은 각각 다음과 같은 문제점들이 있었다.

<32> 첫째, 도 5의 적용 결과를 보더라도 이미 발생된 사행량을 사행 측정장치를 이용하여 측정한 후, 측정된 사행량을 감소시키기 위해 다음 패스에서 사행제어를 실시하기 때문에 최종 압연소재의 사행량은 사행 발생전의 수준까지 완전히 감소시킬수 없는 문제점이 있었다.

<33> 둘째, 압연소재가 제2도의 사행 측정장치의 No.3 계측기까지 도달해야 사행량이 측정되므로, 압연소재의 길이가 짧은 경우는 사행량을 측정하기 못해 사행제어를 실시할 수 없었다.

<34> 셋째, 측정된 사행량이 클 경우, 이에 비례하여 좌우 롤갯차를 크게 설정하여 압연함으로써 압연후 압연소재의 좌우 두께차가 커져, 도 6에서와 같이 최종 소재의 두께부족을 유발할 수 있는 문제점이 있었다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

<35> 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로, 따라서, 본 발명의 목적은 길이내기 시컨스의 압연초기 패스부터 마지막 압연완료 패스까지 각 패스별로 발생가능한 사행량을 예측하여, 사행이 발생하기 이전에 사행량을 방지하도록 제어하고, 각 패스 완료시에는 압연 실적치를 수집하여 예측 사행량을 보정하도록 함으로서, 사행이 없는 안정적인 압연을 실시하여 강관을 제조할 수 있으며, 이에 따라 실수율을 향상시킬 수 있는 후강관 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법을 제공하는데 있다.

**발명의 구성 및 작용**

<36> 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 기술적인 수단으로써, 본 발명의 방법은 후강관 압연시의 사행 현상 예측 및 방지방법에 있어서, 압연롤을 교체한 경우, 압연소재 없이 압연롤을 접촉시키고, 압연롤 하부 실린더에 유압을 가한 후 압연하중(F) 및 유압실린더 위치(S0)를 측정하고, 이를 이용하여 압연기 강성계수(M=F/S0)을 계산하는 제1단계; 각 패스 압연 이전에, 상기 계산한 강성계수(M)를 비롯하여, 초기 사행량(YS0), 좌우 압연하중(P), 롤길이(Lw), 평균입측관 두께(H) 및 평균압하율( $\tau$ )을 이용하여 사행량(YS)을 예측 계산하는 제2단계; 상기 예측한 사행량을 적용하여 압연을 실시하는 제3단계; 각 패스별로 압연완료후, 상기 계산한 압연기 좌우 강성차, 실적 좌우 압연하중 편차 및 실적 좌우 롤갯차를 이용하여 좌우 출측두께편차, 길이방향 좌우 출측 두께편차 및 실적 사행량을 계산하는 제4단계; 마지막 패스인지를 판단하여 마지막 패스가 아니면 상기 제 2 단계로 진행하고, 마지막 패스일 경우에는 종료하는 제5단계를 구비함을 특징으로 한다.

<37> 이하, 본 발명에 따른 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법에 대하여 첨부도면을 참조하여 그 구성 및 작용을 상세하게 설명한다.

<38> 본 발명은 길이내기 시킨스의 압연초기 패스부터 마지막 압연완료 패스까지 각 패스별로 발생가능한 사행량을 예측하여, 사행이 발생하기 이전에 사행량을 방지하도록 제어하고, 각 패스 완료시에는 압연 실적치를 수집하여 예측 사행량을 보정하도록 함으로서, 사행이 없는 안정적인 압연을 실시하여 강판을 제조할 수 있으며, 이에 따라 실수율을 향상시킬 수 있는 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법에 관한 것으로, 이러한 과정에 대한 전체적인 플로우차트는 도 9에 도시되어 있으며, 도 9를 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

<39> 도 9를 참조하면, 본 발명에 따른 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법은 강성치를 구하는 제1단계(S91S92,), 사행량을 예측하는 제2단계(S93), 압연을 실시하는 제3단계(S94), 사행량 실적을 계산하는 제4단계(S95) 및 반복 또는 종료 여부를 판단하여 종료되기 전에 상기한 제2단계에서 제4단계를 반복적으로 수행하는 제5단계(S96)로 이루어져 있는데, 이러한 각 단계는 검출된 두께차, 하중차 및 실린더 위치차를 입력받아 압연을 제어하는 제어부에서 이루어지며, 이에 대해서 설명하면 다음과 같다.

<40> 먼저, 제1단계(S91,S92)에서는 압연롤을 교체한 경우, 압연소재 없이 압연롤을 접촉시키고, 압연롤 하부 실린더에 유압을 가한 후 압연하중(F) 및 유압실린더 위치(S0)를 측정하고, 이를 이용하여 압연기 강성계수(M=F/S0)를 계산한다.

<41> 이에 대해, 도 10을 참조하여 상세히 설명하면, 압연롤 교체직후, 압연기 좌우 강성차를 계산하는데, 이 강성치는 하기 제2단계 및 제4단계에서 사용된다. 압연롤 교체직후, 도 7에서와 같이 압연롤을 서로 접촉시킨(키스 롤 이라 함) 후(S101), 압연기 하부 유압 실린더에 유압을 가한다(S102). 이때 측정된 좌우 압연 하중차, 좌우 유압 실린더 위치차를 이용하여 압연기 좌우 강성차를 하기 수학식 1을 이용하여 계산한다(S103). 만약 압연롤 교체가 없을 경우에는 이전의 좌우 강성을 적용한다(S104).

