(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년03월11일
(11) 등록번호 10-1241837
(24) 등록일자 2013년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21B 1/16 (2006.01) *B21B 1/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7002903
(22) 출원일자(국제) 2005년08월05일
심사청구일자 2010년07월14일
(85) 번역문제출일자 2007년02월06일
(65) 공개번호 10-2007-0042544
(43) 공개일자 2007년04월23일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2005/014797
(87) 국제공개번호 WO 2006/014027
국제공개일자 2006년02월09일
(30) 우선권주장
JP-P-2004-00231505 2004년08월06일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2004091912 A
JP평성10099902 A
전체 청구항 수 : 총 52 항

(73) 특허권자
도쿠리츠교세이호징 붓시쯔 자이료 겐큐키코
일본 이바라키켄 츠쿠바시 센겐 1-2-1
(72) 발명자
토리즈카 시로
일본국 이바라키켄 츠쿠바시 센겐 1-2-1, 도쿠리츠교세이호징붓시쯔 자이료 겐큐키코 나이
무라마츠 에이지로
일본국 이바라키켄 츠쿠바시 센겐 1-2-1, 도쿠리츠교세이호징붓시쯔 자이료 겐큐키코 나이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
하상구, 하영욱

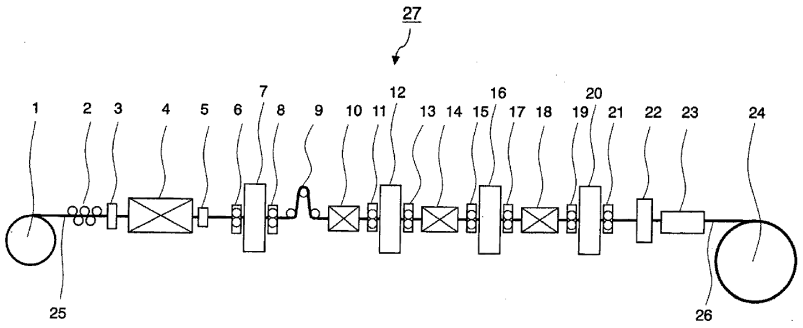
심사관 : 이학왕

(54) 발명의 명칭 **온간제어압연에 의해 큰 변형이 도입된 금속선재, 및 그제조방법과 제조장치**

(57) 요 약

온간온도 범위내로 제어된 금속선재를 복수 기의 구멍형 롤 압연기에 의해 진변형이 적어도 0.25이상이 되도록 연속적으로 압연함으로써 금속선재에 큰 변형을 형성하고, 2차가공용 또는 3차가공용의 금속선재에 특별한 열처리를 실시하지 않아도 우수한 강도와 연성을 부여함과 아울러, 종래에는 얻을 수 없었을 정도의 대단중의 금속세선을 생산효율 좋게 제조하는 방법 및 장치를 제공한다.

대 표 도



(72) 발명자

이노우에 타다노부

일본국 이바라키켄 츠쿠바시 센겐 1-2-1, 도쿠리츠 교세이호징붓시쯔 자이료 겐큐키코 나이

나가이 코토부

일본국 이바라키켄 츠쿠바시 센겐 1-2-1, 도쿠리츠 교세이호징붓시쯔 자이료 겐큐키코 나이

특허청구의 범위

청구항 1

주행하는 금속재료를 가열하고, 가열된 상기 금속재료를 직렬로 배치된 복수 기의 압연기에 의해 연속적으로 압연해서 금속선재 또는 금속선을 제조하는 방법으로서, 압연개시부터 압연종료까지의 피압연재의 온도를 상기 피압연재의 금속재료의 종류에 따라 정해진 온간압연온도의 범위내로 제어하면서, 또한, 상기 압연개시부터 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 하기 (1)식:

$e=\ln(S_0/S)\cdots(1)$

단, e:진변형

S_0:압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적

S:압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적

으로 나타내어지는 진변형(e)이 $e\geq0.25$가 되는 압연가공을 구멍형 롤, 평 롤, 또는, 구멍형 롤과 평 롤의 조합에 의해 실시하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 진변형(e)이 $e\geq0.70$이 되는 압연가공을 상기 구멍형 롤, 평 롤, 또는, 구멍형 롤과 평 롤의 조합에 의해 실시하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 진변형(e)이 $e\geq1.38$이 되는 압연가공을 상기 구멍형 롤, 평 롤, 또는, 구멍형 롤과 평 롤의 조합에 의해 실시하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 주행하는 금속재료는 가열되기 전에 있어서는 코일상으로 감겨져 있으며, 그리고, 상기 복수 기의 압연기에 의해 연속적으로 압연가공이 실시된 상기 금속선재 또는 금속선은 코일상으로 감겨지는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피압연재의 가열은, 제1번째 압연기의 실질적 직전에 있어서 상기 온간압연온도의 범위내의 소정 온도까지 급속가열하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피압연재의 가열은, 또한, 제2번째 이후의 1기이상의 압연기의 실질적 직전에 있어서도 보조적으로 급속가열하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 피압연재의 상기 구멍형 롤에 의한 압연 패스 스케줄에는, C단면이 사각형상 또는 라운드형상을 갖는 피압연재를 타원 구멍형을 갖는 압연기로 압연해서 C단면이 타원형상인 피압연재로 성형하고, 다음에 이렇게 해서 얻어진 피압연재를 정사각 구멍형을 갖는 압연기 또는 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 패스 스케줄을 포함하고, 또한 이 패스 스케줄에 있어서, 상기 타원 구멍형의 최대 단축길이(A라고 표기함)의 상기 C단면이 사각형상 또는 라운드형상을 갖는 피압연재의 각각 대변간 길이 또는 지름(모두 B라고 표기함)에 대한 비율(A/B)이 $A/B\leq0.75$를 만족시키는 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 압연 패스 스케줄에는, 또한, 상기 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형의 상하 대각간 길이(모두 C라고 표기함)의 상기 C단면이 타원형상으로 성형된 상기 피압연재의 장축길이(D라고 표기함)에 대한 비율(C/D)이 C/D≤0.75를 만족시키는 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 C단면이 타원형상으로 성형된 상기 피압연재를 정사각 구멍형을 갖는 압연기 또는 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 대신에, 박스 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 C단면이 타원형상으로 성형된 상기 피압연재의 장축길이(D)에 대한 상기 박스 구멍형의 상하 대변간 길이(C'라고 표기함)의 비율(C'/D)이 C'/D≤0.75를 만족시키는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 상기 압연은 상기 타원 구멍형의 최대 단축길이(A)와 그 장축길이(E라고 표기함)의 비(A/E)가 A/E≤0.40을 만족시키는 타원 구멍형을 갖는 압연기를 사용하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 12

제7항에 있어서, 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 상기 압연은 상기 타원 구멍형의 곡률반경(Ra라고 표기함)이 상기 C단면이 사각형상 또는 라운드형상을 갖는 피압연재의 각각 대변간 길이 또는 지름(B)의 1.5배이상인 타원 구멍형을 갖는 압연기를 사용하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 13

제7항에 있어서, 상기 패스 스케줄에는 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기와, 이것에 계속되는 상기 정사각 구멍형을 갖는 압연기 또는 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기의 조합에 의한 압연을 2회이상 행하는 것을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 14

제9항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피압연재의 압연기에 의한 압연 패스 스케줄에는 타원 구멍형 형상, 다이아몬드 구멍형 또는 박스 구멍형의 구멍형 롤에 의한 압연과, 이것에 계속되는 정사각 구멍형, 다이아몬드 구멍형, 박스 구멍형 또는 라운드 구멍형의 구멍형 롤에 의한 압연과의 조합을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 피압연재의 온도를 상기 금속재료의 종류에 따라 정해진 온간압연온도의 범위내로 제어하면서, 상기 피압연재를 상기 각 구멍형을 갖는 압연기에 의해 압연가공하는 일련의 공정을 2공정이상 반복하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 일련의 공정을 2공정이상 반복함으로써, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에, 상기 피압연재에 도입되는 하기 (2)식:

$$e_{Tot}=\ln(S_0/S_{Tot})\cdots(2)$$

단, e_{Tot}:진변형

S_0:최초의 압연공정의 압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적

S_{Tot}:최종의 압연공정의 압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적

으로 나타내어지는 진변형(e_{Tot})이 $e_{Tot} \geq 0.25$를 만족시키는 압연가공을 실시하는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 진변형(e_{Tot})은 $e_{Tot} \geq 0.70$을 만족시키는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 진변형(e_{Tot})은 $e_{Tot} \geq 1.38$을 만족시키는 것을 특징으로 하는 금속선재 또는 금속선의 제조방법.

