(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0056721
(43) 공개일자 2018년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21B 37/46 (2006.01) *B21B 37/72* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B21B 37/46 (2013.01)
B21B 37/72 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7011118
(22) 출원일자(국제) 2016년10월11일
심사청구일자 2018년04월19일
(85) 번역문제출일자 2018년04월19일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2016/074258
(87) 국제공개번호 WO 2017/064017
국제공개일자 2017년04월20일
(30) 우선권주장
10 2015 220 042.6 2015년10월15일 독일(DE)
10 2016 214 715.3 2016년08월09일 독일(DE)

(71) 출원인
에스엠에스 그룹 게엠베하
독일 뒤셀도르프 에두아르트-슐레이만-슈트라쎄 4
(72) 발명자
멘겔 크리스티안
독일 57074 지겐 인 데어 빈헨바흐 66
(74) 대리인
특허법인와이에스장

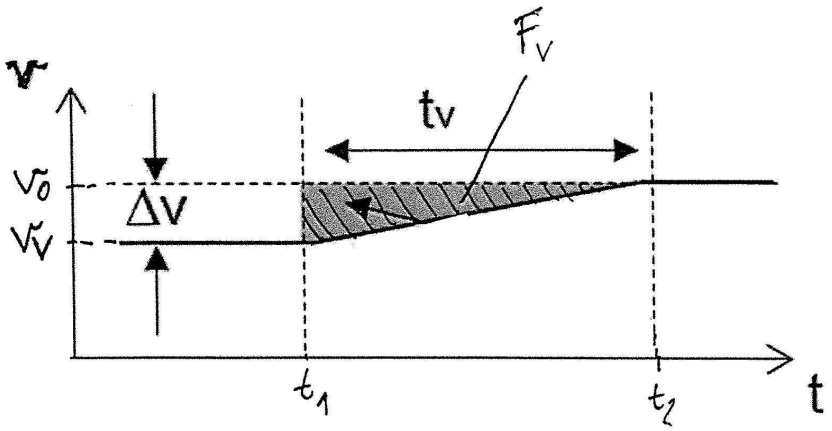
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **압연 스톡의 압연 방법, 그리고 압연기**

(57) 요 약

본 발명은 적어도 하나의 롤 스탠드를 포함하는 압연기(1)에서 압연 스톡(3)을 압연하기 위한 방법에 관한 것이며, 롤 스탠드의 작업롤(2)들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이는 상기 작업롤(2)들과 압연 스톡(3)의 접촉 전에 압연 스톡(3)의 인입 두께(h_1)보다 더 작게 설정되고, 압연 스톡(3)이 롤간 간격에 도달한 후에 롤 스탠드의 적어도 하나의 구동되는 작업롤(2)은 설정 회전속도(v_0)로 작동되며, 압연 스톡(3)이 롤간 간격에 도달할 때까지는 구동되는 작업롤(2)은 설정 회전속도(v_0)와 다른 파일럿 제어 회전속도(v_V)로 작동된다. 롤 스탠드를 이용한 압연 스톡(3)의 압연 스톡 선단의 일차 패스 동안 압연 스톡(3) 내의 장력 변화량을 최대로 가능한 한 감소시키기 위해, 본 발명의 제안에 따라서, 파일럿 제어 회전속도(v_V)는, 구동되는 작업롤(2)과 압연 스톡(3)의 접촉 후부터, 파일럿 제어 회전속도(v_V)가 단순 증가하거나 단순 감소하도록 가변된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
B21B 2275/04 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 롤 스탠드를 포함하는 압연기(1)에서 압연 스톡(3)을 압연하기 위한 방법으로서, 롤 스탠드의 작업롤(2)들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이는 상기 작업롤(2)들과 압연 스톡(3)의 접촉 전에 압연 스톡(3)의 인입 두께(h_1)보다 더 작게 설정되고, 압연 스톡(3)이 롤간 간격에 도달한 후에 롤 스탠드의 적어도 하나의 구동되는 작업롤(2)은 설정 회전속도(v_0)로 작동되며, 압연 스톡(3)이 롤간 간격에 도달할 때까지는 구동되는 작업롤(2)은 설정 회전속도(v_0)와 다른 파일럿 제어 회전속도(v_V)로 작동되는 것인, 상기 압연 스톡의 압연 방법에 있어서, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_V)는, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉 후부터, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_V)가 단순 증가하거나 단순 감소하도록 가변되는 것을 특징으로 하는 압연 스톡의 압연 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉 후부터 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)는, 적어도 예상 대상 압연력 및/또는 예상 대상 압연 토크 및/또는 상기 압연 스톡(3)의 인입 속도(v_1) 및/또는 롤간 간격 기하구조의 고려하에 산출되는 파일럿 제어 함수에 의해 가변되는 것을 특징으로 하는 압연 스톡의 압연 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)는, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉에서부터 상기 고정된 설정 회전속도(v_0)의 도달에 이르기까지, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)와 상기 고정된 설정 회전속도(v_0) 간의 시간 적분을 통해, 압연 개시 시점에 롤간 간격 유입구에서 예상되는 질량 유량 에러에 상응하는 사전 설정 가능한 보상 길이를 나타내는 면적(F_v)이 도출되는 방식으로 사전 설정되는 것을 특징으로 하는 압연 스톡의 압연 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 파일럿 제어 회전속도는, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)의 단순 특성곡선이, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉으로 개시되고 상기 고정된 설정 회전속도(v_0)의 도달로 종료되는 롤간 간격 충전 시간 이내에, 시간에 따라 연장되는 방식으로 사전 설정되는 것을 특징으로 하는 압연 스톡의 압연 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 롤간 간격 충전 시간의 길이는 50㎳보다 더 크게 선택되는 것을 특징으로 하는 압연 스톡의 압연 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 압연 스톡(3)의 압연 스톡 속도는 롤 스탠드의 스탠드 유입구에서 측정되며, 그리고 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉 후부터 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)의 변동 시 고려되는 것을 특징으로 하는 압연 스톡의 압연 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉 후부터 상기 파일럿 제어 회전속도(vv)의 변동 시, 압연기(1)의 상류에 연결되는 주조기의 주조기 구동부들의 전류 소모량이

고려되는 것을 특징으로 하는 압연 스톡의 압연 방법.

