(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년05월02일
(11) 등록번호 10-1140577
(24) 등록일자 2012년04월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21B 37/00 (2006.01) *B21B 37/16* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-7015613
(22) 출원일자(국제) 2005년01월14일
심사청구일자 2009년06월12일
(85) 번역문제출일자 2006년08월02일
(65) 공개번호 10-2006-0126755
(43) 공개일자 2006년12월08일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2005/000348
(87) 국제공개번호 WO 2005/070575
국제공개일자 2005년08월04일
(30) 우선권주장
10 2004 003 514.8 2004년01월23일 독일(DE)
(56) 선행기술조사문헌
JP평성11104720 A
JP2000051915 A
JP평성11156413 A
전체 청구항 수 : 총 4 항

(73) 특허권자
에스엠에스 지마크 악티엔게젤샤프트
독일 뒤셀도르프 에두아르트-슐레이만-슈트라쎄 4
(72) 발명자
릭스펠트 페터
독일 힐헨바흐 57271 아우프 데르 휘테 31
스코다-도프 율리히
독일 두이스부르크 47051 마인슈트라쎄 55
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
송봉식, 정삼영

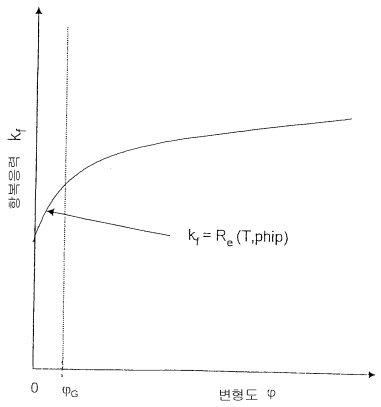
심사관 : 정석우

(54) 발명의 명칭 **강 재료 또는 비철 재료의 열간 압연 시에 공정 안정성,특히 절대 두께 정밀도와 설비 안전성을 증진시키는 방법**

(57) 요 약

본 발명은 강 재료 또는 비철 재료를 열간 압연하는 동안 설정 압연력(F_W)과 각각의 조정 위치(s)의 계산 시에 고온 겉보기 항복점(R_e)을 감안하여 낮은 변형도(ϕ) 또는 낮은 압하율로써 공정 안정성, 특히 절대 두께 정밀도와 설비 안전성을 증진시키는 방법에 간한 것으로, 고온 겉보기 항복점(R_e)을 성형 온도(T) 및/또는 성형 속도($phip$)에 의존하여 산출하고, 관계식 $R_e = a + e^{b1+b2\cdot T} \cdot phip^{c}$ 을 매개로 하여 설정 압연력(F_W)의 결정을 위한 항복 응력($k_{f,R}$)의 함수로 통합시킴으로써, 낮은 변형도(ϕ) 또는 낮은 압하율에서 항복 응력($k_{f,R}$)과 설정 압연력(F_W)의 정확도가 증진되게 되는데, 상기 관계식에서 각각의 기호는 R_e = 고온 겉보기 항복점, T = 성형 온도, $phip$ = 성형 속도, 및 a; b; c: 계수들을 의미한다.

대 표 도



(72) 발명자

베하게 해럴드

독일 일센부르크 38871 하르쯔부르거 슈트라쎄 31

그림 볼프강

독일 일센부르크 38871 블라우에 슈타인슈트라쎄 18

보로비코프 알렉산더

독일 그륀탈 16230 베르나우어 베크 5

블라이 홀거

독일 베를린 10405 엘라-카이-슈트라쎄 38

특허청구의 범위

청구항 1

강 재료 또는 비철 재료를 열간 압연하는 동안 설정 압연력(F_W)과 각각의 조정 위치(s)의 계산 시에 고온 겉보기 항복점(R_e)을 감안하여, 낮은 변형도(ϕ) 또는 낮은 압하율로써 공정 안정성을 증진시키는 방법에 있어서,