청구항 19

코일 되감기장치 및 코일 권취장치가 설치되고, 이들 양 장치간에 복수 기의 압연기가 직렬로 배치되고, 상기 코일 되감기장치로부터 되감겨져서 주행하는 피압연재를 상기 복수 기의 압연기로 연속적으로 압연해서 금속선재 또는 금속선을 제조하는 압연가공설비로서, 복수 기의 압연기는 상기 압연기군 중에 타원 구멍형을 갖는 압연기가 설치되어 있고, 이것에 계속해서 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기 및 라운드 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나가 설치되어 있는 압연기의 설치조합을 포함하고 있으며, 상기 복수 기의 압연기 중 제1번째 압연기의 입측이며, 상기 압연기에 대하여 실질적 직근인 위치에 대용량 급속가열장치가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 20

코일 되감기장치 및 코일 권취장치가 설치되고, 이들 양 장치간에 복수 기의 압연기가 직렬로 배치되고, 상기 코일 되감기장치로부터 되감겨져서 주행하는 피압연재를 상기 복수 기의 압연기로 연속적으로 압연해서 금속선재 또는 금속선을 제조하는 압연가공설비로서, 상기 복수 기의 압연기 중 제1번째 압연기의 입측이며, 상기 압연기에 대해서 실질적 직근인 위치에 대용량 급속가열장치가 설치되어 있는 온간제어 연속압연 가공설비에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 중 제2번째이후의 압연기 중 1기이상의 입측이며 실질적 직근인 위치에 보조 급속가열장치가 더 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 21

제19항 또는 제20항에 있어서, 상기 대용량 급속가열장치는 메탈섬유 가스버너 또는 세라믹 다공판 가스버너 등의 표면연소식 가스버너장치, 통전저항 가열장치, 전자유도 가열장치, 및 전기저항 발열체복사 가열장치 중 1종 또는 2종이상을 조합한 가열장치로 이루어지는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 22

제20항에 있어서, 상기 보조 급속가열장치는 메탈섬유 가스버너 또는 세라믹 다공판 가스버너 등의 표면연소식 가스버너장치, 통전저항 가열장치, 전자유도 가열장치, 및 전기저항 발열체복사 가열장치 중 어느 1종의 가열장치인 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 23

삭제

청구항 24

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수 기의 압연기는 적어도, 타원 구멍형을 갖는 압연기, 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기, 박스 구멍형을 갖는 압연기 및 라운드 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나를 포함하고, 이 어느 하나의 압연기에 계속해서 타원 구멍형을 갖는 압연기, 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기, 박스 구멍형을 갖는 압연기 및 라운드 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나가 설치되어 있는 압연기의 설치조합을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는

온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 25

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 중 마지막 압연기의 하류측에 사이징장치가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 26

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 사이의 1개소이상에는, 상기 코일 되감기장치로부터 되감겨져서 주행하는 상기 피압연재에 대한 느슨함 조정장치가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 27

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수 기의 각 압연기의 입측에는 상기 주행하는 피압연재를 상기 각 압연기에 유도하는 입측 안내장치가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 28

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수 기의 각 압연기의 출측에는 상기 주행하는 피압연재를 상기 각 압연기로부터 주행배출되는 피압연재를 도출하는 출측 안내장치가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 29

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 코일 되감기장치와 상기 대용량 급속가열장치 사이에는, 스트레이트너 및/또는 핀치롤이 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 30

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 코일 권취장치의 상류측에는 주행하는 강선을 냉각하기 위한 냉각장치가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 31

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 중 제1번째 압연기를 제외한 임의의 압연기의 입측에, 주행하는 피압연재의 상기 임의의 압연기 입측 온도를 제어하기 위한 급속조정 냉각장치가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 32

제19항, 제20항, 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수 기의 각 압연기의 입측 및 출측에 있어서의 피압연재의 온도를 제어하기 위한 온도제어기구가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 온간제어 연속압연 가공설비.

청구항 33

주행하는 강선재를 가열하고, 가열된 상기 강선재를 직렬로 배치된 복수 기의 압연기에 의해 연속적으로 압연해서 강선재 또는 강선을 제조하는 방법으로서, 압연개시부터 압연종료까지의 피압연재의 온도를 350℃~850℃의 범위내로 제어하고, 또한 상기 피압연재의 온도를 하기 (3) 및 (4)식:

$T_{r+1,\ out}-T_{r,\ in}=-150℃\sim 50℃\cdots(3)$

$T_{n,out}-T_{1,\ in}=-200℃\sim 100℃\cdots(4)$

(단, T는 온도(℃)이며, n은 압연기의 기수를 나타내며, r은 압연기의 순번이며, 제1번부터 제n-1번까지의 임의의 수를 나타내고, in은 압연기에의 입측 직전, out은 압연기로부터의 출측 직후를 나타낸다)가 만족되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 34

제33항에 있어서, 상기 압연개시부터 압연종료까지의 피압연재의 온도는 이것을 400℃～650℃의 범위내로 제어하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 35

주행하는 강선재를 가열하고, 가열된 상기 강선재를 직렬로 배치된 복수 기의 압연기에 의해 연속적으로 압연해서 강선재 또는 강선을 제조하는 방법으로서, 압연개시부터 압연종료까지의 피압연재의 온도를 400℃～650℃의 범위내로 제어하고, 또한, 상기 피압연재를 타원 구멍형을 갖는 압연기로 압연하고, 계속해서 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기, 라운드 구멍형을 갖는 압연기 및 박스 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나의 압연기로 압연하는 패스 스케줄을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 36

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 압연기 중에는 타원 구멍형을 갖는 압연기가 포함되어 있어 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연이 포함되어 있으며, 또한 상기 압연개시부터 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 하기 (1')식:

$e'=\ln(S_0'/S')\cdots(1')$

단, e':진변형

S_0':압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적

S':압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적

으로 나타내어지는 진변형(e')은 $e'\geq0.25$가 되는 압연가공을 실시하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 37

제36항에 있어서, 상기 진변형(e')은 $e'\geq0.70$을 만족시키는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 38

제36항에 있어서, 상기 진변형(e')은 $e'\geq1.38$을 만족시키는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 39

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 압연기 중에는 타원 구멍형을 갖는 압연기가 포함되어 있어서 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연이 포함되어 있으며, 또한 상기 압연개시부터 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 3차원 유한요소법을 이용하여 산출되는 소성변형(ε라고 표기함)이 상기 피압연재의 50체적%이상의 영역에 있어서, $\varepsilon\geq0.7$이 되는 압연가공을 실시하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 40

제39항에 있어서, 상기 소성변형(ε)은 $\varepsilon\geq1.5$인 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 41

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 압연기 중에는 타원 구멍형을 갖는 압연기가 포함되어 있어서 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연이 포함되어 있으며, 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기로 압연되는 피압연재의 C단면은 사각형상 또는 라운드형상을 갖고, 상기 피압연재의 각각 대변간 길이 또는 지름(모두 B라고 표기함)에 대한 상기 타원 구멍형의 최대 단축길이(A라고 표기함)의 비율(A/B)은 $A/B\leq0.75$를 만족시키는

것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 42

제41항에 있어서, 상기 피압연재의 각각 대변간 길이 또는 지름(모두 B라고 표기함)에 대한 상기 타원 구멍형의 최대 단축길이(A라고 표기함)의 비율(A/B)은 $A/B \leq 0.60$을 만족시키는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 43

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 압연기 중에는 타원 구멍형을 갖는 압연기가 포함되고, 이 압연기에 계속해서 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기가 설치되어 있으며, 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기로 성형된 C단면이 타원형상인 피압연재의 장축길이(D라고 표기함)에 대한 상기 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형의 상하 대각간 길이(모두 C라고 표기함)의 비율(C/D)은 $C/D \leq 0.75$를 만족시키는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 44

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피압연재의 상기 압연개시부터 압연종료까지의 공정을 2공정 이상 반복하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 45

제44항에 있어서, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 3차원 유한요소법을 이용하여 산출되는 소성변형(ε 라고 표기함)이 상기 피압연재의 50체적%이상의 영역에 있어서, $\varepsilon \geq 1.5$가 되는 압연가공을 실시하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 46

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피압연재의 상기 압연개시부터 압연종료까지의 공정을 3공정 또는 4공정 반복함으로써, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 하기 (2')식:

$$e_{Tot}' = \ln(S_0'/S_{Tot}') \cdots (2')$$

단, e_{Tot}':진변형

S_0':최초의 압연공정의 압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적

S_{Tot}':최종의 압연공정의 압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적

으로 나타내어지는 진변형(e_{Tot}')이 $e_{Tot}' \geq 1.38$이 되는 압연가공을 실시하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 47

제46항에 있어서, 상기 피압연재의 1공정은 2기의 압연기가 직렬로 배치된 압연가공설비를 이용하여 행해지는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 48

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피압연재의 상기 압연개시부터 압연종료까지의 공정을 3공정 이상 반복함으로써, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 3차원 유한요소법을 이용하여 산출되는 소성변형(ε 라고 표기함)이 상기 피압연재의 50체적%이상의 영역에 있어서, $\varepsilon \geq 2.0$이 되는 압연가공을 실시하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 49

제48항에 있어서, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 3차원 유한요소법 을 이용하여 산출되는 소성변형(ε라고 표기함)이 상기 피압연재의 50체적%이상의 영역에 있어서, ε≥3.0이 되는 압연가공을 실시하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 50

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 코일 되감기장치 및 코일 권취장치가 설치되고, 이들 양 장치간에 복수 기의 압연기가 직렬로 배치되고, 상기 코일 되감기장치로부터 되감겨져서 주행하는 피압연재를 상기 복수 기의 압연기로 연속적으로 압연해서 금속선재 또는 금속선을 제조하는 압연가공설비로서, 복수 기의 압연기는 상기 압연기군 중에 타원 구멍형을 갖는 압연기가 설치되어 있고, 이것에 계속해서 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기 및 라운드 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나가 설치되어 있는 압연기의 설치조합을 포함하고 있으며, 상기 복수 기의 압연기 중 제1번째 압연기의 입측이며, 상기 압연기에 대하여 실질적 직근인 위치에 대용량 급속가열장치가 설치되어 있는 온간제어 연속압연 가공설비를 이용하여 주행하는 강선재에 압연가공을 실시함으로써 제조하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 51

제50항에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 중 1기이상의 압연기, 1기이상의 압연기와 사이징 밀, 또는 사이징 밀은 이것 또는 이들을 공관통하거나, 또는 이들을 압연의 온라인으로부터 일시적으로 제거해서 사용하지 않고, 상기 피압연재를 목표로 하는 단면형상 치수로 압연하는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법.

청구항 52

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 기재된 방법으로 제조됨으로써, 최종압연공정의 압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적의 90%이상의 영역에 대해서 평균 결정입경이 1.0㎛이하로 미세립화되어 있는 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선.