청구항 8

적어도 하나의 롤 스탠드, 및 이 롤 스탠드를 제어하는 적어도 하나의 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛을 포함하여 압연 스톡(3)을 압연하기 위한 압연기(1)로서, 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 작업롤(2)들과 압연 스톡(3)의 접촉 전에 롤 스탠드의 작업롤(2)들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이를 압연 스톡(3)의 인입 두께(h_1)보다 더 작게 설정하고; 압연 스톡(3)이 롤간 간격에 도달한 후에 설정 회전속도(v_0)로 롤 스탠드의 적어도 하나의 구동되는 작업롤(2)을 작동시키며; 압연 스톡(3)이 롤간 간격에 도달할 때까지는 설정 회전속도(v_0)와 다른 파일럿 제어 회전속도(v_v)로 구동되는 작업롤(2)을 작동시키도록; 구성되는 것인, 상기 압연기에 있어서, 상기 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉 후부터, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)가 단순 증가하거나 단순 감소하는 방식으로, 상기 파일럿 제어 회전 속도(v_v)를 가변시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압연기(1).

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉 후부터 파일럿 제어 함수를 이용하여 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)를 가변하며, 그리고 사전에 적어도 예상 대상 압연력 및/또는 예상 대상 압연 토크 및/또는 상기 압연 스톡(3)의 인입 속도(v_1)를 고려하면서 상기 파일럿 제어 함수를 산출하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압연기(1).

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉에서부터 고정된 설정 회전속도(v_0)의 도달에 이르기까지, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)와 상기 고정된 설정 회전속도(v_0) 간의 시간 적분을 통해, 압연 개시 시점에 롤간 간격 유입구에서 예상되는 질량 유량 에러에 상응하는 사전 설정 가능한 보상 길이를 나타내는 면적(F_v)이 도출되는 방식으로, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)를 사전 설정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압연기(1).

청구항 11

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)의 단순 특성곡선이, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉으로 개시되고 상기 고정된 설정 회전속도(v_0)의 도달로 종료되는 롤간 간격 충전 시간 이내에, 시간에 따라 연장되는 방식으로, 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)를 사전 설정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압연기(1).

청구항 12

제8항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 롤 스탠드의 스탠드 유입구에 배치되고 상기 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛과 연결되어 스탠드 유입구에서 상기 압연 스톡(3)의 압연 스톡 속도를 측정하기 위한 적어도 하나의 측정 유닛이 제공되며, 상기 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉 후부터 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)의 변동 시 측정되는 압연 스톡 속도를 고려하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압연기(1).

청구항 13

제8항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 상기 구동되는 작업롤(2)과 상기 압연 스톡(3)의 접촉 후부터 상기 파일럿 제어 회전속도(v_v)의 변동 시, 압연기(1)의 상류에 연결되는 주조기의 주조기 구동부들의 측정되는 전류 소모량을 고려하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압연기(1).

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 적어도 하나의 롤 스탠드를 포함하는 압연기에서 압연 스톡(rolled stock)을 압연하기 위한 방법에 관한 것이며, 롤 스탠드의 작업롤들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이는 상기 작업롤들과 압연 스톡의 접촉 전에 압연 스톡의 인입 두께(in-feed thickness)보다 더 작게 설정되고, 압연 스톡이 롤간 간격에 도달한 후에 롤 스탠드의 적어도 하나의 구동되는 작업롤은 설정 회전속도(set rotational speed)로 작동되며, 압연 스톡이 롤간 간격에 도달할 때까지는 구동되는 작업롤은 설정 회전속도와 다른 파일럿 제어 회전속도(pilot-control rotational speed)로 작동된다.

[0002] 또한, 본 발명은, 적어도 하나의 롤 스탠드와, 이 롤 스탠드를 제어하는 적어도 하나의 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛을 포함하여 압연 스톡을 압연하기 위한 압연기(rolling mill)에도 관한 것이며, 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 작업롤들과 압연 스톡의 접촉 전에 롤 스탠드의 작업롤들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이를 압연 스톡의 인입 두께보다 더 작게 설정하고; 압연 스톡이 롤간 간격에 도달한 후에 설정 회전속도로 롤 스탠드의 적어도 하나의 구동되는 작업롤을 작동시키며; 압연 스톡이 롤간 간격에 도달할 때까지는 설정 회전속도와 다른 파일럿 제어 회전속도로 구동되는 작업롤을 작동시키도록; 구성된다.

배 경 기 술

[0003] 연결된 공정들에서 슬래브로도 지칭되는 금속 압연 스톡을 압연할 때, 압연 공정이 압연기의 롤 스탠드 내에서 개시된다면, 속도 에러 및 질량 유량 에러가 발생한다. 압연력 형성과 더불어, 압연 스톡 재료의 목표하는 성형을 위해 요구되는 압연 토크 형성도 이루어진다. 압연 토크 또는 성형 토크는 롤 스탠드의 작업롤 구동부를 통해 인가된다.

[0004] 통상, 롤 스탠드의 작업롤은, 고정된 성형 공정(stationary forming process)을 위해 필요한 회전속도(v_0)로 회전하면서 압연 스톡을 기다린다. 압연 스톡이 롤 스탠드의 롤간 간격 내로 유입되면, 롤 스탠드의 작업롤 구동부가 성형 토크를 떠맡는다. 이런 경우, 롤 스탠드의 작업롤들의 회전속도의 통상적인 폐루프 제어를 기반으로, 회전속도 제어부가 필요한 설정 회전속도를 다시 설정할 때까지, 작업롤들의 회전속도의 단시간 감소가 발생한다. 이런 경우, 롤 스탠드의 상류에서, 질량 유량 제어부 및 장력 제어부의 장치들에 의해 수용되어야 하는 재료 정체(material retention)가 발생한다. 이를 위해, 장력 측정 롤러들 또는 루프 리프터들(loop lifter)이 이용되며, 폐루프 제어 장치는, 상기 장력 측정 롤러들 또는 루프 리프터들의 도움을 받아, 일정한 질량 유량 비율(mass flow ratio) 및 일정한 장력 비율(tension ratio)에 다시 도달할 때까지, 인접한 롤 스탠드들의 작업롤들의 회전속도를 매칭시킨다.

[0005] 열간 압연기 및 냉간 압연기에서, 압연 개시 시점에 질량 유량 제어부의 교란 거동(disturbance behavior)에 대한 요건들을 감소시키기 위한 통상의 조치는 압연 개시 시점에 회전속도 강하(rotational speed drop)의 파일럿 제어이다. 이 경우, 롤 스탠드의 작업롤 또는 작업롤의 구동부는 압연 개시 전에 고정된 압연 조건(stationary rolling conditions) 하에서보다 속도(Δv)만큼 더 빠르게 회전된다. 롤 스탠드 내에서 압연 스톡의 일차 패스 및 이때 해당 작업롤에서 설정되는 회전속도 강하에 의해, 상기 초과 속도(Δv)는 비활성화되고 롤 스탠드는 고정된 조건 하에서의 속도의 설정 값을 받게 된다. 이로써, 롤 스탠드의 유입 측에서 재료 잼(material jam)이 실질적으로 제거되는 점이 달성된다. 또한, 이런 절차는 장력 형성 보조로서도 지칭된다. 이런 경우, 보통, 장력이 일차 패스 후 선행하는 공정 단계에서 높은 레벨인 점이 감수되지만, 그러나 이는 통상 증가된 공정 안전성을 나타낸다.