**수학식 1**

<42> 
$$SO = h1 - \frac{F}{M} + a$$

<43> 여기서, S0는 유압 실린더 위치(mm), h1는 출측두께(mm), F는 압연하중(Ton), M은 압연기의 강성계수(Ton/mm), a는 압연소재의 소성 계수(Ton/mm)이다.

<44> 상기의 수학식 1에서, 압연롤 교체직후의 압연소재 없이 압연롤을 서로 접촉시킨 경우에는 압연소재 출측두께(h1)와 압연소재 소성계수(a)는 모두 "0"이 되므로, 압연기 강성계수(M)는 하기 수학식 2에 의해 얻을 수 있다.

**수학식 2**

<45> 
$$M = \text{압연하중} / \text{유압실린더 위치} = F / SO$$

<46> 상기한 바와 같은 좌우 압연기 강성을 계산할 때, 도 8에 도시된 바와 같이 압연하중과 유압 실린더 위치가 곡선인 구간은 제외하고, 직선구간만 선택하여 최소자승법으로 기울기를 각각 구하고, 이 기울기가 압연기 강성이 된다.

<47> 참고로, 도 13은 압연기 전,후면과 좌,우측을 구별하기 위한 설명도로서, 도 13을 참조하면, 압연기 전,후면은 도 13에 도시한 바와 같이, 13a가 전단, 13b가 후단, 13c가 좌측, 13d가 우측이다.

<48> 그 다음, 제2단계(S93)에서는 각 패스 압연 이전에, 상기 계산한 강성계수(M)를 비롯하여, 초기 사행량(Y<sub>S0</sub>), 좌우 압연하중(P), 롤길이(L<sub>w</sub>), 평균입측판 두께(H) 및 평균압하율(τ)을 이용하여 사행량(Y<sub>S</sub>)을 예측 계산한다.

<49> 이에 대해서 도 11을 참조하여 상세히 설명하면, 상기 수학식 2에서 계산된 압연기 좌우 강성차와 상기 계산된 예측 압연하중 및 입측 두께를 바탕으로 도 11에 도시한 바와 같이, 먼저, 길이내기 시킨스에서 첫 번째 패스인지를 판단하는데(S111,S112), 이후 첫 번째 패스인 경우에는 길이방향 실적 압연 하중차에 의한 좌우 출측 두께편차 예측계산, 이에 따른 예측 사행량을 예측 계산하여 각 패스별로 설정되어야 할 좌우 롤갭차, 좌우 길이방향 롤갭차를 각각 예측 계산하며(S115-S118), 반면에, 첫 번째 패스가 아인 경우에는 좌우 압연하중 편차 및 길이방향 출측 두께 편차에 대한 예측 계산을 선행한 후(S113,S114) 상기 예측 계산을 수행한다(S115-S118).

<50> 한편, 주요 사행량 발생인자로는 좌우 압하율 차 및 압연하중 차이이며, 사행량과 이들 발생인자와의 관계식으로서, 좌우 압하율차(Δτ)와 사행(Camber)곡률(ρ)의 관계식은 하기 수학식 3, 좌우 압하율차(Δτ)와 사행량(y<sub>s</sub>)의 관계식(선진율을 압하율의 1/4라고 가정)은 하기 수학식 4, 그리고, 좌우 압하율차(Δτ) 식은 하기 수학식 5와 같다.

**수학식 3**

<51> 
$$\text{곡률}(\rho) = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\Delta \tau}{B \cdot (1 - \tau)}$$

**수학식 4**

<52> 
$$\frac{d^2y_s}{dt^2} = V1 \cdot \frac{VR}{B} \left( \frac{3}{4} + \frac{\tau}{2} \right) \cdot \Delta \tau$$

**수학식 5**

<53> 
$$\Delta \tau = \frac{4P \cdot B}{(Lw)^2 \cdot M \cdot H} \cdot (y_s + f(z))$$

<54> 여기서, B는 판폭, τ는 평균압하율, V1는 입측소재속도, VR은 롤주속, t는 시간, P는 압연하중, Lw는 롤길이, M은 압연기 강성계수, H는 평균입측판두께, f(z)는 보정계수이다.

<55> 상기한 수학식 3, 4 및 5로부터 사행량(y<sub>s</sub>)은 하기 수학식 6과 같이 구할 수 있다.

수학식 6

$$\text{사행량}(y_s) = \frac{1}{2} (\text{초기사행량}(y_{s0}) + \text{보정계수}(f(z))) (e^{rx} + e^{-rx})$$

$$r = \left( \frac{P}{(Lw^2 \cdot M \cdot H)^{0.5}} \cdot \frac{(3+2\tau)(1-\tau)}{(1+\tau/4)} \right)^{0.5}$$

<56>

<57>

여기서,  $y_{s0}$ 는 초기 사행량이다.

<58>

한편, 도 14는 사행(Camber)량의 설명도로서, 도 14를 참조하면, 사행량은 위로 휨정도를 의미하고, 도 15는 패스(pass)의 설명도로서, 도 15에서 보는 바와 같이, 압연시작에서 압연 종료까지의 #1, #2 및 #3등으로 표시된 복수의 패스로 이루어져 있다. 그리고, 도 16은 시퀀스(Sequence)의 설명도로서, 도 16에 보인 바와 같이, 고르기 시퀀스, 폭내기 시퀀스 및 길이내기 시퀀스로 구분되는데, 본 발명은 길이내기 시퀀스에 관련된다.