성형 온도(T) 및 성형 속도($phip$)에 의존하는 고온 겉보기 항복점(R_e)을, 다음의 관계식:

$$R_e = a + e^{b1 + b2 \cdot T} \cdot phip^{c}$$

을 이용하여 산출하고,

산출된 고온 겉보기 항복점(R_e)을, 설정 압연력(F_W)을 결정하는 항복 응력($k_{f,R}$)의 함수에 대입하여,

고온 겉보기 항복점(R_e)을 산입한 항복 곡선 관계식이, 다음의 식:

$$k_{f,R} = a + e^{b1 \cdot b2 \cdot T} \cdot phip^{c} + k_{f0} \cdot A_1 \cdot e^{m1 \cdot T} \cdot A_2 \cdot \varphi^{m2} \cdot A_3 \cdot phip^{m3}$$

여기서,

R_e = 고온 겉보기 항복점

T = 성형 온도

$phip$ = 성형 속도

a; b_1, b_2; c = 계수

k_{f0}: 항복 응력의 기저 값

A_1, A_2, A_3: 열역학 계수

m_1, m_2, m_3: 열역학 계수

를 의미함

으로 표현되는 것을 특징으로 하는 강 또는 비철 재료의 열간 압연 시의 공정 안정성 증진 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 두께 제어뿐만 아니라 계산 모델과 제어 방법을 위한 설정 압연력(F_W)을 산출하기 위해, 상기 항복 응력($k_{f,R}$)을 대입한 다음의 압연력 방정식:

$$F_w = Q_p \cdot k_{f,R} \cdot B \cdot (R_w \cdot (h_o - h_1))^{1/2}$$

여기서,

F_w = 설정 압연력

Q_p = 롤 갭 기하 형태 및 마찰률을 감안하는 함수

$k_{f,R}$ = 겉보기 항복점을 감안한 항복 응력

B = 압연물 폭

R_w = 롤 반경

h_0 = 압연 패스 전의 두께

h_1 = 압연 패스 후의 두께

를 의미함

에 따라 설정 압연력(F_W)을 결정하는 것을 특징으로 하는 강 또는 비철 재료의 열간 압연 시의 공정 안정성 증진 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 재료 계수(C_M)를 성형 온도(T)와 성형 속도($phip$)에 의존하는 고온 겉보기 항복점(R_e)을 감안하여 재료에 특정한 한계 변형도(ϕ_G) 미만의 변형도(ϕ)에 대해 다음의 식:

$$C_M = (F_W - F_m) / dh_1$$

여기서,

C_M = 재료 계수

F_W = 설정 압연력

F_m = 측정 압연력

dh_1 = 유출 두께의 변화율

을 의미함

에 따라 설정 압연력(F_W)에 의거하여 계산하는 것을 특징으로 하는 강 또는 비철 재료의 열간 압연 시의 공정 안정성 증진 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, Gaugemeter 방정식이 다음의 형태:

$$ds_{AGC} = (1 + C_M / C_G)\, dh_1 = (1 + C_M / C_G) \cdot ((F_W - F_m) / C_G + s - s_{soll})$$

여기서,

ds_{AGC} = 롤 갭 조절의 변화율

C_M = 재료 계수

C_G = 롤 스탠드 계수

dh_1 = 유출 두께의 변화율

F_W = 설정 압연력

F_m = 측정 압연력

s = 롤 갭의 조정 위치

s_{soll} = 롤 갭의 설정 조정 위치

를 의미함

로 표현되는 것을 특징으로 하는 강 또는 비철 재료의 열간 압연 시의 공정 안정성 증진 방법.