[0006] 공지된 점에 따르면, 롤 스탠드의 작업롤들에서 회전속도 강하 및 그에 따른 롤 스탠드의 상류에서 정체되는 압연 스톡 길이는 회전속도 제어장치 설정사항들(정상 모드에서는 일정함)에 따라, 그리고 압연 조건들 및 필요한 압연 토크에 따라 결정된다. 압연 토크가 높은 경우, 회전속도 강하는 크고, 작업롤의 회전속도의 필요한 파일럿 제어의 레벨 역시도 마찬가지로 크다. 장력 형성 보조의 어려움은, 회전속도 파일럿 제어의 레벨(Δv) 및 최적의 시간 시퀀스를 예측하는 것에 있다.

[0007] 롤 스탠드는, 압연 스톡의 일차 패스 동안, 예상되는 압연력의 고려하에, 인입되는 압연 스톡의 재료로 롤간 간격을 충전하고 압연력이 형성된 후에 곧바로 압연 스톡의 요청되는 인출 두께가 제조되도록, 필요한 일차 패스 위치로 사전 조정될 수 있다. 그에 따라 사전 조정 위치에서 압연 위치로 롤 스탠드를 개방하는 점은 마찬가지로 압연 스톡의 일차 패스 동안 롤간 간격 내 질량 밸런스에 기여하며, 그리고 압연 스톡의 인입되는 재료를 계속해서 가속화한다. 이처럼 인입되는 압연 재료의 가속화는 작업롤 구동부의 제동에 중첩된다. 그러나 예컨대

CSP(콤팩트 스트립 생산) 설비의 제1 롤 스탠드에서, 롤간 간격 내로 압연 스톡 재료의 인입 및 가속화 효과가 우세하게 실행되고 관찰될 수 있는 경우들 역시도 있다.

[0008] 인입 조건들의 특별한 관련성을 갖는 적용은, 예컨대 70㎜ 내지 160㎜ 두께의 두꺼운 슬래브가 주조되어 압연되어야 하는 (주조 공정 및 압연 공정이 연결되어 있는) 연속 설비들의 새로운 설비 개념이다. 종래 실시되던 설비들의 경우, 압연 개시 시점에, 슬래브 선단(slab head)은, 탕구의 부적합한 온도 조건들 및 주탕된 저온 스트랜드 성분들로 인해 압연될 수 없는 슬래브 선단을 통과시키기 위해, 압연기의 개방된 제1 롤 스탠드를 통해 이동된다. 이 경우, 압연기의 제1 내지 제3 롤 스탠드는 스트립 선단 통과 후 슬래브 상에 안착되고 수 초 이내에 필요한 중간 두께로 폐쇄된다. 슬래브 선단에서의 두꺼운 두께로 인해, 슬래브 선단의 재료는 요청되는 목표 두께로 압연될 수 없거나, 또는 이 경우 생성된 쐐기형은 후속 공정에서 분리되어 제거되어야 하는데, 이는 연속 설비의 생산량을 감소시킨다.

[0009] 신규 전략의 경우, 연속 슬래브의 슬래브 선단은 다중 스탠드 압연기의 제1 롤 스탠드 내에서 직접 압연되어야 한다. 슬래브 선단에서 압연될 수 없는 섹션은 주조기의 하류에서, 그리고 제1 롤 스탠드의 상류에서 예컨대 전단기에 의해 절단된다. 그 다음, 압연 스톡의 일차 패스 동안, 제1 롤 스탠드는 연속 슬래브를 통해 주조기와 연결된다. 이 경우, 롤 스탠드 내에서 압연 스톡의 일차 패스는, 롤간 간격 내로 압연 스톡 유입 전 롤간 간격 높이가 인입되는 연속 슬래브의 인입 두께보다 더 낮도록 정의된다. 연속 슬래브의 슬래브 선단에서 일차 패스를 통해, 이미 슬래브 선단(slab front-end)에서 필요한 두께 압하가 설정되고 전이 두께(transition thickness)를 갖는 재료의 절단 또는 스트립 영역들의 생성은 방지되는 점이 달성되며, 이는 연속 설비의 생산량을 증가시킨다.

[0010] 그러나 다중 스탠드형 압연기의 제1 롤 스탠드에서 압연 개시 시점의 속도 에러 및 질량 유량 에러는 연속 슬래브를 통해 제1 롤 스탠드와 연결된 주조기의 액상 영역 내에까지 역으로 작용할 수 있다. 이런 경우, 특별한 요건들이 적용되는데, 그 이유는, 결국 주조 중단 또는 주조 제품에서의 품질 손실을 초래할 수 있는, 주조 공정에 대한 부정적인 작용들이 방지되어야 하기 때문이다. 그러므로 주조기와 제1 롤 스탠드 사이에서 슬래브 속도의 적은 에러는 불가피하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 과제는, 롤 스탠드를 이용한 압연 스톡의 압연 스톡 선단의 일차 패스 동안 롤 스탠드 내로 인입되는 압연 스톡 내에서의 장력 변화량 및/또는 질량 유량 변화량을 최대로 가능한 한 감소시키는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 과제는 특허 독립 청구항들을 통해 해결된다. 바람직한 구현예들은 특히 각각 그 자체로만, 또는 서로 다양하게 조합되어 본 발명의 바람직하거나 개량하는 양태를 나타낼 수 있는 특허 종속 청구항들에 명시되어 있다.

[0013] 적어도 하나의 롤 스탠드를 포함하는 압연기에서 압연 스톡을 압연하기 위한 본 발명에 따른 방법의 경우, 롤 스탠드의 작업롤들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이는 상기 작업롤들과 압연 스톡의 접촉 전에 압연 스톡의 인입 두께보다 더 작게 설정되고, 압연 스톡이 롤간 간격에 도달한 후에 롤 스탠드의 적어도 하나의 구동되는 작업롤은 설정 회전속도로 작동되며, 압연 스톡이 롤간 간격에 도달할 때까지는 구동되는 작업롤은 설정 회전속도와 다른 파일럿 제어 회전속도로 작동된다. 본 발명에 따라서, 파일럿 제어 회전속도는, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터, 파일럿 제어 회전속도가 단순 증가(monotonous increase)하거나 단순 감소(monotonous decrease)하도록 가변된다.