<59>

그 다음, 제3단계(S94)에서는 상기 예측한 사행량을 압연 제어값에 적용하여 길이내기 압연을 안정적으로 실시하는데, 이는 압연 제어량, 즉 압연롤의 유압실린더의 제어신호에 상기 예측된 사행량을 적용하여 압연롤의 압하력을 조절하게 되는데, 이러한 실제 압연제어 과정은 종래의 과정과 동일하므로 더 구체적인 설명은 생략한다.

<60>

그 다음, 제4단계(S95)에서는 각 패스별로 압연완료후, 상기 계산한 압연기 좌우 강성차, 실적 좌우 압연하중 편차 및 실적 좌우 롤갭차를 이용하여 좌우 출측두께편차, 길이방향 좌우 출측 두께편차 및 실적 사행량을 계산한다.

<61>

이에 대해서, 도 12를 참조하여 상세히 설명하면, 길이내기 시퀀스에 있어서, 각 패스 압연완료후(S121), 상기 제1단계에서 계산된 압연기 좌우 강성차와 실적 좌우 압연하중 편차, 실적 좌우 롤갭차에 기초해서 좌우 출측두께 실적계산, 길이방향 실적 압연하중차에 의한 길이방향 좌우 출측두께차 실적계산 및 실적 사행량을 계산하며(S122, S123), 상기 제2단계에서 계산된 예측 사행량과 예측 출측두께를 보정한다(S124).

<62>

그리고, 제5단계(S96)에서는 마지막 패스인지를 판단하여 마지막 패스가 아니면 상기 제2 단계로 진행하여 상기한 단계를 계속적으로 반복 수행하고, 마지막 패스일 경우에는 종료한다.

**발명의 효과**

<63>

상술한 바와 같은 본 발명에 따르면, 길이내기 시퀀스의 압연초기 패스부터 마지막 압연완료 패스까지 각 패스별로 발생가능한 사행량을 예측하여, 사행이 발생하기 이전에 사행량을 방지하도록 제어하고, 각 패스 완료시에는 압연 실적치를 수집하여 예측 사행량을 보정하도록 함으로서, 사행이 없는 안정적인 압연을 실시하여 강판을 제조할 수 있으며, 이에 따라 실수율을 향상시킬 수 있는 특별한 효과가 있는 것이다.

<64>

즉, 본 발명에 의한 후강판 압연시의 사행현상 예측 및 방지방법에서는, 사행 측정장치에 의해 사행량을 측정하지 않고도 압연기 좌우 강성차, 좌우 압연하중 편차, 좌우 두께편차를 이용하여 사행량을 예측하고, 각 패스별로 사행량을 제어함으로서 경제적으로 유리하며, 사행현상이 발생후에 측정 사행량을 제어하는 방법과는 달리 예측계산에 의해 사행 발생 자체를 억제함으로서 사행 발생 현상이 제거된 안정적인 압연을 실시할 수 있으며, 후강판의 사행 억제로 압연공정에서의 실수율을 향상시키는데 효과가 있다.

<65>

이상의 설명은 본 발명의 구체적인 실시 예에 대한 설명에 불과하고, 본 발명은 이러한 구체적인 실시 예에 한정되지 않으며, 또한, 본 발명에 대한 상술한 구체적인 실시 예로부터 그 구성의 다양한 변경 및 개조가

가능하다는 것을 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 쉽게 알 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

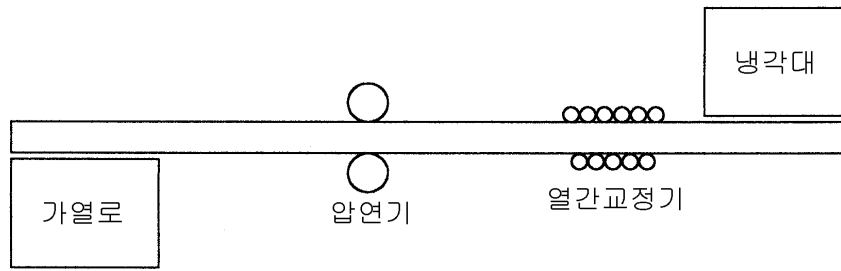
- <1>           도 1은 일반 후강판 공장 압연라인의 개략도이다.
- <2>           도 2는 기존 사행 측정장치의 개략도이다.
- <3>           도 3은 기존 사행제어 시스템의 구성도이다.
- <4>           도 4는 기존 사행제어시의 블록도이다.
- <5>           도 5는 기존 사행 제어의 결과도이다.
- <6>           도 6은 기존 사행제어시 발생하는 두께부족의 예시도이다.
- <7>           도 7은 압연기 좌우 강성을 구하기 위한 하중검출장치, 롤의 배치, 유압장치의 배치도이다.
- <8>           도 8은 압연기 강성의 계산예이다.
- <9>           도 9는 본 발명에 따른 사행현상 예측 및 방지방법의 전체 플로우차트이다.
- <10>          도 10은 도 9의 강성치 계산과정을 보이는 플로우 차트이다.
- <11>          도 11은 도 9의 예측 사행량 계산과정을 보이는 플로우차트이다.
- <12>          도 12는 도 9의 실적 사행량 계산과정을 보이는 플로우차트이다.
- <13>          도 13은 압연기 전, 후면과 좌, 우측을 구별하기 위한 설명도이다.
- <14>          도 14는 사행(Camber)량의 설명도이다.
- <15>          도 15는 패스(pass)의 설명도이다.
- <16>          도 16은 시퀀스(Sequence)의 설명도이다.