청구항 5

삭제

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 강 재료 또는 비철 재료를 열간 압연하는 동안 설정 압연력과 각각의 조정 위치의 계산 시에 고온 겉보기 항복점(high-temperature apparent yield point)을 감안하여 낮은 변형도 또는 낮은 압하율로써 공정 안정성, 특히 절대 두께 정밀도와 설비 안전성을 증진시키는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] A. Hansel과 T. Spittel의 선행 간행물 "단접 가능한 성형 방법의 힘 및 작업 소요", Leipzig, 1978 및 T. Spittel과 A. Hansel의 또 다른 선행 간행물 "성형 공정 시의 합리적 에너지 투입", Leipzig, 1981에는, 열간 압연 동안의 설정 압연력을 성형 저항과 가압 면의 적(product)으로서 산출하는 각종의 방법들이 개시되어 있다. 성형 저항 그 자체는 항복 응력과 롤 갭 기하 형태 및/또는 마찰률을 감안하기 위한 계수의 적으로서 결정된다. 가장 흔히 사용되는 항복 응력 산출 방법은 서로 곱셈으로 결합되는 성형온도, 변형도, 및 성형 속도를 감안하기 위한 영향 계수들을 갖는 방정식에 의해 항복 응력을 결정하는 것으로, 예컨대 다음의 형태로 된다:

수학식 1

[0003] $$k_f = k_{f0} \cdot A_1 \cdot e^{m1 \cdot T} \cdot A_2 \cdot phi^{m2} \cdot A_3 \cdot phip^{m3}$$

[0004] 여기서, 각각의 기호는 다음을 의미한다:

[0005] k_f = 항복 응력

[0006] k_{f0} = 항복 응력의 기저 값

[0007] T = 성형 온도

[0008] ϕ = 변형도

[0009] $phip$ = 성형 속도

[0010] A; m_i = 열역학 계수들.

[0011] 상이한 재료 군들에 대해, 열역학 계수들이 결정되어 있다. 하나의 군 내에서의 재료들의 구별은 각각의 기저 값인 k_{f0}에 의해 이뤄진다.

[0012] M. Spittel과 T. Spittel의 또 다른 논문 "열간 성형 시에 화학 조성과 성형 조건이 강에 미치는 영향의 모델링", Freiberg 1996에는, 재료의 항복 응력의 기저 값을 그 화학 분석에 의존하여 산출하고, 재료 군에 따른 온도, 변형도, 및 성형 속도를 감안하기 위한 나머지 파라미터들을 사용하는 방안이 추가로 제안되어 있다. 하지만, 수학식 1에 따른 방정식은 기본적으로 그대로 존속된다.

[0013] 항복 응력을 산출하는 곱셈 방정식의 단점은 변형도 $\phi < 0.04$로 낮아지거나 압하율이 낮아질수록 함수가 0 MPa의 항복 응력 쪽으로 가려고 한다는데 있다. 즉, 함수가 0을 통과한다(선행 기술에 대한 도 1에 도시되어 있음). 그러나, 그러한 이론은 실제의 상황과 모순된다. 그 결과, 낮은 압하율에서는 지나치게 작은 항복 응력 값이 결정되고, 그에 따라 지나치게 작은 설정 압연력이 결정되게 된다. 두께 제어를 통한 설정 롤 갭의 세팅은 압연력에 의존하므로, 오류가 생기게 된다. 열간 압연된 제품은 소기의 목표 두께에 비해 더 큰 실제 두께를 보이게 된다.

[0014] 낮은 변형도 또는 압하율에서 그와 같이 오류가 생기는 설정 압연력 계산은 최대 허용 설비 파라미터들 부근에서 높은 압연력 및/또는 압연 모멘트로 압연할 경우에 설비의 영구 손상이 발생한다는 것을 의미하는데, 그것은 예컨대 낮은 온도로 압연할 경우에, 또는 높은 온도일지라도 압연물 폭이 설비 기술적으로 최대한으로 가능한 폭 부근에 있을 경우에 발생하는 바와 같다.

[0015] 오류가 생기는 설정 압연력 계산은 전체적으로 공정 안정성에도 불리한 악영향을 미치는데, 그 이유는 예컨대 프로파일 모델 및 평탄도 모델 또는 프로파일 제어 및 평탄도 제어와 같은 후속의 자동화 모델 및 자동화 제어가 설정 압연력에 의해 산출되기 때문이다.