[0014] 본 발명에 따라서, 설정 회전 속도와 다른, 구동되는 작업롤의 파일럿 제어 회전속도는, 작업롤과, 롤 스탠드 내로 인입되는 압연 스톡의 일차 접촉 후부터, 압연 스톡이 롤간 간격에 도달하는 시점까지 가변된다. 이런 경우, 롤간 간격은, 구동되는 작업롤과 이 구동되는 작업롤과 상호작용하는 작업롤 간의 최단 이격 간격을 의미한다. 이런 시간 기간 동안, 롤간 간격이 압연 스톡 재료로 충전될 때까지, 압연 스톡의 압연 스톡 선단은 이미 작업롤들을 통해 성형되며, 이는 본원에서 롤간 간격에의 도달을 의미한다. 파일럿 제어 회전속도는 설정 회전속도보다 더 높다면, 파일럿 제어 회전속도는, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터, 파일럿 제어 회전속도가 단순 감소하는 방식으로 가변된다. 파일럿 제어 회전속도가 설정 회전속도보다 더 낮다면, 파일럿 제어 회전속도는, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터, 파일럿 제어 회전 속도가 단순 증가하는 방식으로 가

변된다. 이로써, 롤 스탠드의 상류 영역에서 최대로 가능한 한 감소된 장력 변화량 및/또는 질량 유량 변화량이 유도되며, 더욱 정확하게 말하면, 이는 장력이 거의 존재하지 않을 때에도 실현된다.

[0015] 본 발명에 의해, 압연 스톡의 일차 패스 동안, 압연 간격 내로 인입되는 압연 스톡에 대한 질량 유량 에러의 영향은 최대로 가능한 한 적게 유지되는데, 그 이유는 압연 개시 전에, 구동되는 작업롤의 회전속도가, 예상되는 불안정한 상황과 관련하여 회전속도 파일럿 제어를 통해, 압연 스톡의 목표 두께 또는 인출 두께의 도달 후부터의 조건들에서와 다르게 설정되기 때문이다. 특히 압연기의 제1 롤 스탠드의 구동되는 작업롤은 압연 개시 전에, 또는 압연 개시 시점에 설정 회전속도보다 더 느리게, 또는 더 빠르게 회전될 수 있다. 연속 압연(CEM, USP) 동안, 제1 내지 제3 롤 스탠드의 구동되는 작업롤들은 압연 개시 전에, 또는 압연 개시 시점에 각각의 롤 스탠드에 할당된 설정 회전속도보다 더 느리게, 또는 더 빠르게 회전될 수 있다. CSP 설비에서, 그리고 열간 압연기에서, 제1 및 제2 롤 스탠드의 구동되는 작업롤들은 압연 개시 전에, 또는 압연 개시 시점에 각각의 롤 스탠드에 할당된 설정 회전속도보다 더 느리게, 또는 더 빠르게 회전될 수 있다.

[0016] 구동되는 작업롤과 인입되는 압연 스톡의 일차 접촉 후부터 파일럿 제어 회전속도의 본 발명에 따른 변동(variation)은, 정의된 시간 기간에 걸쳐서, 예컨대 램프 함수(ramp function) 또는 또 다른 단순 증가 또는 단순 감소 함수가 이용되는 조건에서 수행될 수 있다. 다시 말해, 파일럿 제어 회전속도의 변동은 구동되는 작업롤과 인입되는 압연 스톡의 일차 접촉으로 개시된다. 이런 경우, 파일럿 제어 회전속도의 변동은 바람직하게는 롤간 간격 내의 상황들에 매칭된다. 적합한 보상은, 파일럿 제어 회전속도의 변동의 시간 기간이, 인입되는 압연 스톡과 구동되는 작업롤 간의 일차 접촉으로 개시되고 압연 스톡이 롤간 간격에 도달할 때 종료되는 시간 기간에 매칭될 때 달성될 수 있다. 이런 롤간 간격의 충전 기간(t_F)은 이미 성형된 압연 스톡 선단 섹션의 밀착되는 길이(l)를 포함하여 방정식 $t_F=l/v_0$ 또는 $t_F=l/v_1$로 근사로 계산될 수 있으며, 상기 방정식에서 v_0은 구동되는 작업롤의 설정 회전속도이고 v_1은 롤 스탠드 내로 인입되는 압연 스톡의 인입 속도이다.

[0017] 바람직하게는, 파일럿 제어 회전속도의 변동은, 롤 스탠드 상류에서 예상 대상 길이 에러(Δl)가 보상되는 방식으로 선택된다. 상기 길이 에러는 롤간 간격 내로 압연 스톡의 인입 거동에서의 일정 부분(constant portion)과, 구동되는 작업롤에서의 회전속도 강하 및 사전 조정된 롤간 간격의 개방에 대한 하중에 따른, 다시 말해 토크에 따른 부분으로 구성된다. 보상 길이(compensation length)는, 압연 스톡이 구동되는 작업롤과 일차 접촉하는 시점과, 압연 스톡이 롤간 간격에 도달하거나 상기 롤간 간격을 충전하는 시점 사이의 면적; 및 설정 회전속도의 값에 상대적인 파일럿 제어 회전속도 설정값;의 적분 평형(integral equilibrium)에서 도출된다. 이런 경우, 파일럿 제어 회전속도의 변동의 기간(t_v)에 대한 회전속도 파일럿 제어(Δv)는 적합하게 계산될 수 있다.

파일럿 제어 회전속도의 변동 동안, 단순한 램프 함수가 고려된다면, $\Delta v = 2 \cdot \Delta l / t_v$ 이 도출된다. 또한, 압연 토크가 낮은 상태에서 적은 회전속도 강하로 인해 롤간 간격 또는 롤 스탠드 상류에서 압연 스톡 재료의 정체가 적다면, 파일럿 제어 회전속도가 설정 회전속도보다 더 낮은 음(negative)의 속도 파일럿 제어가 이용될 수도 있다. 다른 한편으로, 하중 토크(load torque)가 큰 조건에서 회전속도 강하가 우세하게 존재한다면, 파일럿 제어 회전속도가 설정 회전속도보다 더 높은 양(positive)의 속도 파일럿 제어가 이용될 수 있다.

[0018] 그에 따라, 본 발명에 의해, 롤 스탠드 내에서 압연 스톡의 일차 패스 동안 일정한 질량 유량 및 일정한 스트립 이송이 보장될 수 있으며, 이는 연속 설비의 형성을 위해 압연기의 (제1) 롤 스탠드의 상류에 연결되어 있는 주조기에 대한 반작용을 최소화시킨다.