청구항 53

제52항에 있어서, 상기 피압연재의 C단면의 면적의 90%이상의 영역에 형성된 평균 결정입경은 0.6㎛이하인 것을 특징으로 하는 코일상 강선재 또는 강선.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 주행하는 금속재료를 연속적으로 온간제어압연함으로써, 금속선재 또는 금속선을 효율 좋게 제조하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래, 2차가공 메이커나 3차가공 메이커에 공급되는 금속선재 또는 금속선은 다음과 같이 해서 제조되고 있지만, 하기와 같은 문제점이 있다.

[0003] 이하, 전형적인 금속선재 또는 금속선으로서 강선재 또는 강선을 예로 들어 그 제조공정 및 문제점에 대해서 서술한다.

[0004] 강선재 또는 강선의 제조공정은, 일단, 강봉이나 강선재를 열간압연 등에 의해 제조하고, 이것을 소재로 해서, 다시 인발가공이나 압연가공에 의해 단면지름을 한층 가늘게 가공하여, 2차나 3차의 가공공정용 소재로서의 강선재 또는 강선을 제조하고 있다. 또, 본 명세서에 있어서는, 2차, 3차의 가공공정용 소재로서의 1)강선재, 2)강선, 3)강세선 및 강선의 모든 경우를 포함해서 「강세선」이라고 한다.

[0005] 상기 강세선의 제강공정으로부터의 제조방법은, 통상, 제강·정련로에서 용제된 소정 성분의 용강을 연속 주조

공정에서 블룸(bloom) 등의 주편으로 조제하고, 이것을 열간에 있어서의 분괴압연공정에 의해, 단면이 보다 작은 빌릿으로 압연가공한다.

[0006] 계속해서, 이것을 열간에 있어서의 선재 압연공정에 있어서, 빌릿을 가열로에서 소정 온도, 예를 들면 1200℃정도로 가열하고, 가열된 빌릿을 가열로로부터 1개씩 추출하여, 환강(丸鋼)의 강선재의 경우에는, 조(粗) 압연기열, 중간 압연기열 및 마무리 압연기열에 의해 열간압연해서, 선지름이 5~38㎜정도의 코일상 강선재를 제조한다. 이렇게 해서 제조된 강선재를, 다시 다른 성형가공라인에 있어서의 출발재(소재)로 하여, 이 출발재인 코일상의 강선재를 되감으면서, 다음과 같이 가공하여 소경화해서 강세선을 제조하고 있다.

[0007] 즉, 이 소경화 가공은, 구멍 다이 또는 롤 다이에 의한 인발, 또는, 압연장치에 의한 냉간압연에 의해 행해지고 있다.

[0008] 애당초 종래, 선지름이 1~25㎜정도, 내지 1㎜이하의 강세선으로서, 피압연재에 대해서 온간 영역으로 제어된 압연가공에 의해 소정치이상의 변형을 도입해서 결정립을 미세화하고, 고강도이며 또한 고연성을 갖는 재질을 갖는 것을, 상술한 빌릿 등 피압연재의 열간에 있어서의 조 압연기열, 중간 압연기열 및 마무리 압연기열이 배치된 종래의 선재 압연공정에서 제조하는 것은 행해지고 있지 않다. 그 이유는, 상기 공정에 의해 선지름이 기껏 5~38㎜정도까지 압연되는 경우조차도 압연 종기 부근에 있어서의 피압연재의 압연 선속도가 매우 커지는 것(예를 들면 50~100m/sec정도), 및, 종래의 선재 압연공정에서는 열간압연가공을 전제로 하고 있으며, 피압연재의 가열장치로서는, 상기 조 압연기열의 입(入)측에 설치되어 있는 빌릿 가열로 또는 블룸 가열로뿐이며, 여기에서 열간압연가공에 적합한 소정의 온도, A_{C3} 변태점이상의 온도, 실제로는 예를 들면 1200℃전후까지 가열된 빌릿 등의 피압연재를 1개씩 가열로로부터 추출하고, 상기 빌릿의 최고단으로부터 최저단을 향해 상기 각 압연기열에서 압연가공해 간다는 공정이 채용되고 있다.

[0009] 그 때문에 우선 피압연재 전체 길이를 일체로 해서 본 경우에, 그 길이방향의 온도분포는 최고단으로부터 최저단을 향해 온도가 저하된다. 또한 그 길이방향의 임의 위치에 주목한 경우의 피압연재는 압연 초기에는 압연속도가 느리기 때문에 특히 최저측의 부분에서 온도저하량이 크고, 이어서 순차적으로 압연속도가 상승함과 아울러 가공발열에 의해 온도 상승 요인이 가해지고, 그리고 압연 종기에는 피압연재의 횡단면적이 작아지므로, 방열속도가 커져 온도가 하강한다.

[0010] 이렇게, 피압연재의 길이방향 온도분포가 복잡하며 또한 변동이 크고, 또한 압연 선속도가 제조라인의 종기 부근에서는 매우 크다라는 일도 있어서, 종래는 상기 선재 압연공정의 온라인의 도중위치에 보조 가열장치 및 냉각장치 등을 설치해서 피압연재의 온도를 제어하고자 하는 제안은 보이지 않고, 더구나, 압연공정의 후반에서, 피압연재의 온도를 온간압연 영역으로 제어하면서, 또한 선지름 1~25㎜정도, 내지 1㎜이하까지 압연해서, 압연된 상태에서 미세립 조직을 갖는 강세선을 제조하고자 하는 제안이나 발상은 전혀 보이지 않는다. 또한 종래의 설비상 및 조업상의 관점에서도 불가능했다.

[0011] 그래서, 종래, 강세선의 제조에 있어서는, 일단 선재 압연공정에서 선지름이 5~38㎜정도인 강선재를 열간압연에 의해 제조하고, 이것을 상술한 바와 같이, 인발 또는 냉간압연 등에 의해 강세선으로 제조하고 있다. 그런데, 상술의 인발법에 있어서는, 피가공재의 선단을 다이에 통선하는 것, 및 이 선단을 척을 통해 인발 드럼에 거는 작업이 필요하여, 수작업에 의존하고, 또 1패스당의 감면율이 작으므로, 원하는 지름의 강세선을 제조하기 위해서는, 다수회의 인발과 많은 공수를 요한다. 이들은 선지름이 작게 될수록 증대한다.

[0012] 이것에 대해서, 상기의 냉간압연은 피압연재의 선단을 전단의 롤스탠드 출구로부터 다음단의 롤스탠드 입구로 잘 유도해서 끼워넣으면, 다수단의 롤스탠드를 탠덤으로 연결함으로써, 인발법보다 1패스당 큰 감면율을 얻을 수 있으므로, 대폭적인 공수의 저감이 가능하다.

[0013] 그러나 인발법 및 냉간압연법의 어느 방법에 있어서나, 냉간가공 경화에 대처하기 위한 중간어닐링의 실시, 및 그것에 따라 발생하기 쉬운 탄화물의 균열에 의한 마이크로보이드(micro-void)의 억제대응 등의 불이익을 해소할 수는 없다.

[0014] 한편, 최근, 기계구조용 강선재 또는 강선, 또는 봉강의 재질특성에 대한 개선·향상대책 기술의 일환으로서, 상기 강선재 또는 강선, 또는 봉강을 제조하는 공정에 있어서, 고적층 결함 에너지(High SFE)를 갖는 페라이트(α)강재에, 소정치이상의 큰 변형가공을 행함으로써 미세립 조직을 발생시켜서, 고강도와 함께 연성 이 우수한 강선재 또는 강선 또는 봉강을 제조하는 기술이 보고되고 있다. 그 중에서도 본 발명자들은 먼저, 강선재의 압연방법에 있어서, 압연온도를 350~800℃의 온간가공 온도범위내, 한층 바람직하게는 그 중에서도 저온역의 400~600℃의 범위내에서, 소정의 임계변형 이상의 변형을 피압연재료에 도입함으로써, 이 변형에 의한 결정립의

마이크로적인 국소방위차가 미세 결정립의 기원이 되어, 가공중 또는 가공후에 일어나는 회복과정에 있어서, 입자내의 전위밀도가 저하되는 동시에 결정립계가 형성되어서, 미세립 조직을 형성할 수 있는 것, 즉 재결정온도의 하한으로 간주되고 있던 800℃, 내지 이 이하의 온도에서 가공해도, 가공과 동시에 동적인 회복 내지는 재결정이 일어나고, 따라서, 상변태에 의한 강화기구를 실질적으로 이용하지 않고 강의 고강도화를 실현하는 방법으로서, 결정립을 미세화시킬 수 있는 것을 이용하여, 평균 입경이 2㎛이하인 미세 결정립을 얻음으로써, 고강도이며 또한 냉간압조성이 우수한 강을 제조하는 기술을 제안했다(특허문헌1).

[0015] 본원 발명자들은, 상기 특허문헌1에 있어서는, 상기 소정의 임계변형으로서는, 소재에 대한 총감면율(R_{Tot})이 50%이상인 것, 선재의 압연공정에 있어서 타원형상 칼리버 롤(caliber roll)을 사용한 경우에는, 총감면율(R_{Tot})이 40%이상이면 좋은 것, 또는, 압연에 의해 재료중에 도입되는 소성변형이 3차원 유한요소법으로 계산되는 재료중에의 평균 소성변형으로 0.7이상인 것이 바람직한 것 등을 제안했다. 그 확인시험으로서, 예를 들면 80㎜×80㎜의 봉강을 압연용 소재로 하고, 압연온도 450~530℃의 범위내에 있어서, 총감면율(R_{Tot})이 95%인 다방향·다패스의 칼리버 압연을 실시해서, 18㎜×18㎜의 봉재를 조제하여, 초미세립을 형성시킴으로써 고강도이며 또한 연성이 우수한 강재를 얻었다.

[0016] 또한 본원 발명자들은 먼저, 강선재 또는 강선의 칼리버 압연에 의한 제조에 있어서, 타원 구멍형에 계속해서 정사각 구멍형에 의한 압연에 의해, 피압연재에 큰 변형을 도입하기 위한 가공조건에 대해서 제안했다(특허문헌2).