[0016] WO 93/11 886 A1로부터, 롤 스탠드 및/또는 재료에 특정한 압연력 적응 조정 요소를 사용하여 롤 스탠드의 설정 압연력 및 설정 롤 갭을 세팅하는 압연 플랜 계산 방법이 공지되어 있다. 설정 압연력 계산 시에 롤 스탠드에 특정하게 적응 조정하는 것은 다른 설비에 전용 가능성에 있어 불리하다.

[0017] WO 99/02 282 A1로부터, 롤 스탠드를 압연력, 압연 모멘트, 및 리드(lead)의 크기들 중의 하나 이상에 의존하여 제어하거나 예비 조정하는 공지의 방법으로서, 신경망을 기초로 한 정보 처리에 의해 또는 회귀 모델을 사용하여 압연 패스 시의 재료 경도를 역산하는 것을 매개로 한 역 압연 모델(inverted rolling model)에 의해 압연에 미치는 영향들을 모델링하는 방법을 알아볼 수 있다. 낮은 변형도 또는 압하율의 범위에서 곱셈 방정식에 따라 설정 압연력을 계산할 경우에 발생하는 오류가 회피될 수 있게 된다. 그러나, 신경망의 학습을 위해 또는 역 압연 모델을 위해 1차적인 압연 결과가 존재해야 한다. 즉, 제안된 바의 그러한 방법을 아직 압연되지 않은 재료들 또는 다른 파라미터들을 갖는 설비에 사용하는 것이 바로 보장되지는 않는다.

[0018] 전술된 선행 기술들에 공통된 사항은 설정 압연력 계산 및 두께 제어를 위한 공지의 방법의 범위 내에서 낮은 변형도 또는 낮은 압하율이 강 및 비철 재료의 열간 압연 동안 항복 응력에 미치는 영향이 정확하지 않게 또는 단지 불충분하게만 감안되어 있거나 다른 설비에의 전용 가능성이 제한되어 공정 안정성, 특히 절대 두께 정밀도 및 설비 안전성에 대한 위험성이 있다는 것이다.

발명의 상세한 설명

[0019] 본 발명의 목적은 낮은 변형도 또는 낮은 압하율에서 항복 응력 및 설정 압연력의 정확도를 높일 수 있는, 강 또는 비철 재료의 열간 압연 시에 공정 안정성, 특히 절대 두께 정밀도 및 설비 안전성을 증진시키는 방법을 제공하는 것이다.

설정된 그러한 목적은 본 발명에 따라 고온 겉보기 항복점을 성형 온도 및/또는 성형 속도에 의존하여 산출하고, 다음의 관계식을 매개로 하여 설정 압연력의 결정을 위한 항복 응력의 함수에 통합시키되,

수학식 2

$$R_e = a + e^{b1 + b2 \cdot T} \cdot phip^{c}$$

곱셈 항복 곡선 방정식을 다음의 식에 따라 성형 온도와 성형 속도에 의존하는 고온 겉보기 항복점에 관해 결정함으로써, 그와 같이 통합시키는 것에 의해 달성되게 된다:

수학식 3

$$k_{f,R} = a + e^{b1 \cdot b2 \cdot T} \cdot phip^{c} + k_{f0} \cdot A_1 \cdot e^{m1 \cdot T} \cdot A_2 \cdot \varphi^{m2} \cdot A_3 \cdot phip^{m3}$$

여기서, 각각의 기호는 다음을 의미한다:

R_e = 고온 겉보기 항복점

T = 성형 온도

$phip$ = 성형 속도

a; b; c: 계수들.

본 발명에 따라 성형 온도와 성형 속도에 의존하는 고온 겉보기 항복점을 감안하는 것에 의거하여, 방법이 극히 낮은 변형도 쪽에서마저도 정확한 값을 얻게 된다. 출발치는 성형 온도와 성형 속도에 의존하는 압연 대상 재료의 각각의 고온 겉보기 항복점이다.