[0019] 사전 공지된 해결책들은 통상의 적용 분야들의 경우, 특히 다중 스탠드형 열간 압연기들의 하류 롤 스탠드들에서 유효하고 부분적으로도 입증되었다. 그러나 상기 해결책들은, 열간 압연기들의 제1 롤 스탠드들의 사전 설정된 롤간 간격에서, 특히 연속 설비의 제1 롤 스탠드에서 압연 개시 시점의 상세한 상황들(롤간 간격 높이 < 압연 스톡의 인입 두께)을 고려하지 않고 있다. 그러나 이런 상세한 상황들은 상기 압연기들 또는 설비들에서 압연 개시 시점에 인입되는 재료의 속도 거동에 대해 결정적으로 중요하다. 구동되는 작업롤의 회전속도가 본 발명에 따라 상세한 상황들에 매칭된다면, 이를 통해, 심지어는, 예컨대 연속 설비의 다중 스탠드형 압연기의 제1 롤 스탠드의 구동되는 작업롤이, 상기 롤 스탠드를 이용한 압연 스톡의 일차 패스 전에, 설정 회전속도보다 더 느리게 회전하기만 하면 되는 것으로도 충분히 최대한 적은 질량 유량 에러를 확보할 수 있다. 그에 따라, 파일럿 제어 회전속도가 설정 속도보다 더 높은 공지된 해결책들은 상기 적용 사례에를 위해 충분하지 않고 그에 따라 부적합하다.

[0020] 본 발명은 매우 적은 비용으로 실현될 수 있으며, 그리고 예컨대 최대 120㎜까지의 압연 스톡 두께에 부합하게 구성되어야 하는 질량 유량 에러 보상용 루핑 피트(looping pit)처럼 일정한 질량 유량을 유지하기 위한 대안의

장치들을 위한 추가적인 공간 소요는 필요로 하지 않는다. 또한, 본 발명에 따른 방법의 경우, 증가되는 재료 스크랩(material scrap)은 발생하지 않는데, 그 이유는 압연 스톡이 자신의 압연 스톡 선단을 포함해서 완전하게 압연되기 때문이다. 또한, 본 발명은 연속 설비의 주조기와 다중 스탠드형 압연기의 제1 롤 스탠드 간의 질량 유량 제어부의 속도에 대한 요건들을 감소시킬 수 있으며, 질량 유량 제어부는 거의 변함없는 상황들을 제어할 수 있고 제1 롤 스탠드 내에서의 상대적으로 빠른 일차 패스를 위해 대폭적으로 하중 경감된다.

[0021] 본 발명에 따른 방법에 의해, 슬래브, 특히 연속 슬래브 형태인 압연 스톡이 압연될 수 있다. 또한, 이를 위해, 압연기는 2개 이상의 롤 스탠드를 포함할 수 있다. 본 발명에 따라, 롤 스탠드의 작업롤들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이가 상기 작업롤들과 압연 스톡의 접촉 전에 압연 스톡의 인입 두께보다 더 작게 설정되기 때문에, 압연 스톡은 자신의 압연 스톡 선단부터, 그리고 그에 따라 완전하게 압연되며, 이는, 압연 스톡 선단이 우선 개방된 롤 스탠드들을 통해 안내되고 그에 이어 나머지 압연 스톡으로부터 분리되는 설비들에 비해 재료 스크랩을 감소시킨다. 또한, 압연 스톡과 접촉하는 롤 스탠드의 두 작업롤 역시도 그에 상응하게 구동될 수 있으며, 각각의 작업롤의 회전속도는 본 발명에 따라서 개루프 모드 및/또는 폐루프 모드로 제어될 수 있다. 설정 회전속도는, 일정하거나 변함없는 압연 조건들에서 압연 스톡의 일차 패스의 수행 후 롤 스탠드의 작동에 부합하게 매칭된다. 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉, 및/또는 압연 스톡의 롤간 간격 도달은 적합한 센서 시스템에 의해 검출될 수 있다. 예컨대 상기 압연 상태들 중 적어도 하나는, 사전에 결정된 압연력 값이 각각의 압연 상태에 할당되고 순간 검출되는 압연력 값이 사전에 결정된 압연력 값과 비교되면서, 롤 스탠드 상에 순간 존재하는 압연력의 검출을 통해 검출될 수 있다.

[0022] 바람직한 구현예에 따라서, 파일럿 제어 회전속도는, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터, 적어도 예상 대상 압연력 및/또는 예상 대상 압연 토크 및/또는 압연 스톡의 인입 속도 및/또는 롤간 간격 기하구조의 고려하에 산출되는 파일럿 제어 함수에 의해 가변된다. 이로써 최적의 파일럿 제어 함수[v = f(t)]는 시간 및 기능 시퀀스로 산출될 수 있으며, 이를 위해 예상 대상 압연력, 예상 대상 압연 토크 및 압연 스톡의 인입 속도와 같은 통상의 패스 스케줄 계산들에서의 정보들이 고려될 수 있다. 이런 경우에, 상기 정보들은 파일럿 제어 함수의 계산을 위해 가용해야 하고 각각의 패스 스케줄을 위한 적합한 계산 유닛에서 계산되어야 한다.

[0023] 또 다른 바람직한 구현예에 따라서, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉에서부터 고정된 설정 회전속도(stationary set rotational speed)의 도달에 이르기까지, 파일럿 제어 회전속도와 고정된 설정 회전속도 간의 시간 적분을 통해, 압연 개시 시점에 롤간 간격 유입구에서 예상되는 질량 유량 에러에 상응하는 사전 설정 가능한 보상 길이를 나타내는 면적이 도출되는 방식으로, 파일럿 제어 회전속도가 사전 설정된다. 보상 길이는 바람직하게는 면적에서 계산된다. 보상 길이는, 압연 개시 시점에 작업롤의 회전속도, 및 질량 유량에 영향을 주는 또 다른 성분들의 고려하에 계산될 수 있다. 보상 길이는, 특히 압연 개시 시점에 작업롤의 회전속도; 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 인입 거동; 및 일차 패스 동안 상호작용하는 작업롤들의 수직 이동;의 고려하에 계산될 수 있다.

[0024] 또 다른 바람직한 구현예에 따라서, 파일럿 제어 회전속도의 단순 특성곡선이, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉으로 개시되고 고정된 설정 회전속도의 도달로 종료되는 롤간 간격 충전 시간 이내에, 시간에 따라 연장되는 방식으로, 파일럿 제어 회전속도가 사전 설정된다. 바람직하게는, 롤간 간격 충전 시간의 길이는 50㎳보다 더 크게 선택된다.