[0017] 본원 발명자들은, 상기 특허문헌1 및 특허문헌2, 또는 이들과 유사한 다른 선행 문헌에서 제안되었던 온간압연기술을, 상술한 2차 또는 3차가공 공정에 있어서의 소재인 강선재 또는 강선(강세선)의 제조기술분야에 응용하여, 한층 발전시켜, 이것에 의해 강세선의 품질향상(구체적으로는 강도 및 연성향상을 위한 열처리 불필요화)과 안정화를 꾀하고, 또한 생산효율의 향상이 필요한 것에 착안했다. 이러한 기술의 확립을 위해서는 다음 사항이 필요하다.

[0018] 우선, 첫째, 1)종래 생산되고 있는 선지름이 5~38㎜정도(바람직하게는, 금후의 수요동향 및 기술개발을 고려해서 상한이 60㎜정도까지)이며, 단중(單重)이 0.5~2t정도, 내지 그 이상의 열간압연 코일을 분할하지 않고 그대로 소정의 온간제어압연에 의해 초미세립 조직을 얻기 위한 제조기술의 확립을 필요로 하고, 그것을 위해서는, 되감겨져 주행하는 피압연 코일(피압연재)을 급속하게 소정의 온간 영역의 온도까지 가열함과 아울러, 2)가열된 피압연재에 대하여 즉시 온간제어 압연가공을 실시하는 연속 압연기술을 필요로 하고, 3)바람직하게는, 이 온간제어 연속압연에 있어서는, 압연온도를 350~850℃의 범위내로 한정하고, 또한 피압연재의 온도를 소정 압연기에의 입구온도와 다음의 압연기로부터의 출구온도의 차를 소정 범위내로 제어하고, 또한, 압연개시부터 압연종료까지의 동안의 피압연재의 온도차를 소정 범위내로 제어한다는 온도제어를 행하면서, 연속해서 압연하고, 또한, 4)이 온간제어 연속압연의 1공정의 사이에 있어서, 즉 되감겨진 코일의 가열부터 압연공정을 거쳐 냉각되고, 다시 코일에 감겨질 때까지의 1압연공정 사이클의 사이에 있어서, 피압연재에 대해서 다방향에서 가공을 행하는 것이 바람직하고, 상기 피압연재에 소정의 변형을 도입하는 것이 필요하게 된다. 1압연공정의 사이클에서 상기 소정의 변형을 도입할 수 없는 경우에는, 공정을 복수회 행해도 좋다. 5)또한, 상기 1)에서 4)의 조건은, 출발재(피압연재)에 대한 완성재의 총감면율이 커지는 강세선의 경우에는, 종기에 있어서의 압연 선속도가 빨라지지만, 이러한 조건하에 있어서도 만족될 필요가 있다. 따라서, 상기 1)~5)의 조건을 모두 만족하는 것은 종래의 압연설비를 사용한 종래의 열간압연기술이나, 종래의 압연설비를 사용한 온간압연기술에서는 매우 곤란하다. 그 때문에 지금까지도 압연이나 변형에 관한 기술은 수많이 소개되고 있지만(비특허문헌1 및 2), 주행하는 강선재를 가열하면서 소정의 온간온도에 있어서의 제어압연을 행함으로써, 미세화된 결정립을 갖고, 또한 큰 단중 코일상 강세선(강선재 또는 강선)을 제조하는 기술은 제안되어 있지 않다.

[0019] 특허문헌1:일본 특허출원 2003-435980

[0020] 특허문헌2:일본 특허출원 2003-180291

[0021] 비특허문헌1:철과 강, vol 89(2003) No.7, p47~54

[0022] 비특허문헌2:철강편람(제3판), III(2), 조강·강관·압연 공통설비, S61. 1. 20, p.816~838, p862~865

발명의 상세한 설명

[0023] 본원 발명은, 2차가공 공정용 소재 또는 3차가공 공정용 소재로서 원하는 지름을 갖는 금속선재 또는 금속선(양

자 모두 본원에 있어서 「금속세선」이라고 한다.)을 구멍형 롤에 의한 압연가공에 의해 제조하는 기술로서, 제조된 금속세선에 특별한 열처리를 실시하지 않아도, 그 강도 및 연성이 우수한 수준을 갖고, 또한 연속적으로 가열하면서 압연함으로써, 종래에는 얻을 수 없었을 정도의 대단중의 금속세선을 생산효율 좋게 제조하는 것을 과제로 한다.

[0024] 본 발명자들은 상기 과제를 해결하기 위해서 예의 시험·연구를 행하여, 다음 결론을 얻었다.

[0025] 우선 상기 금속세선에 특별한 열처리 없이 우수한 강도 및 연성을 부여하기 위해서, 피압연재의 압연온도를 온간압연 영역으로 제어하면서, 또한 피압연재에 적절한 변형을 도입하면서 압연을 함으로써, 상변태에 의한 강화기구를 실질적으로 이용하지 않고 결정립을 미세화시키면 되는 것, 또한, 종래에는 얻을 수 없었을 정도의 대단중의 금속세선을 생산효율 좋게 제조하기 위해서는, 피압연재의 압연라인에서의 공급을 연속적으로 주행시켜서 행하고, 또한 이 주행하는 피압연재를 소정 온도범위내까지 급속 가열해서 압연기에 장입하고, 계속해서 피압연재의 압연공정에 있어서의 온도를 보조적으로 급속 가열함으로써 소정의 온도조건으로 제어해서 연속적으로 압연하도록 하면 되는 것을 알 수 있었다.

[0026] 그리고, 상기한 바와 같이 금속재료에 대한 온간 영역의 온도범위로 제어된 연속압연을 실현해서, 미세한 결정립 조직을 갖는 금속세선의 고효율 생산을 실현하기 위해서는, 직렬로 설치된 복수 기의 압연기 입측의 가급적 가장 가까운 위치에서 코일상 선재가 되감겨져서 연속적으로 주행하는 피압연재가 소정의 온간 영역의 압연온도까지 급속하게 가열·균열되는 수단을 설치하고, 그 온도를 측정하여고, 상기 압연기에 의해 압연된 피압연재의 출측 온도를 측정하고, 이들 측정값에 기초하여 상기 급속 가열조건 및 온도 제어조건을 연산해서 결정한다. 이렇게 해서 최초의 압연기에 있어서의 온간제어압연을 행한다.

[0027] 그리고, 이후의 압연기에 있어서의 압연에 있어서도, 상기 방법과 같은 방법에 의해, 금속재료의 피압연재에 대하여 온간제어압연을 행한다. 이러한 온간에 있어서의 제어압연을 연속적으로 실시하여, 대단중의 코일상 금속세선의 제조가 가능해지기 위한 압연설비를 설치한다. 그것을 위한 중요한 설비는, 주지의 가열기술, 특히 급속가열에 관련된 장치를 적절히 설치하여, 상기 온간제어압연에 적합한 사용방법 및 조업방법을 행함과 아울러, 적절한 변형, 바람직하게는 큰 변형을 도입하기 위한 적절한 압연 패스 스케줄을 실시함으로써 달성될 수 있는 것을 알 수 있었다. 본 발명은, 종래의 금속세선 제조기술에, 다시 상기 본원 발명자들이 얻은 지견 및 이것에 기초한 기술을 도입해서 주행하는 피압연재에 온간압연에 있어서 큰 변형을 도입하면서 연속제어압연하는 기술에 의해, 대단중의 금속세선(금속선재 또는 금속선)의 제조기술을 완성시킨 것이다. 본원 발명의 요지는 다음과 같다. 단, 본 명세서에 있어서는, 「진(眞)변형」과 「소성변형」을 총칭해서 「변형」이라고 하고, 각각 다음과 같이 정의한다.

[0028] 진변형(e로 표기함)은 하기 (1) 또는 (1a)식:

[0029] $e=\ln(S_0/S)\cdots(1)$

[0030] $=-\ln(1-R/100)\cdots(1a)$

[0031] 단, $R=\{(S_0-S_{aft})/S_0\}\times100\cdots(6)$

[0032] S_0:압연전의 피압연재의 C단면의 면적

[0033] S_{aft}:소정 압연후의 피압연재의 C단면의 면적

[0034] 으로 정의한다. 또, 본원 명세서에 있어서, 「C단면의 면적」이란 압연방향에 직각인 면의 단면적을 말하는 것으로 한다. 이하, 동일하다.

[0035] 또한 소성변형(ε로 표기한다)은, 주지의 3차원 유한요소법을 이용하여, 하기의 계산수순에 기초하여, 하기 (7)식에 의해 산출되는 값으로 정의한다.

[0036] 즉,

[0037] 계산수순:

[0038] 1.재료의 가공온도에 대응한 응력-변형 곡선을 취득한다.

[0039] 2.유한요소법에 의한 계산을 위해 하기 (1)~(3):

[0040] (1)피압연재에 적당히 메시를 작성한다, (2)접촉 조건을 정한다. 단, 마찰계수=0.3쿨롱 조건으로 한다, (3)응

력-변형 곡선, 재료물성값을 정한다

[0041] 의 준비를 한다.

[0042] 3.(1)~(3)의 조건하에, 범용 유한요소법 코드, 예를 들면 ABAQUS로 계산을 행한다.