[0020] 그러한 새로운 방정식을 항복 응력의 계산에 사용함에 있어서의 이점은 해당 압연 패스의 항복 응력을 성형 온도와 성형 속도에 의존하여 측정 압연력으로부터 역산하고, 그것이 고온 인장 시험으로부터 측정된 고온 겉보기 항복점과 동일할 경우에 그 고온 겉보기 항복점과 동일시함으로써, 압연하려는 재료들에 대한 고온 겉보기 항복

점을 재료에 특정한 한계 변형도 미만의 변형도에 의한 압연들의 측정 데이터로부터 산출할 수 있다는데 있다. 성형 온도와 성형 속도에 대한 고온 겉보기 항복점의 규명된 의존성은 근사되는 고온 항복 곡선의 출발점이 된다.

[0021] 삭제

[0022] 삭제

[0023] 삭제

[0024] 삭제

[0025] 삭제

[0026] 삭제

[0027] 삭제

[0028] 삭제

[0029] 삭제

[0030] 삭제

[0031] 본 발명의 또 다른 구성에 따르면, 두께 제어를 위한 및 계산 모델과 제어 방법까지를 위한 설정 압연력을 산출하는 종래의 압연력 방정식에서의 항복 응력을 다음의 방정식에 따라 결정하는 조치가 취해진다:

수학식 4

[0032] $$F_w = Q_p \cdot k_{f,R} \cdot B \cdot (R_w \cdot (h_o - h_1))^{1/2}$$

[0033] 여기서, 각각의 기호는 다음을 의미한다:

[0034] F_w = 설정 압연력

[0035] Q_p = 롤 갭 기하 형태 및 마찰률을 감안하는 함수

[0036] $k_{f,R}$ = 겉보기 항복점을 감안한 항복 응력

[0037] B = 압연물 폭

[0038] R_w = 롤 반경

[0039] h_0 = 압연 패스 전의 두께

[0040] h_1 = 압연 패스 후의 두께.

[0041] 본 발명의 또 다른 구성에서는, 재료 계수를 성형 온도와 성형 속도에 의존하는 고온 겉보기 항복점을 감안하여 재료에 특정한 한계 변형도 미만의 변형도에 대해 다음의 식에 따라 설정 압연력에 의거하여 계산하는 조치가 취해진다:

수학식 5

[0042] $$C_M = (F_W - F_m) / dh_1$$

[0043] 여기서, 각각의 기호는 다음을 의미한다:

[0044] C_M = 재료 계수

[0045] F_W = 설정 압연력

[0046] F_m = 측정 압연력

[0047] dh_1 = 유출 두께의 변화율.

[0048] 그 경우, 본 발명은 종래의 Gaugemeter 방정식을 다음의 형태로 확장하도록 구성된다:

수학식 6

[0049] $$ds_{AGC} = (1 + C_M / C_G)\, dh_1 = (1 + C_M / C_G) \cdot ((F_W - F_m) / C_G + s - s_{soll})$$

[0050] 여기서, 각각의 기호는 다음을 의미한다:

[0051] ds_{AGC} = 롤 갭 조절의 변화율

[0052] C_M = 재료 계수

[0053] C_G = 롤 스탠드 계수

[0054] dh_1 = 유출 두께의 변화율

[0055] F_W = 설정 압연력

[0056] F_m = 측정 압연력

[0057] s = 롤 갭의 조정 위치

[0058] s_{soll} = 롤 갭의 설정 조정 위치.

[0059] 그럼으로써, 이제는 낮은 변형도 또는 압하율에서의 재료 유동 거동까지도 올바르게 모사되게 된다.

[0060] Gaugemeter 방정식과 계산된 설정 압연력을 기초로 하여, 압연물의 유출 두께를 확보하기 위한 전기 기계적 조정 시스템 및/또는 유압 조정 시스템의 조정 위치가 산출되게 된다.