[0025] 또 다른 바람직한 구현예에 따라서, 압연 스톡의 압연 스톡 속도는 롤 스탠드의 스탠드 유입구에서 측정되며, 그리고 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 파일럿 제어 회전속도의 변동 시 고려된다. 회전속도 파일럿 제어에도 불구하고 잔존하면서 예컨대 롤간 간격 내에서 알려지지 않은 교호적인 마찰 조건들을 통해 야기될 수 있는 에러는, 스탠드 유입구에서 실제 압연 스톡 속도의 측정; 및 측정되는 압연 스톡 속도의 고려하에 구동되는 작업롤의 파일럿 제어 회전속도의 변동의 매칭;을 통해 계속해서 감소될 수 있다.

[0026] 또 다른 바람직한 구현예에 따라서, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 파일럿 제어 회전속도의 변동 시, 압연기의 상류에 연결되는 주조기의 주조기 구동부들의 전류 소모량이 고려된다. 회전속도 파일럿 제어에도 불구하고 잔존하면서 예컨대 롤간 간격 내에서 알려지지 않은 교호적인 마찰 조건들을 통해 야기될 수 있는 에러는, 주조기 구동부들의 전류 소모량의 측정; 및 측정되는 전류 소모량의 고려하에 구동되는 작업롤의 파일럿 제어 회전속도의 변동의 매칭;을 통해 계속해서 감소될 수 있다.

[0027] 압연 스톡을 압연하기 위한 본 발명에 따른 압연기는 적어도 하나의 롤 스탠드와, 이 롤 스탠드를 제어하는 적어도 하나의 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛을 포함하며, 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 작업롤들과 압연 스톡의 접촉 전에 롤 스탠드의 작업롤들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이를 압연 스톡의 인입

두께보다 더 작게 설정하고; 압연 스톡이 롤간 간격에 도달한 후에 설정 회전속도로 롤 스탠드의 적어도 하나의 구동되는 작업롤을 작동시키며; 압연 스톡이 롤간 간격에 도달할 때까지는 설정 회전속도와 다른 파일럿 제어 회전속도로 구동되는 작업롤을 작동시키도록; 구성된다. 본 발명에 따라서, 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터, 파일럿 제어 회전속도가 단순 증가하거나 단순 감소하는 방식으로, 파일럿 제어 회전 속도를 가변시키도록 구성된다.

[0028] 본원의 압연기에 의해서도, 앞에서 본원의 방법과 관련하여 언급한 장점들 역시 그에 상응하게 달성된다. 특히 본원의 압연기는, 전술한 구현예들 중 어느 하나, 또는 상기 구현예들 중 적어도 2개의 상호 간의 임의의 조합에 따른 방법의 실행을 위해 이용될 수 있다. 본원의 압연기는, 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛으로 제어될 수 있는 2개 이상의 롤 스탠드 역시도 포함할 수 있다. 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은 적어도 하나의 데이터 처리 유닛, 특히 마이크로프로세서 및 적어도 하나의 데이터 메모리를 포함할 수 있다.

[0029] 바람직한 구현예에 따라서, 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 파일럿 제어 함수를 이용하여 파일럿 제어 회전속도를 가변하며, 그리고 사전에 적어도 예상 대상 압연력 및/또는 예상 대상 압연 토크 및/또는 압연 스톡의 인입 속도를 고려하면서 파일럿 제어 함수를 산출하도록 구성된다. 이런 구현예에 의해서도, 앞서 본원의 방법의 상응하는 구현예와 관련하여 언급한 장점들 역시 그에 상응하게 달성된다.

[0030] 또 다른 바람직한 구현예에 따라서, 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉에서부터 고정된 설정 회전속도의 도달에 이르기까지, 파일럿 제어 회전속도와 고정된 설정 회전속도 간의 시간 적분을 통해, 압연 개시 시점에 롤간 간격 유입구에서 예상되는 질량 유량 에러에 상응하는 사전 설정 가능한 보상 길이를 나타내는 면적이 도출되는 방식으로, 파일럿 제어 회전속도를 사전 설정하도록 구성된다. 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 바람직하게는 면적에서 보상 길이를 계산하도록 구성된다. 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 장치는, 압연 개시 시점에 작업롤의 회전속도, 및 질량 유량에 영향을 미치는 또 다른 성분들을 고려하면서 보상 길이를 계산하도록 구성된다. 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 특히 압연 개시 시점에 작업롤의 회전속도; 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 인입 거동; 및 일차 패스 동안 상호작용하는 작업롤들의 수직 이동;을 고려하면서 보상 길이를 계산하도록 구성될 수 있다.

[0031] 또 다른 바람직한 구현예에 따라서, 전자 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 파일럿 제어 회전속도의 단순 특성곡선이, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉으로 개시되고 고정된 설정 회전속도의 도달로 종료되는 롤간 간격 충전 시간 이내에, 시간에 따라 연장되는 방식으로, 파일럿 제어 회전속도를 사전 설정하도록 구성된다. 바람직하게는, 롤간 간격 충전 시간의 길이는 50㎳보다 더 크다.

[0032] 또 다른 바람직한 구현예에 따라서, 본원의 압연기는, 롤 스탠드의 스탠드 유입구에 배치되고 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛과 연결되어 스탠드 유입구에서 압연 스톡의 압연 스톡 속도를 측정하기 위한 적어도 하나의 측정 유닛을 포함하며, 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 파일럿 제어 회전속도의 변동 시 측정되는 압연 스톡 속도를 고려하도록 구성된다. 이런 구현예에 의해서도, 앞서 본원의 방법의 상응하는 구현예와 관련하여 언급한 장점들 역시 그에 상응하게 달성된다.

[0033] 또 다른 바람직한 구현예에 따라서, 개루프 및/또는 폐루프 제어 유닛은, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 파일럿 제어 회전속도의 변동 시, 압연기의 상류에 연결되는 주조기의 주조기 구동부들의 측정되는 전류 소모량을 고려하도록 구성된다. 이런 구현예에 의해서도, 앞서 본원의 방법의 상응하는 구현예와 관련하여 언급한 장점들 역시 그에 상응하게 달성된다.

[0034] 하기에서 본 발명은, 본 발명은 첨부한 도면들을 참조하여 바람직한 실시형태에 따라서 예시적으로 설명되며, 하기에서 설명되는 특징들은 각각 그 자체로뿐만 아니라, 서로 상이하게 조합되어서도 본 발명의 바람직하거나 개량하는 양태를 나타낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 회전속도 파일럿 제어를 이용하지 않는 종래 압연기에서 회전속도 특성곡선을 예시로 나타낸 그래프이다.

도 2는 회전속도 파일럿 제어를 이용하는 종래 압연기에서 회전속도 특성곡선을 예시로 나타낸 그래프이다.

도 3은 종래 압연기를 이용한 압연 스톡의 일차 패스 동안 속도 비율들을 도시한 개략도이다.