<17>           \* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 \*

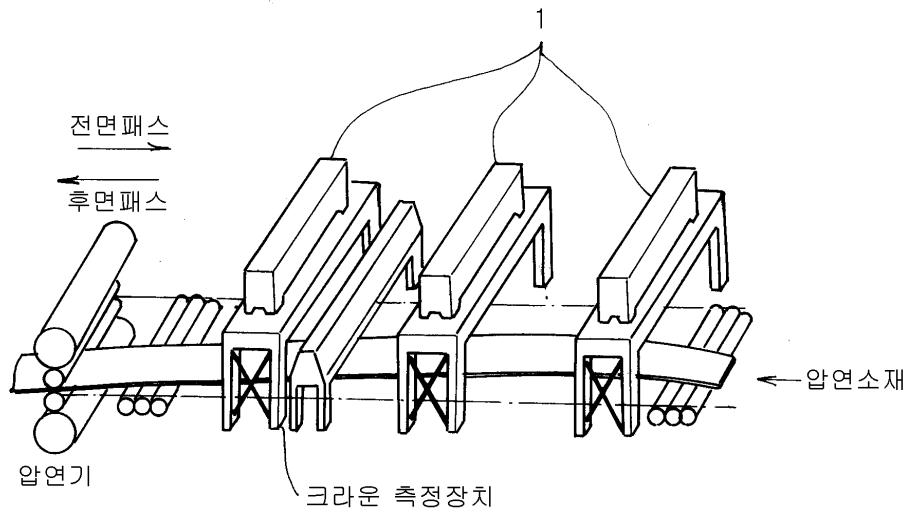
- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;18&gt;   1 : 사행 측정장치</li> <li>&lt;19&gt;   3 : 롤갭 조정장치(Mechanical Screw Down)</li> <li>&lt;20&gt;   5 : 작업롤(Work Roll)</li> <li>&lt;21&gt;   7 : 유압 실린더(Hydraulic Cylinder)</li> <li>&lt;22&gt;   9 : 압연기 강성계수(Mill Constant)</li> <li>&lt;23&gt;   11: 압연기 우측면(Work Side)</li> <li>&lt;24&gt;   13: 압연기 후면(Delivery Side)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>2 : 압연하중 검출장치(Load Cell)</li> <li>4 : 지지롤(Back Up Roll)</li> <li>6 : 롤 초크(Roll Chock)</li> <li>8 : 압연기 하우징(Mill Housing)</li> <li>10: 압연기 좌측면(Drive Side)</li> <li>12: 압연기 전면(Entry Side)</li> <li>14: 사행량 (Off-Center 량)</li> </ul> |
|--|---|