[0043] $\varepsilon=(2/3)[1/2\{(d\varepsilon_x-d\varepsilon_y)^2+(d\varepsilon_y-d\varepsilon_z)^2+(d\varepsilon_z-d\varepsilon_x)^2\}+$

[0044] $(3/4)(d\gamma_{xy}^2+d\gamma_{yz}^2+d\gamma_{zx}^2)]^{1/2}\cdots(7)$

[0045] 단, $d\varepsilon_x$, $d\varepsilon_y$, $d\varepsilon_z$:x, y, z방향의 진변형 증분

[0046] γ_{xy}, $d\gamma_{yz}$, $d\gamma_{zx}$:각 전단 변형 증분

[0047] 본원의 제1발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은 압연 라인을 주행하는 금속재료를 가열하고, 가열된 상기 금속재료를 직렬로 배치된 복수 기의 압연기에 의해 연속적으로 압연해서 금속선재 또는 금속선을 제조하는 방법이다. 그리고, 압연개시부터 압연종료까지의 피압연재의 온도를 그 금속재료의 종류에 따라 정해진 온간 압연온도의 범위내로 제어하면서, 또한, 상기 압연개시부터 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되어야 할 진변형을 다음과 같이 규정한다. 즉, 상술한 바와 같이, 진변형을 하기 (1)식:

[0048] $e=\ln(S_0/S)\cdots(1)$

[0049] 단, e:진변형

[0050] S_0:압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적

[0051] S:압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적

[0052] 의 e로 정의하고, 이 진변형(e)이 $e\geq0.25$가 되도록 압연가공을 구멍형(孔型) 롤, 평(平) 롤, 또는, 구멍형 롤과 평 롤의 조합에 의해 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0053] 여기에서, 주행 라인을 주행하는 금속재료란, 압연 라인을 서포트 롤이나 핀치 롤 등에 의해 상류로부터 하류방향을 향해서 이동하는 피압연재로서의 금속재료를 가리키고, 금속재료란 철강 이외에, 금속Mg, 금속Al, 금속Cu 및 금속Ti, 및 Mg합금, Al합금, Cu합금 및 Ti합금 중 어느 하나로 이루어지는 피압연재료를 가리킨다.

[0054] 다음에 이 각 금속재료의 종류에 따라 정해진 온간압연온도란, 각각의 금속재료의 종류마다 확인되고 있는 통상의 온간압연온도의 범위내를 가리킨다.

[0055] 그리고, 이 금속재료를 연속적으로 압연한다란, 상기 금속재료로 이루어지는 피압연재가 1단위로서 소정 길이 및 중량을 갖고, 그 선단에서 후단까지 복수 기의 압연기에 의해, 한번에 연속해서 압연하는 것을 의미한다. 이하, 이 명세서에 있어서 동일하다.

[0056] 본원의 제2발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제1발명에 있어서, 상기 진변형(e)이 $e\geq0.70$이 되도록 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0057] 본원의 제3발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제1발명에 있어서, 상기 진변형(e)이 $e\geq1.38$이 되도록 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0058] 본원의 제4발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제1발명~제3발명에 있어서, 상기 압연 라인을 주행하는 금속재료는 가열되기 전에 있어서는 코일상으로 감겨져 있으며, 또한, 상기 복수 기의 압연기에 의해 연속적으로 압연가공이 실시된 금속선재 또는 금속선은 다시 코일상으로 감겨지는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0059] 본원의 제5발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제1발명~제4발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 피압연재의 가열이 제1번째 압연기의 실질적 직전에 있어서 상기 온간압연온도의 범위내의 소정 온도까지 급속가열하는 것임에 특징을 갖는 것이다.

[0060] 여기에서, 급속가열한다란, 연속적으로 주행하는 금속재료의 피압연재가 제1번째의 압연기에 끼워넣어지는 시점까지, 상기 피압연재의 온도를 상기 소정의 온도까지 가열하는 것을 말한다. 따라서, 피압연재의 선지름 및 선속도, 비열 및 열전도도 등의 물리정수 등, 및 가열장치의 가열효율에 의존해서 피압연재에 대한 에너지 공급속도를 조정한다. 또한 제1번째 압연기의 실질적 직전에 있어서란, 상기 압연기의 입측의 가급적으로 접근한 장소

에서라는 것을 가리키고, 상기 소정의 온도까지 급속가열된 피압연재의 온도저하를 가능한 한 작게 하기 위한 방책이다.

[0061] 본원의 제6발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제1발명～제5발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 피압연재의 가열이, 또한 제2번째 이후의 적어도 1기의 압연기의 실질적 직전에 있어서도 보조적으로 급속가열하는 것으로 되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0062] 여기에서, 보조적으로 급속가열한다란, 제5발명에 있어서 서술한, 피압연재가 급속가열되어서 소정 온도까지 도달한 후에 압연되고, 이 압연후에 그 온도가 저하된 경우에, 다음 압연기에 끼워넣어질 때까지의 사이에 있어서, 다시 소정의 온도범위내까지 높이도록 가열하는 것을 말한다.

[0063] 본원의 제7발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제1발명～제6발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 피압연재의 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연 패스 스케줄에는, C단면이 사각형상 또는 라운드형상을 갖는 피압연재를 타원 구멍형을 갖는 압연기로 압연해서, C단면이 타원형상인 피압연재로 성형되고, 다음에 이렇게 해서 얻어진 피압연재를 정사각 구멍형을 갖는 압연기 또는 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 패스 스케줄을 포함하고 있다. 또한, 이 패스 스케줄에 있어서, 상기 타원 구멍형의 최대 단축길이(A라고 표기함)의 상기 C단면이 사각형상 또는 라운드형상을 갖는 피압연재의 각각 대변간 길이 또는 지름(모두 B라고 표기함)에 대한 비율(A/B)이 $A/B \leq 0.75$를 만족하는 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 것에 특징을 갖는 것이다. 또, $A/B \leq 0.60$으로 하는 것이 한층 바람직하다.

[0064] 본원의 제8발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제7발명에 있어서, 상기 압연 패스 스케줄에는, 또한 상기 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형의 상하 대각간 길이(모두 C라고 표기함)의 상기 C단면이 타원형상으로 성형된 피압연재의 장축길이(D라고 표기함)에 대한 비율(C/D)이 $C/D \leq 0.75$를 만족하는 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0065] 본원의 제9발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제7발명 또는 제8발명에 있어서, 상기 C단면이 타원형상으로 성형된 피압연재를 정사각 구멍형을 갖는 압연기 또는 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 대신에, 박스 구멍형을 갖는 압연기로 압연하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0066] 본원의 제10발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제9발명에 있어서, 상기 C단면이 타원형상으로 성형된 피압연재의 장축길이(D)에 대한 상기 박스 구멍형의 상하 대변간 길이(C'라고 표기함)의 비율(C'/D)이 $C'/D \leq 0.75$를 만족하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0067] 본원의 제11발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제7발명～제10발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연은 상기 타원 구멍형의 최대 단축길이(A)와 그 장축길이(E라고 표기함)의 비(A/E)가 $A/E \leq 0.40$을 만족하는 타원 구멍형을 갖는 압연기를 사용하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0068] 본원의 제12발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제7발명～제11발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연은 상기 타원 구멍형의 곡률반경(Ra라고 표기함)이 상기 C단면이 사각형상 또는 라운드형상을 갖는 피압연재의 각각 대변간 길이 또는 지름(B)의 1.5배이상인 타원 구멍형을 갖는 압연기를 사용하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0069] 본원의 제13발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제7발명, 제8발명, 제11발명 또는 제12발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 패스 스케줄에는 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기와, 이것에 계속되는 상기 정사각 구멍형을 갖는 압연기 또는 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기의 조합에 의한 압연을 2회이상 행하는 것을 포함하고 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0070] 본원의 제14발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제9발명～제13발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 피압연재의 압연기에 의한 압연 패스 스케줄에는 타원 구멍형 형상, 다이아몬드 구멍형 또는 박스 구멍형의 구멍형 롤에 의한 압연과, 이것에 계속되는 정사각 구멍형, 다이아몬드 구멍형, 박스 구멍형 또는 라운드 구멍형의 구멍형 롤에 의한 압연과의 조합 패스 스케줄을 포함하고 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0071] 본원의 제15발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제14발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 피압연재의 온도를 상기 금속재료의 종류에 따라 정해진 온간압연온도의 범위내로 제어하면서, 상기 피압연재를 상기 각 구멍형을 갖는 압연기에 의해 압연가공하는 일련의 공정을 2공정이상 반복하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0072] 본원의 제16발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제15발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 일련의 공정을 2공정이상 반복함으로써, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에, 상기 피압연재에 도입되어야 할 진변형을 다음과 같이 규정한다. 즉, 진변형을 하기 (2)식:

[0073] $e_{Tot}=\ln(S_0/S_{Tot})\cdots(2)$

[0074] 단, e_{Tot}:진변형

[0075] S_0:최초의 압연공정의 압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적

[0076] S_{Tot}:최종의 압연공정의 압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적

[0077] 으로 나타내어지는 진변형(e_{Tot})이 $e_{Tot}\geq 0.25$를 만족하는 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0078] 본원의 제17발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제16발명에 있어서, 상기 진변형(e_{Tot})이 $e_{Tot}\geq 0.70$을 만족하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0079] 본원의 제18발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법은, 제16발명에 있어서, 상기 진변형(e_{Tot})이 $e_{Tot}\geq 1.38$을 만족하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0080] 다음 본원의 제19발명~제32발명까지는 금속재료로 금속선재 또는 금속선을 제조하는데에 적합한 온간제어 연속압연 가공설비에 관한 것이다(또, 제23항의 발명은 삭제되어 있다).

[0081] 본원의 제19발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 코일 되감기장치 및 코일 권취장치가 설치되고, 이들 양 장치간에 복수 기의 압연기가 직렬로 배치되고, 상기 코일 되감기장치로부터 되감겨져서 주행하는 피압연재를 상기 복수 기의 압연기로 연속적으로 압연해서 금속선재 또는 금속선을 제조하는 압연가공설비로서, 복수 기의 압연기는 상기 압연기군 중에 타원 구멍형을 갖는 압연기가 설치되어 있고, 이것에 계속해서 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기 및 라운드 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나가 설치되어 있는 압연기의 설치조합을 포함하고 있으며, 상기 복수 기의 압연기 중 제1번째 압연기의 입측이며, 상기 압연기에 대하여 실질적 직근인 위치에 대용량 급속가열장치가 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0082] 여기에서, 대용량 급속가열장치란, 상술한 제5발명에 있어서 서술한 바와 같은 급속가열을 할 수 있는 능력을 갖는 가열장치를 말한다. 즉, 상기 가열장치의 길이를 L, 주행하는 피압연재의 이동속도를 v, 피가열재의 가열장치내 이동시간을 t라고 하면, 시간:t=L/v의 동안에, 피가열재의 온도를 소정의 가열온도:T까지 상승시키는 능력을 갖는 가열장치를 의미한다.