도 4는 본 발명에 따른 압연기를 위한 일 실시예에서 회전속도 특성곡선을 예시로 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 도 1에는, 회전속도 파일럿 제어를 이용하지 않는 종래 압연기에서 회전속도 특성곡선의 예시의 그래프가 표시되어 있다. 압연기의 롤 스탠드의 구동되는 작업롤의 회전속도(v)가 시간(t)에 대해 도시되어 있다. 시점(t_A)에, 롤 스탠드를 이용한 압연 스톡의 일차 패스가 수행된다. 그 외에, 실제 회전속도(V_{Ist})도 도시되어 있으며, 일차 패스 후부터 실제 회전속도(V_{Ist})의 일시적인 감소가 확인된다. 일차 패스를 통해, 압연 스톡 재료는 정체되며, 정체되는 압연 스톡 재료의 길이는 설정 회전속도(V_0)와 실제 회전속도(V_{Ist}) 간의 면적(F)에서 도출된다.

[0037] 도 2에는, 회전속도 파일럿 제어를 이용하는 종래 압연기에서 회전속도 특성곡선의 예시의 그래프가 도시되어 있다. 압연기의 롤 스탠드의 구동되는 작업롤의 회전속도(v)는 시간(t)에 대해 표시되어 있다. 시점(t_A)에, 롤 스탠드를 이용한 압연 스톡의 일차 패스가 수행된다. 구동되는 작업롤은 시점(t_E)까지 설정 회전속도(v_0)보다 Δv만큼 더 높은 파일럿 제어 회전속도(v_v)로 작동된다. 시점(t_E)부터 파일럿 제어 회전속도(v_v)는 설정 회전속도(v_0)에 매칭된다. 그 외에, 실제 회전속도(V_{Ist})도 도시되어 있다. 확인되는 것처럼, 압연 스톡의 일차 패스 동안 회전속도 강하는 상기 회전속도 파일럿 제어를 통해 보상된다.

[0038] 도 3에는, 종래 압연기(1)를 이용한 압연 스톡의 일차 패스 동안 속도 비율들의 개략도가 도시되어 있으며, 압연기 중 도 3에는 오직 압연기(1)의 실제로 도시되지 않은 롤 스탠드의 구동되는 작업롤(2)만이 도시되어 있다. 압연 스톡(3)은 인입 두께(h_1) 및 인입 속도(v_1)로 롤 스탠드 내로 인입되어 시점(t_1)에 구동되는 작업롤(2)과 접촉하게 된다. 구동되는 작업롤(2)은 회전속도(v0) 및 토크[$M_{Roll}(t)$]로 회전된다. 시점(t_2)에, 압연 스톡은 간격 높이(h_2)를 갖는 롤간 간격에 도달한다. 압연 스톡(3)은, 방정식 $v_2=v_0 \cdot f_v$에서 도출되는 인출 속도(v_2)로 롤간 간격에서 인출되며, 상기 방정식에서 f_v는 롤간 간격 유출구에서 재료 전진 속도이다.

[0039] 롤 스탠드 내에서의 일차 패스 동안 질량 유량 비율은 복잡하며, 그리고 단지 구동되는 작업롤(2)의 구동부의 회전속도 거동을 통해 표현되지 않는다. 구동되는 작업롤(2)은 고정된 압연 공정(stationary rolling process)을 위해 필요한 작업롤 회전속도(v_0)로 대기한다. 재료 속도와 작업롤 회전속도는 롤 스탠드의 롤간 간격에서의 유출구에서는 거의 일치하기 때문에, 예컨대 50%로 두께 압하가 큰 경우, 구동되는 작업롤의 회전속도(v_0)는 도착하는 압연 스톡(3)의 표면 속도(v_1)보다 거의 2배 더 크다($v_0=v_1 \cdot h_1/h_2/f_v$; h_1 = 압연 스톡의 인입 두께, h_2 = 압연 스톡의 인출 두께, f_v = 롤간 간격 유출구에서 재료 전진 속도). 인입되는 압연 스톡(3)이 시점(t_1)에 롤 스탠드의 구동되는 작업롤(2)에 부딪친다면, 작업롤(2)에 부딪치는 압연 스톡(3)의 선단 섹션은 작업롤(2)의 높은 표면 속도를 통해 가속화되어 상대적으로 더 빠르게 롤간 간격 내로 인입된다. 시점(t_2)에, 롤간 간격은 완전하게 충전된다.

[0040] 이런 효과는, 롤간 간격 내의 마찰 조건들, 및 롤간 간격 기하구조에 따라 결정되지만, 발생하는 압연 토크에 따르지는 않는다.

[0041] 도 4에는, 본 발명에 따른 압연기를 위한 일 실시예에서 회전속도 특성곡선의 예시의 그래프가 도시되어 있다. 압연기의 롤 스탠드의 구동되는 작업롤의 회전속도(v)가 시간(t)에 대해 표시되어 있다. 시점(t_1)에, 롤 스탠드 내로 인입되는 압연 스톡은, 도 3에 도시된 것처럼, 구동되는 작업롤과 접촉하게 된다. 시점(t_2)에, 압연 스톡은 롤간 간격에 도달한다. 이런 경우, 롤 스탠드의 작업롤들 사이에 배열되는 롤간 간격의 간격 높이는, 상기 작업롤들과 압연 스톡의 접촉 전에, 도 3에 도시된 것처럼, 압연 스톡의 인입 두께보다 더 작다. 롤 스탠드의 구동되는 작업롤은, 압연 스톡이 롤간 간격에 도달한 후에, 설정 회전속도(v_0)로 작동된다. 구동되는 작업롤은, 압연 스톡이 롤간 간격에 도달할 때까지는, 설정 회전속도(v_0)와 다른 파일럿 제어 회전속도(v_v)로 작동되며, 파일럿 제어 회전속도(v_v)는 설정 회전속도(v_0)보다 Δv만큼 더 낮다. 파일럿 제어 회전속도(v_v)는, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터, 시간 기간(t_v)에 걸쳐, 파일럿 제어 회전속도(v_v)가 단순 증가하는 방식

으로 가변된다. 이런 경우, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 파일럿 제어 회전속도(v_v)는, 적어도 예상 대상 압연력 및/또는 예상 대상 압연 토크 및/또는 압연 스톡의 인입 속도 및/또는 롤간 간격 기하구조를 고려하면서, 특히 압연 스톡의 인입 두께 및 롤간 간격 높이에 따라서 산출되는 파일럿 제어 함수에 의해 가변된다. 시점(t_1)과 시점(t_2) 사이에서 설정 회전속도(v_0)와 파일럿 제어 회전속도(v_v) 간의 면적(F_v)은 롤 스탠드를 이용한 압연 스톡의 일차 패스를 통한 길이 에러에 비례한다.