도면

도면1

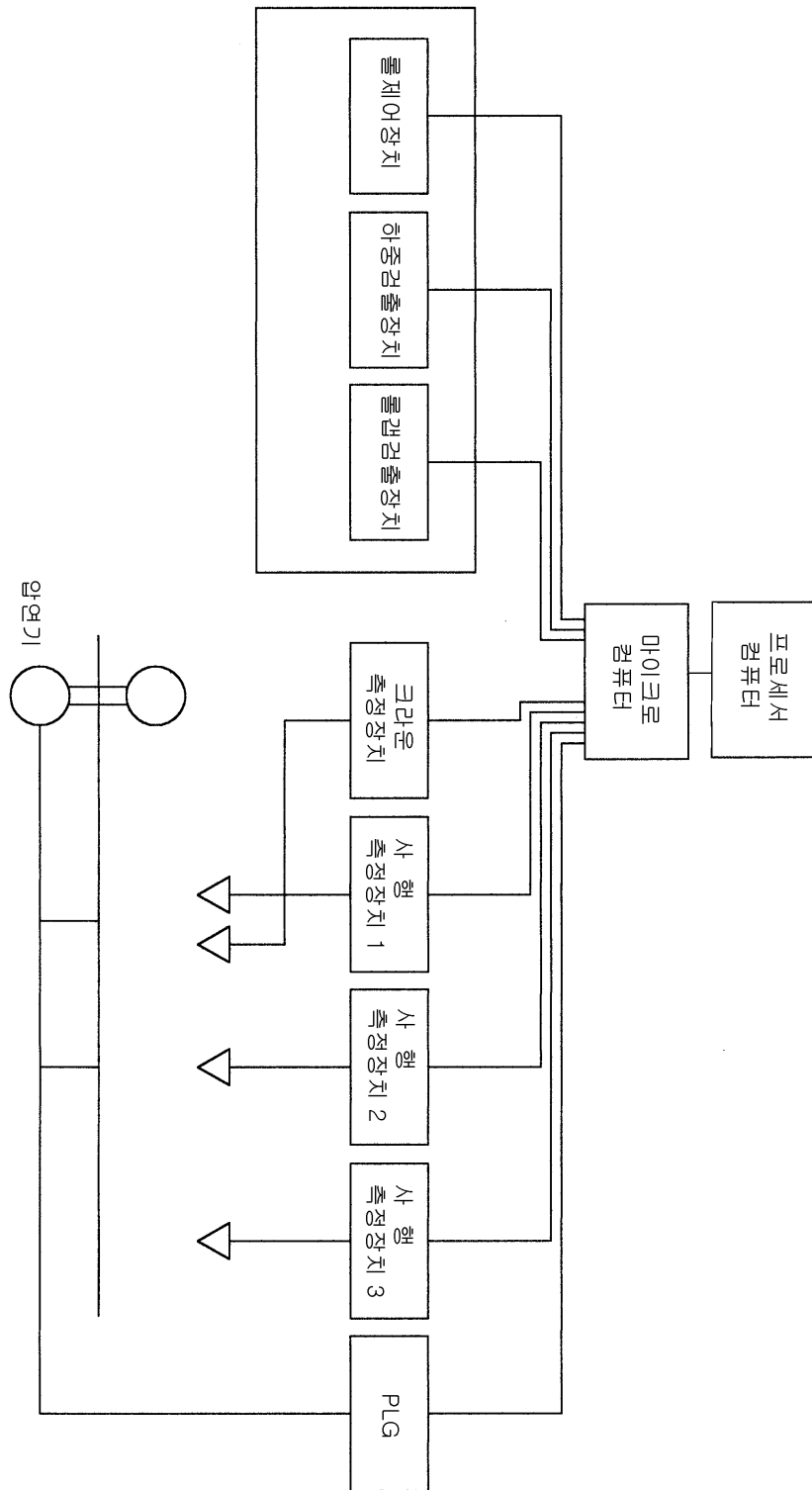


도면2

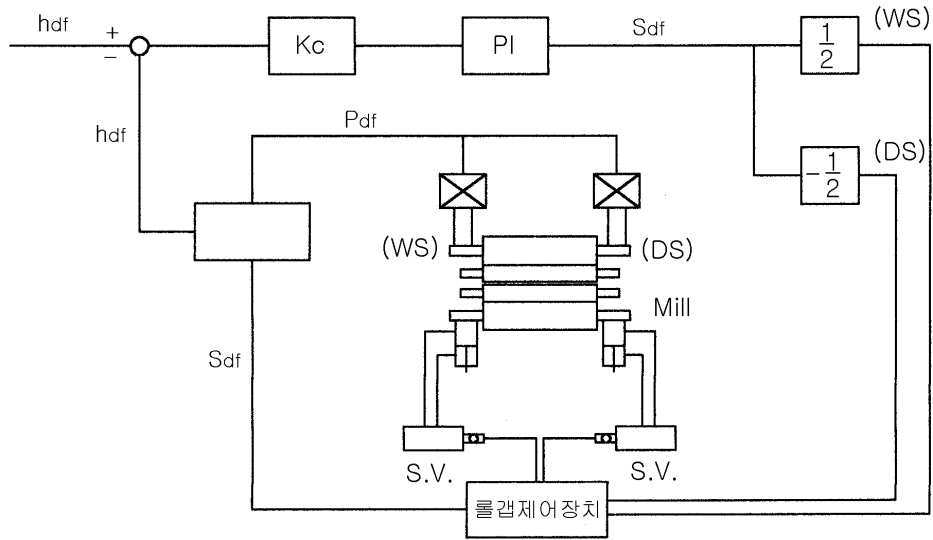




도면3

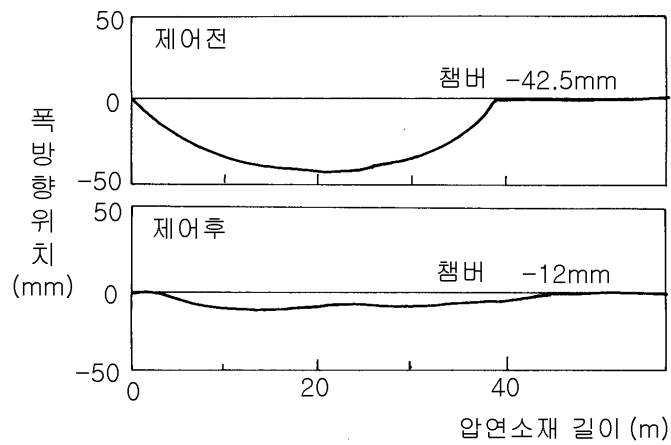


도면4

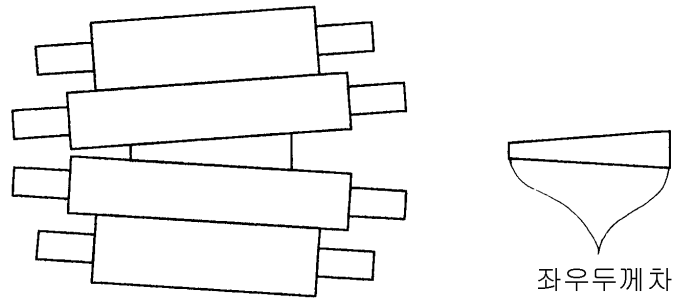


hdf : 후강관 길이방향 목표 제어량  
 Pdf : 압연하중차 (WS 측 하중 - DS 측 하중)  
 Sdf : 좌우 롤갭차 (WS 측 롤갭 - DS 측 롤갭)