[0083] 또한 대용량 급속가열장치가 설치되어 있는 위치가 제1번째 압연기의 입측이며, 이 압연기에 대하여 실질적 직근의 위치에 설치되어 있다란, 상기 압연기가 통상의 압연기능을 발휘할 수 있도록, 이것에 부속되어 있는 기기류나 장치류가 부착된 상태에 있어서, 가급적 이 압연기에 접근해서 설치되어 있는 것을 의미하고, 대용량 급속가열장치가 이 실질적 직근인 위치에 설치되어 있는 이유는 상기 대용량 급속가열장치로 상기 소정의 온도까지 급속하게 가열·균열된 피압연재가 이 압연기에 끼워넣어질 때까지 온도저하를 최대한 방지함으로써, 온간에 있어서의 온도제어압연을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위해서이다.

[0084] 본원의 제20발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 코일 되감기장치 및 코일 권취장치가 설치되고, 이들 양 장치간에 복수 기의 압연기가 직렬로 배치되고, 상기 코일 되감기장치로부터 되감겨져서 주행하는 피압연재를 상기 복수 기의 압연기로 연속적으로 압연해서 금속선재 또는 금속선을 제조하는 압연가공설비로서, 상기 복수 기의 압연기 중 제1번째 압연기의 입측이며, 상기 압연기에 대해서 실질적 직근인 위치에 대용량 급속가열장치가 설치되어 있는 온간제어 연속압연 가공설비에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 중 제2번째이후의 압연기 중 적어도 1기의 입측이며 실질적 직근인 위치에 보조 급속가열장치가 더 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0085] 여기에서, 보조 급속가열장치란, 상술한 제6발명에 있어서 서술한 바와 같은 보조 급속가열을 할 수 있는 능력을 갖는 가열장치를 말한다.

[0086] 본원의 제21발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명 또는 제20발명에 있어서, 상기 대용량 급속가열장치가 메탈섬유 가스버너 또는 세라믹 다공판 가스버너 등의 표면연소식 가스버너장치, 통전저항 가열장치, 전자유도 가열장치, 및 전기저항 발열체복사 가열장치 중 어느 1종 또는 2종이상을 조합한 가열장치로 이루어지

는 것에 특징을 갖는 것이다. 여기에서, 상기 각종 가열장치는 모두 주지기술에 의한 것이면 된다.

[0087] 본원의 제22발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제20발명 또는 제21발명에 있어서, 상기 보조 급속가열장치가 메탈섬유 가스버너 또는 세라믹 다공판 가스버너 등의 표면연소식 가스버너장치, 통전저항 가열장치, 전자유도 가열장치, 및 전기저항 발열체복사 가열장치 중 어느 1종의 가열장치로 이루어지는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0088] (본원의 제23발명에 따른 발명을 삭제한다.)

[0089] 본원의 제24발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명~제22발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 복수 기의 압연기로서 상기 복수 기의 압연기가 적어도 타원 구멍형을 갖는 압연기, 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기, 박스 구멍형을 갖는 압연기 및 라운드 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나를 포함하고, 이 어느 하나의 압연기에 계속해서 타원 구멍형을 갖는 압연기, 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기, 박스 구멍형을 갖는 압연기 및 라운드 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나가 설치되어 있는 압연기의 설치 조합을 포함하고 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0090] 본원의 제25발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명~제24발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 중 마지막 압연기의 하류측에 사이징장치가 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0091] 여기에서, 사이징장치란, 단지 금속세선의 단면형상을 원칙으로 해서 최종적으로 조정하는 것을 주목적으로 하는 압연장치이며, 적절한 변형을 도입하면서 압연하는 것을 주목적으로 하는 압연기는 아니다. 따라서, 이 사이징장치가 설치되어 있는 경우에는, 지금까지 서술한 복수 기의 압연기는 모두 적절한 변형을 도입하면서 압연하는 것을 주목적으로 한 설계의 것이어도 좋고, 사이징을 주목적으로 하는 장치를 포함하고 있어도 좋다.

[0092] 본원의 제26발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명~제25발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 사이의 적어도 1개소에는 상기 코일 되감기장치로부터 되감겨져서 주행하는 상기 피압연재에 대한 느슨함 조정장치가 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0093] 여기에서, 느슨함 조정장치란, 압연기의 사이에서 피압연재가 느슨해지는 것을 방지 또는 해소함과 아울러, 상기 느슨함 조정장치로부터 느슨함 정보를 압연기에 송신하여, 느슨함 발생을 해소하도록 압연기의 롤 회전속도가 자동제어되도록 이용되는 것이다. 그리고, 이 느슨함 조정장치는, 소위 장력압연을 하기 위해서 소정의 장력을 피압연재에 부하하기 위한 것은 아니다.

[0094] 본원의 제27발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명~제26발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 복수 기의 각 압연기의 입측에는 상기 주행하는 피압연재를 상기 각 압연기에 유도하는 입측 안내장치가 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0095] 여기에서, 입측 안내장치란, 피압연재(금속선재)가 비틀려져서 압연롤에 끼워넣어질 때에 금속선재에 쓰러짐이 발생하는 것을 방지함과 아울러, 피압연재에 표면상처가 발생하는 것을 방지하기 위한 장치이다.

[0096] 본원의 제28발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명~제27발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 복수 기의 각 압연기의 출측에는, 상기 주행하는 피압연재를 상기 각 압연기로부터 주행배출되는 피압연재를 도출하는 출측 안내장치가 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0097] 본원의 제29발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는 제19발명~제28발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 코일 되감기장치와 상기 대용량 급속가열장치 사이에는, 스트레이트너 및/또는 핀치롤이 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0098] 본원의 제30발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명~제29발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 코일 권취장치의 상류측에는 주행하는 강선을 냉각하기 위한 냉각장치가 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0099] 본원의 제31발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명~제30발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 복수 기의 압연기 중 제1번째 압연기를 제외한 임의의 압연기의 입측에 주행하는 피압연재의 상기 임의의 압연기 입측 온도를 제어하기 위한 급속조정 냉각장치가 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0100] 본원의 제32발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비는, 제19발명~제31발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 복수 기의 각 압연기의 입측 및 출측에 있어서의 피압연재의 온도를 제어하기 위한 온도제어기구가 설치되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0101] 다음의 본원의 제33발명～제44발명까지는 상기한 제19발명～제32발명까지의 온간제어 연속압연 가공설비에 있어서, 특히 강선재 또는 강선의 제조설비를 적절하게 사용하면, 유리하게 제조할 수 있는 코일상의 강선재 또는 강선을 제조하는 방법 에 관한 것이다.

[0102] 본원의 제33발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은 주행하는 강선재를 가열하고, 가열된 상기 강선재를 직렬로 배치된 복수 기의 압연기에 의해 연속적으로 압연해서 강선재 또는 강선을 제조하는 방법으로서, 다음 조건의 온도제어압연을 행한다. 즉 압연개시부터 압연종료까지의 피압연재의 온도를 350℃～850℃의 범위내로 제어하고, 또한 그 피압연재의 온도를 하기 (3) 및 (4)식:

[0103] $T_{r+1,out}-T_{r,in}=-150℃～50℃\cdots(3)$

[0104] $T_{n,out}-T_{1,in}=-200℃～100℃\cdots(4)$

[0105] (단, T는 온도(℃)이며, n은 압연기의 기수를 나타내며, r은 압연기의 순번이며, 제1번부터 제n-1번까지의 임의의 수를 나타내고, in은 압연기에의 입측 직전, out은 압연기로부터의 출측 직후를 나타낸다)이 만족되도록 제어하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0106] 본원의 제34발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제33발명에 있어서, 그 압연개시부터 압연종료까지의 피압연재의 온도를 400℃～650℃의 범위내로 제어하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0107] 본원의 제35발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은 주행하는 강선재를 가열하고, 가열된 상기 강선재를 직렬로 배치된 복수 기의 압연기에 의해 연속적으로 압연해서 강선재 또는 강선을 제조하는 방법으로서, 압연개시부터 압연종료까지의 피압연재의 온도를 400℃～650℃의 범위내로 제어하고, 또한, 그 피압연재를 타원 구멍형을 갖는 압연기로 압연하고, 계속해서 정사각 구멍형을 갖는 압연기, 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기, 라운드 구멍형을 갖는 압연기 및 박스 구멍형을 갖는 압연기 중 어느 하나로 압연하는 패스 스케줄을 포함하고 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0108] 본원의 제36발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은 제33발명～제35발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연이 포함되어 있으며, 또한 상기 압연개시부터 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되어야 할 진변형을 다음과 같이 규정한다.

[0109] 즉 진변형을 하기 (1')식:

[0110] $e'=\ln(S_0'/S')\cdots(1')$

[0111] (단, e':진변형, S_0':압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적, S':압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적)

[0112] 으로 나타내어지는 진변형(e')이 $e'\geq0.25$가 되도록 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0113] 본원의 제37발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제36발명에 있어서, 상기 진변형(e')이 $e'\geq0.70$이 되도록 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0114] 본원의 제38발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제36발명에 있어서, 상기 진변형(e')이 $e'\geq1.38$이 되도록 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0115] 본원의 제39발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제33발명～제35발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 압연기 중에는 타원 구멍형을 갖는 압연기가 포함되어 있어서 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연이 포함되어 있고, 또한 그 압연개시부터 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 3차원 유한요소법을 이용하여 산출되는 소성변형(ε 라고 표기함)이 그 피압연재의 50체적%이상의 영역에 있어서, $\varepsilon\geq0.7$이 되도록 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0116] 또, 피압연재의 형상이 강선재 또는 강선이기 때문에, 체적% 대신에 면적%이어도 상관없다.