[0042] 파일럿 제어 회전속도는, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉에서부터 고정된 설정 회전속도의 도달에 이르기까지, 파일럿 제어 회전속도와 고정된 설정 회전속도 간의 시간 적분을 통해, 압연 개시 시점에 롤간 간격 유입구에서 예상되는 질량 유량 에러에 상응하는 사전 설정 가능한 보상 길이를 나타내는 면적이 도출되는 방식으로 사전 설정될 수 있다. 보상 길이는 면적에서 계산될 수 있다. 보상 길이는, 압연 개시 시점에 작업롤의 회전속도, 및 질량 유량에 영향을 주는 또 다른 성분들의 고려하에 계산될 수 있다. 보상 길이는, 특히 압연 개시 시점에 작업롤의 회전속도; 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 인입 거동; 및 일차 패스 동안 상호작용하는 작업롤들의 수직 이동;의 고려하에 계산될 수 있다.

[0043] 파일럿 제어 회전속도는, 파일럿 제어 회전속도(v_v)의 단순 특성곡선이, 구동되는 작업롤(2)과 압연 스톡(3)의 접촉으로 개시되고 고정된 설정 회전속도(v_0)의 도달로 종료되는 롤간 간격 충전 시간 이내에, 시간에 따라 연장되는 방식으로 사전 설정된다. 롤간 간격 충전 시간의 길이는 50㎳보다 더 크게 선택된다.

[0044] 압연 스톡의 압연 스톡 속도는 롤 스탠드의 스탠드 유입구에서 측정될 수 있으며, 그리고 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 파일럿 제어 회전속도의 변동 시 고려될 수 있다. 그 대안으로, 또는 그에 추가로, 구동되는 작업롤과 압연 스톡의 접촉 후부터 파일럿 제어 회전속도의 변동 시, 압연기의 상류에 연결되는 주조기의 주조기 구동부들의 전류 소모량도 고려될 수 있다.

부호의 설명

[0045] 1: 압연기

2: 작업롤

3: 압연 스톡

f_v: 재료 전진 속도

F: 면적

F_v: 면적

h_1: 인입 두께

h_2: 인출 두께

M_{Roll}: 토크

t: 시간

t_A: 일차 패스의 시점

t_E: 시점

t_V: 파일럿 제어 회전속도의 변동의 시간 기간

t_1: 접촉의 시점

t_2: 롤간 간격의 도달 시점

v: 작업롤의 회전속도

v_0: 설정 회전속도

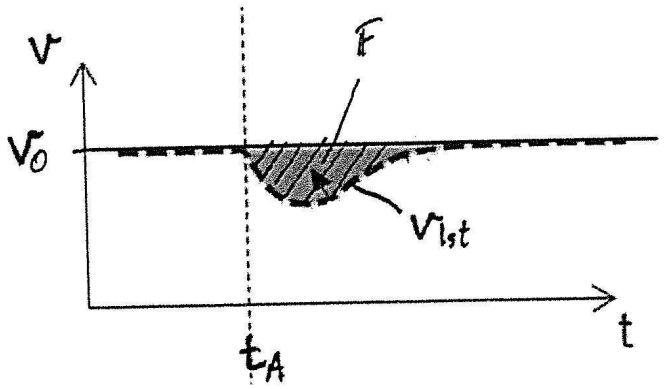
V_{Ist}: 실제 회전속도

Vv: 파일럿 제어 회전속도

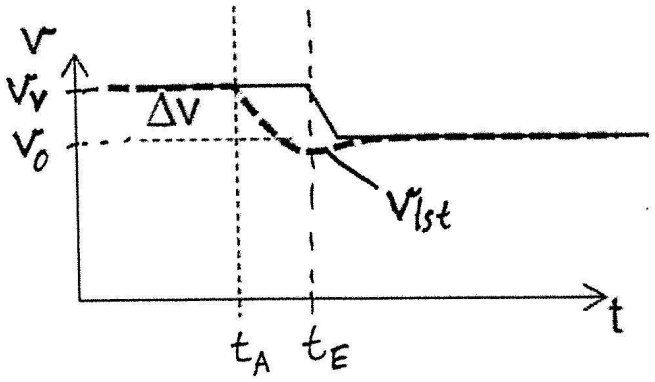
Δv: 속도차

도면

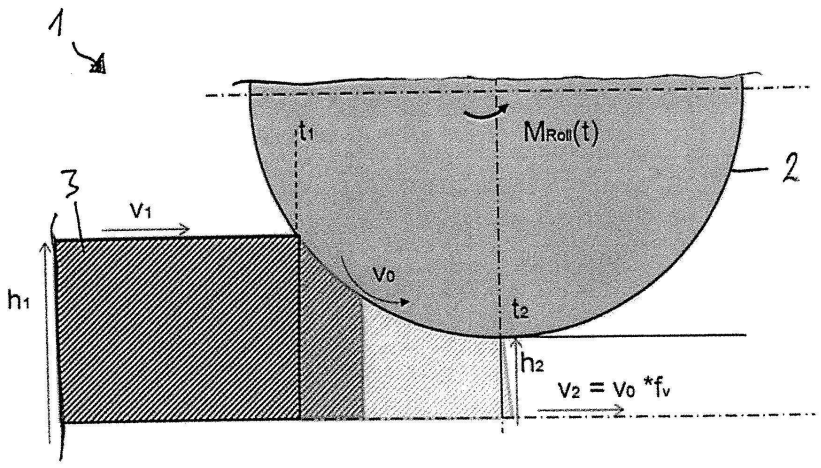
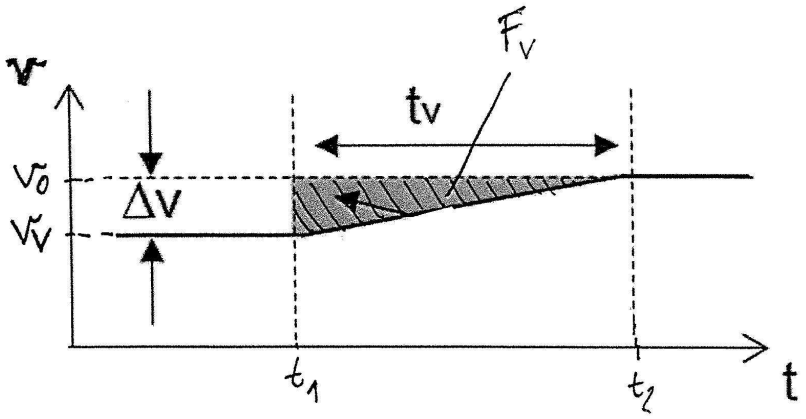
도면1



도면2



도면3



도면4