실 시 예

[0077] 항복 응력을 산출한 곱셈 방정식(도 1)의 단점은 도시된 바와 같이 낮은 변형도 $\phi < 0.04$ 또는 낮은 압하율 쪽에서 함수가 0 MPa의 항복 응력 쪽으로 가려고 한다는데, 즉 함수가 0을 통과한다는데 있다.

[0078] 본 발명에 따라 성형 온도 T와 성형 속도 $phip$에 의존하는 고온 겉보기 항복점을 감안하는 것(도 2)에 의해, 본 발명에 따른 방법이 극히 낮은 변형도 ϕ 쪽에서마저도 정확한 값을 얻게 된다. 출발치는 성형 온도 T와 성형 속도 $phip$에 의존하는 압연 대상 재료의 각각의 고온 겉보기 항복점 R_e이다.

도면의 간단한 설명

[0061] 첨부 도면에는 선행 기술과 본 발명에 따른, 변형도의 함수로서의 항복 응력이 도시되어 있는바, 이후로 그에 관해 설명하기로 한다. 첨부 도면 중에서,

[0062] 도 1은 종래의 곱셈 방정식(선행 기술)에서의 변형도 ϕ에 따른 항복 응력 k_f의 추이를 개략적으로 나타낸 그래프이고,

[0063] 도 2는 본 발명에서의 변형도 ϕ에 따른 항복 응력 $k_{f,R}$의 추이를 개략적으로 나타낸 것으로, 곱셈 방정식의 한계 변형도 ϕ_G 가 고온 겉보기 항복점만큼 부가적으로 확장되는 것을 나타낸 그래프이다.

[0064] <도면 부호의 설명>

[0065] A_i: 열역학 계수들 a_i, b_i, c: 계수들

[0066] B: 압연물 폭 C_G: 롤 스탠드 계수

[0067] C_M: 재료 계수 dh_1: 유출 두께의 변화율

[0068] ds_{AGC}: 롤 갭 조절의 변화율 F_m: 측정 압연력

[0069] F_W: 설정 압연력 h_0: 압연 패스 전의 두께

[0070] h_1: 압연 패스 후의 두께 k_f: 항복 응력

[0071] k_{f0}: 항복 응력의 기저 값 $k_{f,R}$: 겉보기 항복점을 감안한 항복 응력

[0072] m_i: 열역학 계수 ϕ: 변형도

[0073] $phip$: 성형 속도 Q_p: 롤 갭 기하 형태와 마찰률을 감안한 함수

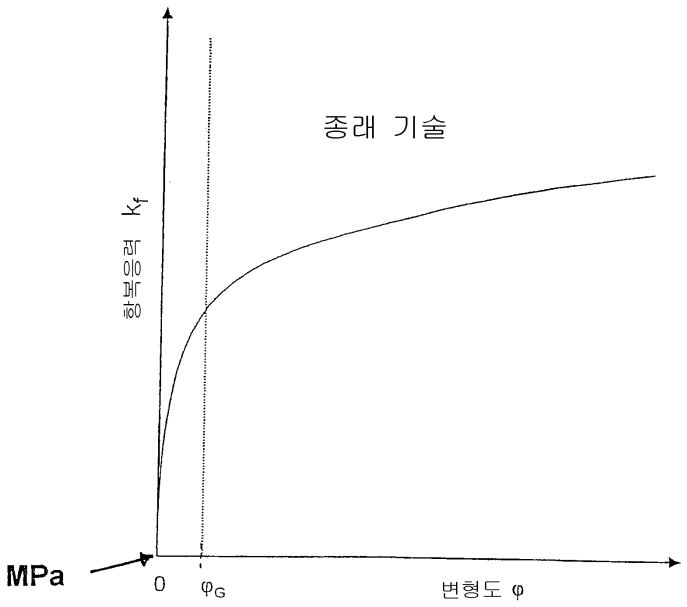
[0074] R_e: 고온 겉보기 항복점 R_w: 롤 반경

[0075] s: 롤 갭의 조정 위치 s_{soll}: 롤 갭의 설정 조정 위치

[0076] T: 성형 온도

도면

도면1



도면2