[0117] 이하, 본건에 관해서, 이 명세서에 있어서 동일하다.

[0118] 본원의 제40발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제39발명에 있어서, 상기 소성변형(ε)을 더욱 크게 해서 $\varepsilon\geq1.5$가 되도록 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0119] 본원의 제41발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제33발명～제40발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 타원 구멍형을 갖는 압연기에 의한 압연이 포함되어 있으며, 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기로 압연되

는 피압연재의 C단면은 사각형상 또는 라운드형상을 갖고, 상기 피압연재의 각각 대변간 길이 또는 지름(모두 B라고 표기함)에 대한 상기 타원 구멍형의 최대 단축길이(A라고 표기함)의 비율(A/B)이 A/B≤0.75가 되는 조건을 만족하고 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0120] 본원의 제42발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제41발명에 있어서, 상기 비율(A/B)을 더욱 좁은 범위내로 제한해서 A/B≤0.6이 되는 조건을 만족하고 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0121] 본원의 제43발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제33발명～제42발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 타원 구멍형을 갖는 압연기가 포함되어 있으며, 이 압연기에 계속해서 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형을 갖는 압연기가 설치되어 있고, 상기 타원 구멍형을 갖는 압연기로 성형된 C단면이 타원형상인 피압연재의 장축길이(D라고 표기함)에 대한 상기 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형의 상하 대각간 길이(모두 C라고 표기함)의 비율(C/D)은 C/D≤0.75를 만족하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0122] 본원의 제44발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제33발명～제43발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 피압연재의 압연개시부터 압연종료까지의 공정을 2공정이상 반복하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0123] 본원의 제45발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제44발명에 있어서, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에 그 피압연재에 도입되는 3차원 유한요소법을 이용하여 산출되는 소성변형(ε라고 표기함)이 그 피압연재의 50체적%이상의 영역에 있어서, ε≥1.5가 되는 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0124] 본원의 제46발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제33발명～제43발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 피압연재의 압연개시부터 압연종료까지의 공정을 3공정 또는 4공정 반복함으로써, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되어야 할 진변형을 다음과 같이 규정한다.

[0125] 즉 진변형을 하기 (2')식:

[0126] $e_{Tot}'=\ln(S_0'/S_{Tot}')\cdots(2')$

[0127] 단, e_{Tot}':진변형

[0128] S_0':최초의 압연공정의 압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적

[0129] S_{Tot}':최종의 압연공정의 압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적

[0130] 으로 나타내어지는 진변형(e_{Tot}')이 $e_{Tot}'\geq1.38$이 되는 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0131] 본원의 제47발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제46발명에 있어서, 상기 피압연재의 1공정이 2기의 압연기가 직렬로 배치된 압연가공설비를 이용하여 행해지는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0132] 또, 이 제47발명은, 1공정을 행하는 압연 라인이 2기의 압연기에 의해 구성되어 있는 압연가공설비를 이용하여 코일상의 강선재 또는 강선을 제조하므로, 특히 생산공정(생산 스케줄 등)의 운용에 탄력성이 풍부하고, 또한 충분한 미세 결정립이 얻어지므로, 본원 발명이 목적으로 하는 양호한 재질특성(강도 및 연성)을 구비한 강선재 또는 강선을 제조할 수 있는 방법이며, 매우 바람직한 제조방법의 하나이다.

[0133] 본원의 제48발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제33발명～제43발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 상기 피압연재의 상기 압연개시부터 압연종료까지의 공정을 3공정이상 반복함으로써, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에 그 피압연재에 도입 되는 3차원 유한요소법을 이용하여 산출되는 소성변형(ε)이 그 피압연재의 50체적%이상의 영역에 있어서, ε≥2.0이 되는 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0134] 본원의 제49발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제48발명에 있어서, 최초의 압연공정에 있어서의 압연개시부터 최종의 압연공정에 있어서의 압연종료까지의 사이에 상기 피압연재에 도입되는 3차원 유한요소법을 이용하여 산출되는 소성변형(ε)이 그 피압연재의 50체적%이상의 영역에 있어서, 상기 소성변형(ε)을 더욱 크게 해서 ε≥3.0이 되도록 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0135] 본원의 제50발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제33발명～제49발명 중 어느 하나의 발명에 있어서, 제19발명～제32발명 중 어느 하나의 발명에 기재된 온간제어 연속압연 가공설비를 이용하여, 주행하는

강선재에 압연가공을 실시하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0136] 본원의 제51발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법은, 제50발명에 있어서, 그 복수 기의 압연기 중 적어도 1기의 압연기, 적어도 1기의 압연기와 사이징 밀, 또는 사이징 밀이 이것 또는 이들을 공관통하거나, 또는 이것 또는 이들을 압연의 온라인으로부터 일시적으로 제거하거나 해서 사용하지 않고, 상기 피압연재를 목표로 하는 단면형상치수로 압연하는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0137] 본원의 제52발명은, 코일상 강선재 또는 강선에 관한 것이다. 즉, 이것은 상기 제33발명~제51발명 중 어느 하나에 기재된 코일상의 강선재 또는 강선의 제조방법을 사용함으로써, 평균 결정입경이 C단면의 면적의 90%이상의 영역에 대해서, 1.0㎛이하로 미세립화되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

[0138] 본원의 제53발명에 따른 코일상의 강선재 또는 강선은, 제52발명에 있어서, 상기 피압연재의 C단면의 면적의 90%이상의 영역에 형성된 평균 결정입경이 0.6㎛이하로 미세립화되어 있는 것에 특징을 갖는 것이다.

실 시 예

[0184] 본 발명은 상술한 바와 같은 구성과 그 특징을 갖는 것이다. 그래서, 다음에 본 발명의 구성과 그 특징을 한층 명확하게 함과 아울러, 본 발명의 실시형태 및 상기 실시형태에 있어서의 형태의 한정 이유에 대해서 서술한다.

[0185] [1]실시형태의 개요

[0186] 도1은, 본원 발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법을 실시하는데에 적합한 본원 발명에 따른 온간제어 연속압연 가공설비의 예이며, 금속재료의 종류로서, 철강을 예로 든 경우에, 미세립 조직을 갖는 대단중의 코일상 강세선의 제조방법을 실시하는데에 적합한 큰 변형의 온간제어 연속압연 가공설비의 개요 구성도를 예시하는 것이다.

[0187] 압연기는 4기 설치되어 있는 경우이다. 제조라인의 상류측부터 순서대로 코일 되감기장치(1), 스트레이트너(2), 핀치롤(3), 대용량 급속가열장치(4), 서포트롤(5), 입측 안내장치(6), 제1번째 압연기(7), 출측 안내장치(8), 느슨함 조정장치(9)가 설치되어 있다. 이하, 제2번째부터 제4번째 압연기의 각각에 대하여, 보조 급속가열장치(10, 14, 18)와, 입측 안내장치(11, 15, 19)와, 출측 안내장치(13, 17, 21)가 설치되어 있다. 계속해서, 이어서, 사이징장치(22), 냉각장치(23), 마지막으로 코일 권취장치(24)가 설치되어 있다. 또한 온도제어기구(도시생략)가 설치되어 있고, 각 압연기 입측 및 출측에 있어서의 피압연재의 온도측정장치, 및 이들로부터의 계측정보를 연산처리하여, 대용량 급속가열장치, 각 보조 급속가열장치 및 냉각장치를 통해 피압연재의 온도를 제어한다. 또, 피압연재의 온도제어를 위해 또한 각 압연기의 출측 안내장치의 출측에 급속조정 냉각장치(도시생략)를 설치해도 좋다.

[0188] 코일 되감기장치(1)로서는, 주지의 예를 들면 수평형 언코일러를 사용하고, 이것에 선지름이 5~25㎜정도인 코일상 강선재를 피압연재로서 장입하고, 코일 되감기장치(1)로부터 강선재(25)를 되감으면서, 이것을 스트레이트너(2)로 직선상으로 교정하고, 강선재(피압연재)(25)의 주행속도가 소정값으로 되도록, 핀치롤(3)을 조정 운전하고, 다음의 대용량 급속가열장치(4)에 이것을 연속적으로 주행장입시킨다. 이것에 의해 소정의 온간압연온도까지 가열된 강선재(25)는 서포트롤(5)을 통과하고, 입측 안내장치(6)에 의해 강선재(25)에 쓰러짐이 발생하지 않도록 압연기(7)에 유도되어, 상기 압연기의 소정 롤 구멍형에 끼워넣어진다. 그런데, 본원 명세서에서 코일을 되감는다는 것은, 코일을 풀어낸다는 것과 동일한 의미로 사용되고 있다.