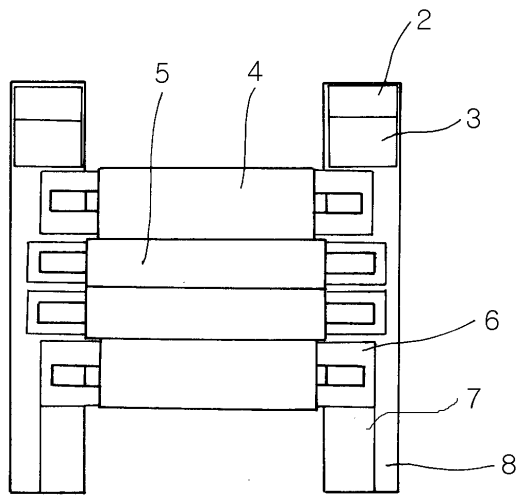
도면5



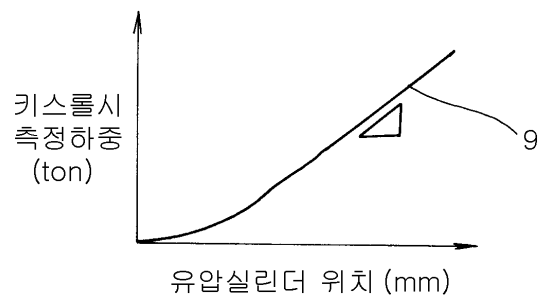
도면6



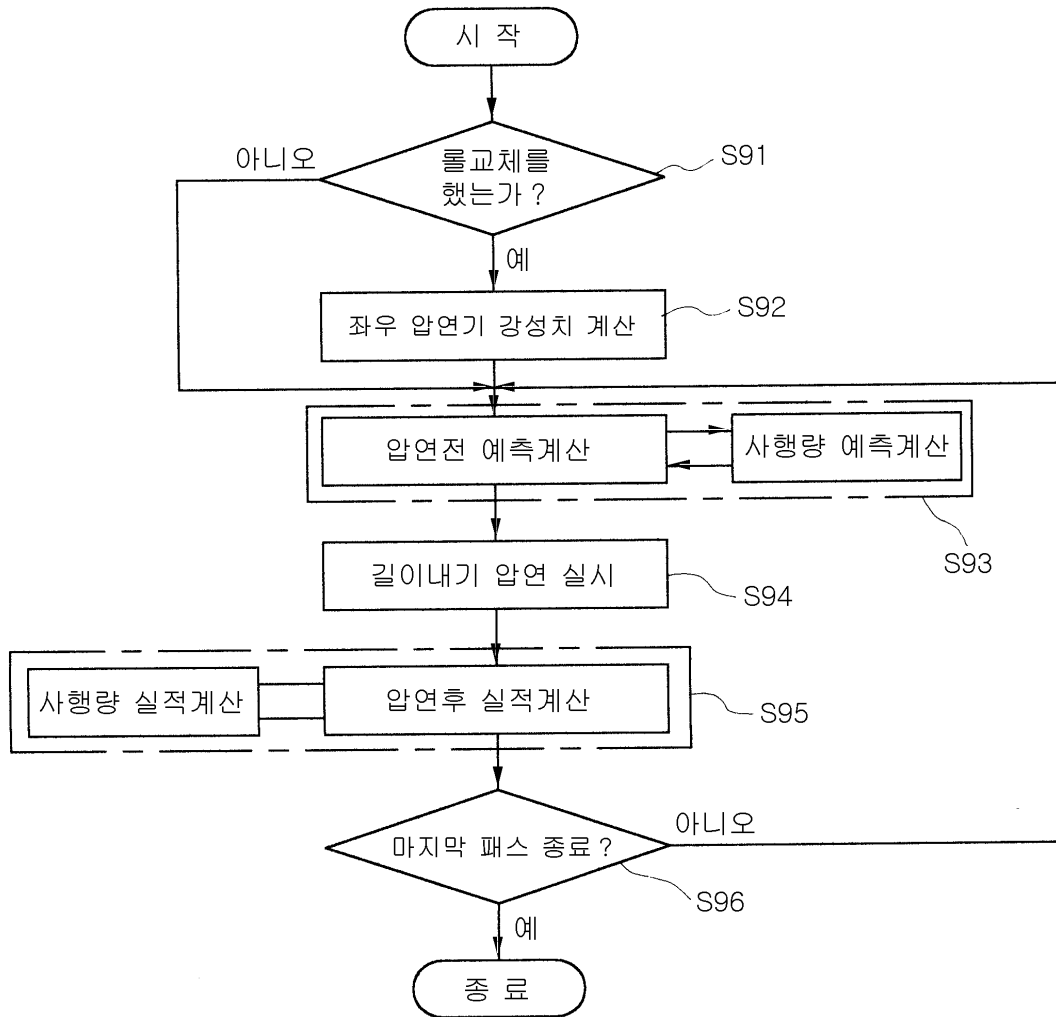
도면7



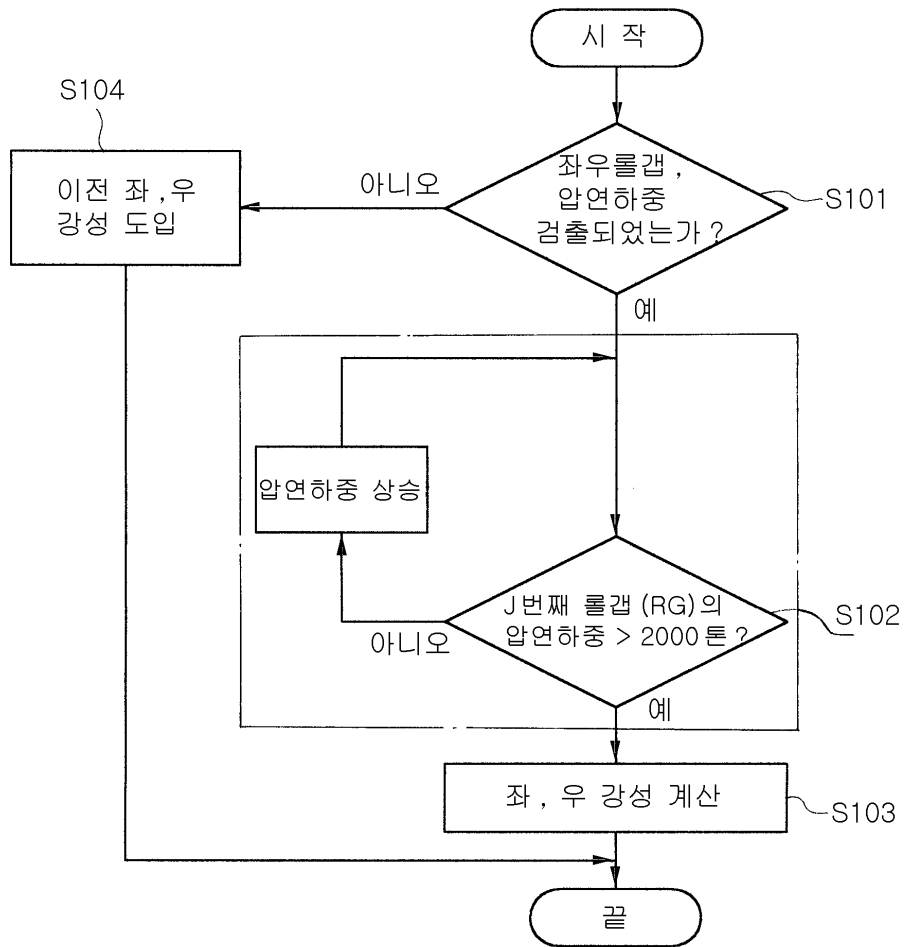
도면8



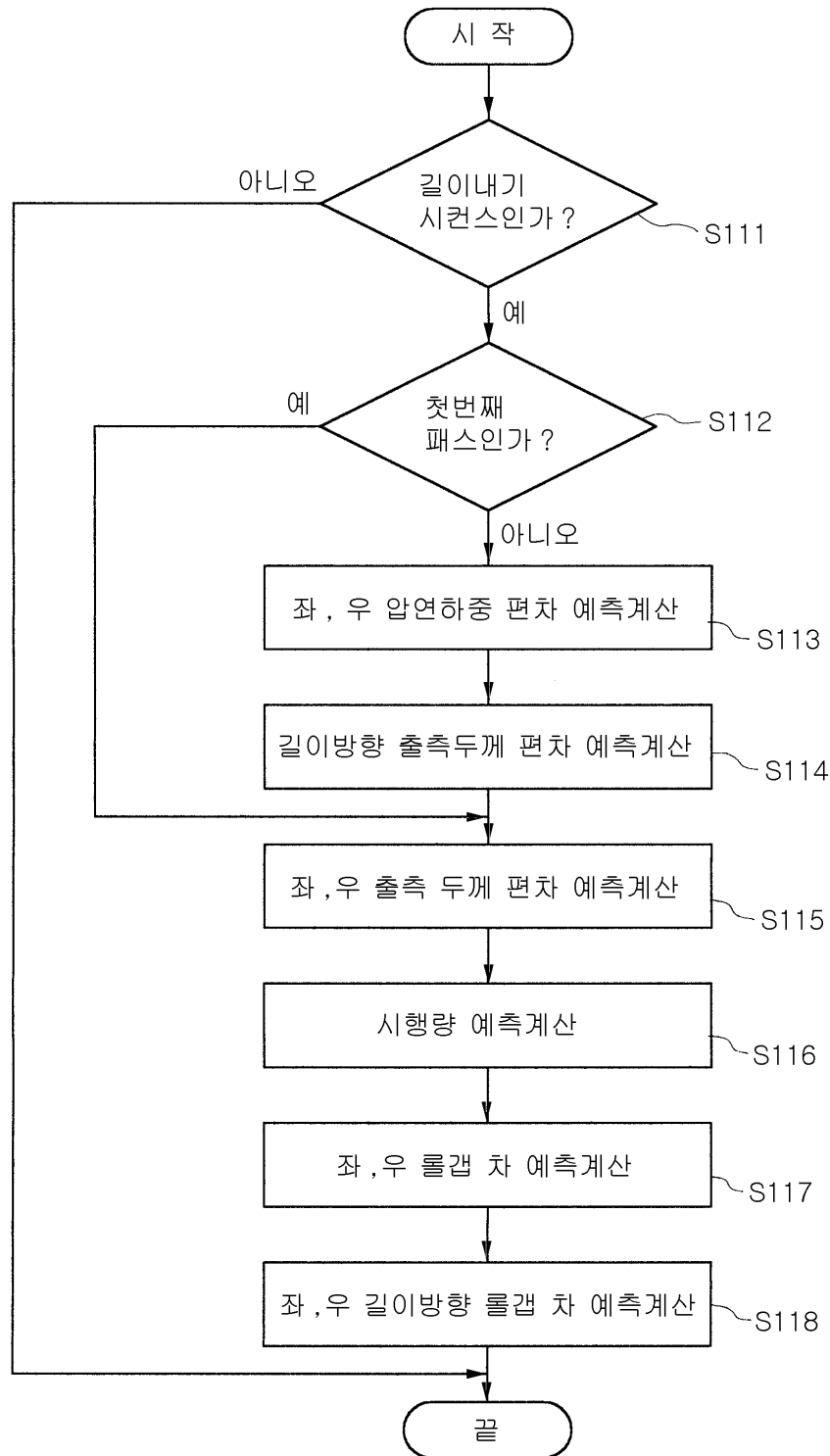
도면9



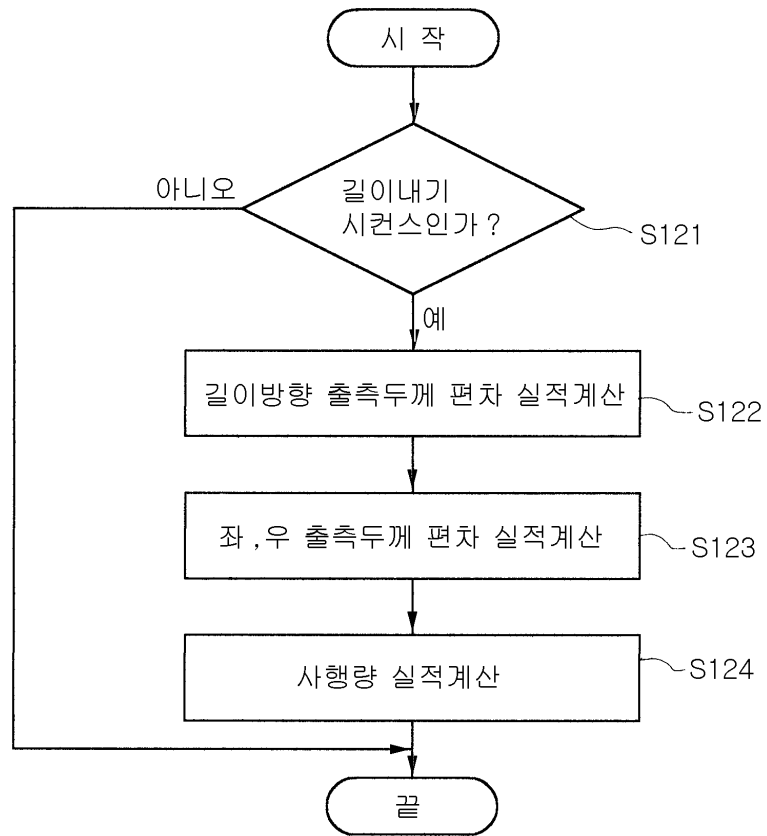
도면10



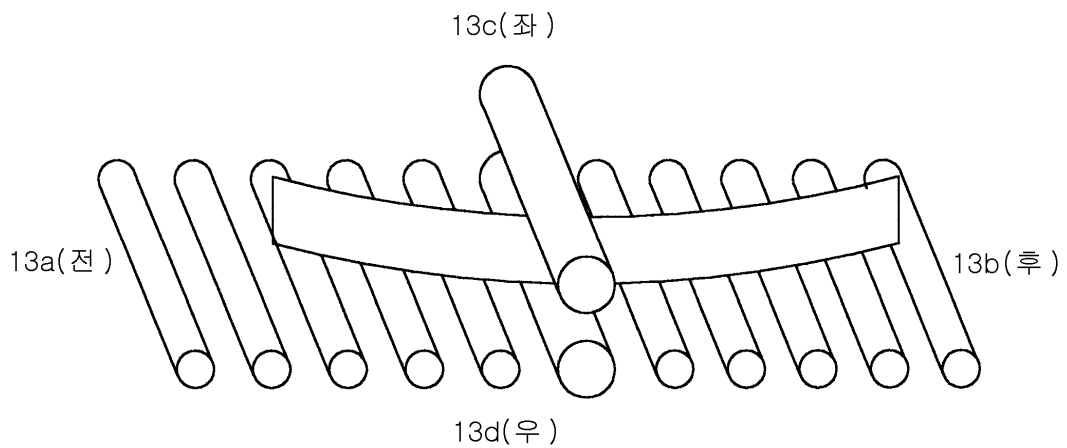
도면11



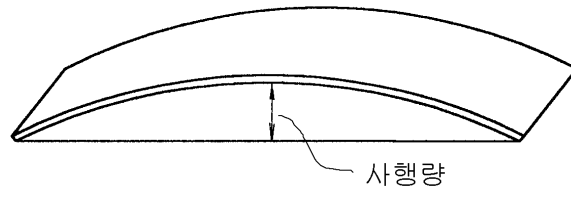
도면12



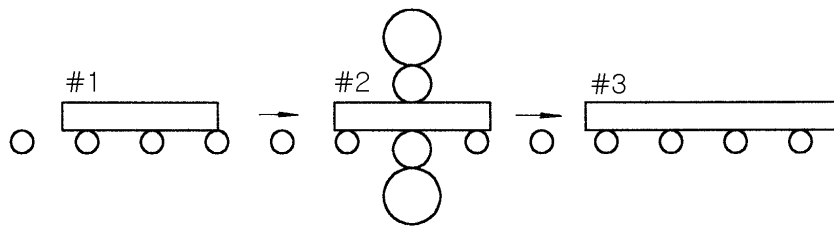
도면13



도면14



도면15



도면16