[0189] 또, 입측 안내장치(6)의 방식으로서는, 피압연재의 단면형상이 원형 이외의 선재(25)인 경우를 고려해서, 예를 들면 4방향 롤러형 서포트롤러 가이드 등이 바람직하다. 소정 온도의 범위내의 강선재(25)는 최전단의 압연기(제1번째 압연기)(7)에서 소정의 변형이 도입되는 온간제어압연에 의해 가공된 후, 출측 안내장치(8)에 의해 도출되고, 계속해서 느슨함 조정장치(9)는 압연기(7)와 연동해서 압연롤의 속도를 조정함으로써 피압연재에 느슨함이 발생하지 않도록 조정하여 주행시킨다. 계속해서, 피압연재는 보조 급속가열장치(10)에 들어간다. 이 보조 급속가열장치(10)에 의해 피압연재는 상기 압연중에 저하된 온도가 제2번째 압연기(12)에서의 소정의 온간압연온도로 될 때까지 급속하게 수복 가열된 후, 다음의 입측 안내장치(11)에 의해 유도되어서 상기 압연기(12)에 의해 온간제어압연되고, 출측 안내장치(13)에 의해 도출된다. 또, 제2번째 압연기의 입측 안내장치(11)도 피압연재의 쓰러짐 방지 등의 관점에서 4방향 롤러형 서포트롤러 가이드 등이 바람직하다. 또한 출측 안내장치(13)에 대해서도 동일하다. 여기서, "쓰러짐" 은, 구멍형 압연에 발생하기 쉬운 특유의 현상으로서, 압연대상인 강선재(25)가, 그 단면이 라운드 형상을 보유하는 경우에는, 그대로 문제없이 압연할 수 있지만, 압연기에 도입하는 강선재(25)가, 예를 들어 그 단면이 타원 형상을 보유하는 경우, 다음의 압연공정에서 정사각 구멍형 등에

의해 롤 압연할 때에는, 강선재(25)를 그 장경(長徑)방향으로 세워지도록 눌러서 구멍형에 넣을 필요가 있다. 즉, 가늘고 긴 것을 구멍형에 의해 롤 압연하므로, 강선재(25)를 확실히 세워두지 않으면, 강선재(25)가 횡으로 쓰러진 상태로 되어서, 소정의 롤 압연을 행할 수가 없게 되어 버린다. "쓰러짐" 이란, 상기와 같은 강선재(25)의 횡 쓰러짐 등을 의미하는 것이다.

[0190] 이후, 상기 제2번째 압연기(12)에 의한 것과 마찬가지로 해서, 피압연재는 제3번째의 압연기(16) 및 제4번째의 압연기(최후단 압연기)(20)에 의해 온간제어압연이 실시되고, 사이징장치(22)에 의해 단면형상이 조정되고, 냉각장치(23)에 의해 냉각된 후, 강세선(26)은 코일 권취장치(24)에 의해 권취된다.

[0191] 또, 출발재인 강선재(25)의 단면치수와 완성재인 강세선(26)의 단면치수의 관계에 의해, 적당한 압연 패스 스케줄을 정할 수 있다. 그것을 위해서는, 이 온간제어 연속압연 가공설비(27)에 의한 상기 압연공정을 복수공정 반복함으로써, 목 표 선지름의 강세선(26)을 얻어도 좋다. 이러한 압연 스케줄의 경우에는, 사이징장치(22)는 최종회의 압연공정에서 사용한다. 또한 상기 압연공정이 1공정인 경우이어도 복수공정의 경우이어도 압연 패스 스케줄에 4기의 압연기 중 사용하지 않는 압연기가 있어도 지장이 없다. 그 경우에는, 압연롤을 공관통(空貫通)해도 좋고, 또는 롤을 슬라이드 제거시켜도 좋다. 여기서 말하는 공관통이라는 표현은 압연기로부터 압연롤을 떼어낸 상태에서 강선재(25)를 압연기에 통과시키는 것을 의미한다.

[0192] 이상, 금속재료의 종류로서, 철강의 경우를 예로서 서술했지만, 금속Mg, 금속Al, 금속Cu 및 금속Ti, 및 이들 각 금속의 합금에 대하여도, 상술한 철강의 경우에 준해서 그 실시형태를 구성할 수 있다. 그 이유는, 본원 발명에 따른 금속선재 또는 금속선의 제조방법에 의한 결정립의 미세화에 의한 재료특성의 향상 기구에 있어서는, 특히 상변태에 의한 고강도화 기구를 전혀 이용하지 않고, 각 금속종에 따른 적절한 온간압연가공의 온도영역에 있어서, 적절한 변형을 도입함으로써, 결정립의 미세화를 꾀한다는 원리를 이용해서 행하고 있다. 또 강도를 높이기 위한 합금원소의 첨가도 특별히 요하지 않는다.

[0193] 따라서, 예를 들면 철강에 대해서 말하면, 페라이트 단상강 및 오스테나이트 단상강 등과 같은 상변태가 존재하지 않는 성분계 강종 등, 광범위에 걸친 화학성분 조성의 강에 적용할 수 있다.

[0194] 또한 본원 발명은 상기 금속재료를 그 완성재의 형태면에서 보면, 금속재료의 제조방법의 발명에 있어서는, 선재 또는 선을 대상으로 하고 있지만, 한편, 온간제어 연속압연 가공설비의 발명에 있어서는, 제조대상의 완성재의 형태가 선재 또는 선에 한정되지 않고, 후프 및 박판 코일의 제조에도 적용 가능한 설비이다.

[0195] [2]실시형태의 상세

[0196] 다음에 본 발명에 따른 금속선재 또는 금속선(금속세선)의 제조방법의 실시형태에 대해서, 강세선을 제조하는 방법을 예로서 서술한다.

[0197] 상기한 바와 같이 구성된 온간제어 연속압연 가공설비(27)에 의해, 본원 발명에 따른 미세립 조직을 갖는 대단중의 코일상 강세선을 제조하는 방법의 실시형태 및 제조조건의 한정 이유 및 효과 등에 대해서, 다시 도1을 참조하면서 설명한다.

[0198] 선지름이 5~25㎜, 또한 특별예로서 최대 60㎜정도의 강선재를 출발재로 하고, 이것을 압연에 의해 선지름이 1~25㎜정도인 강세선으로 압연하고, 이것에 구상화 어닐링 등의 열처리를 행하지 않고, 고강도이며 또한 고연성을 갖는 강세선을 제조하기 위해서, (1)압연온도의 제어범위를 한정하고, 또한 그 압연온도조건하에서 주행하는 강선재를 연속적으로 압연제어하는 것이 필요하다. 그리고, 바람직하게는 (2)구멍형 롤에 의한 패스 스케줄을 한정함으로써, 소정치이상의 변형을 피압연재에 도입하는 것이 필요하다.

[0199] [2-1]압연온도조건에 대해서

[0200] (i)우선, 피압연재의 압연온도를 철강의 온간압연온도범위로 해서, 압연개시 직전부터 압연종료 직후까지의 온도를 350~850℃의 범위내로 한정한다. 이 온도범위내로 한정하는 이유는 다음과 같다. 본원 발명에 따른 코일상 강선재 또는 강선의 제조방법에 있어서는, 소위 온간압연 영역에 있어서의 가공에 의해, 큰 변형을 도입함으로써 생긴 마이크로적인 결정립의 국소방향차가 미세 결정립의 기원이 되어, 가공중 내지 가공후에 있어서의 회복과정에서 결정립내의 전이밀도가 저하되는 동시에 결정립계가 형성되어 미세립 조직이 형성된다. 단, 온도가 낮으면 회복이 충분하지 않으므로, 전위밀도가 높은 가공조직이 잔존한다. 한편, 그 온도가 지나치게 높으면, 불연속 재결정 또는 통상의 입자성장에 의해, 결정립이 조대화되므로 원하는 미세립 조직은 얻어지지 않는다. 또한 압연온도가 350℃보다 저온에서 소정의 변형을 도입하는 압연을 행하면, 피압연재의 출발재가 열간압연으로 제조된 선재의 경우에는, 냉간가공 경화에 의해 압연성이 저하되어, 실조업상에서도 압연을 계속할 수 없게

된다. 이것에 대해서, 압연온도를 850℃이상으로 하면, 상술한 바와 같이, 압연가공후의 재결정화가 진행되어 미세립 조직이 얻어지지 않고, 따라서 고강도이며 또한 고연성을 갖는 강세선을 제조할 수 없기 때문이다.

[0201] 또한 더욱 바람직하게는, 상기 압연온도조건을 350～850℃의 범위내로 하는 대신에 400～650℃ 범위내로 엄격하게 한다. 이것에 의해, 결정립의 미세화와 정립화(整粒化)가 더욱 촉진되어, 한층 고강도이며 또한 고연성을 갖는 강세선이 얻어진다.

[0202] (ⅱ)그리고, 바람직하게는, 더욱 부가해야 할 조건으로서, 제2번째이후의 각 압연기(12, 16, 20)의 출측에 있어서의 피압연재(25)의 온도($T_{r+1,out}$)와, 그 전의 각 압연기(7, 12, 16)에의 입측에 있어서의 피압연재(25)의 온도($T_{r,in}$)의 온도차($T_{r+1,out}-T_{r,in}$)가 -150～50℃의 범위내로 들어가고, 또한, 마지막 압연기(제4번째의 압연기(20))의 출측에 있어서의 피압연재(25)의 온도($T_{4,out}$)와, 제1번째의 압연기(7)의 입측에 있어서의 피압연재(25)의 온도($T_{1,in}$)의 온도차($T_{4,out}-T_{1,in}$)가 -200～100℃의 범위내에 들어가도록 온도제어 하는 것, 즉,

[0203] $T_{r+1,out}-T_{r,in}$=-150℃～50℃…(3)

[0204] (단, r은 1, 2 또는 3이며, 압연기의 최상류측부터의 순번을 나타낸다)

[0205] $T_{4,out}-T_{1,in}$=-200℃～100℃…(4)

[0206] 를 만족하는 것이 좋다.

[0207] 우선, 상기 (3)식과 같이, 본원 발명에 따른 강세선의 제조에 있어서의 온간제어압연에 있어서는, 소정 압연기의 입측에 있어서의 피압연재의 온도와, 그 전의 압연기의 입측에 있어서의 피압연재의 온도의 차를 규정하는 것은, 다음의 이유, 즉, 완성재(강세선)의 결정립 미세화의 확실·안정화 및 정립화를 촉진시키기 위해서이다. 이하, 그것을 설명한다.

[0208] 본 발명자들은 이미, 하기 사항을 지견하고 있다. 즉 압연후 재료의 결정입경은 하기 (B)식중의 압연온도(T)와 평균 소성변형 속도(ε/t)의 함수로서 나타내어지는 압연 파라미터(Z)에 의해 지배되고, 피압연재의 결정구조가 예를 들면 bcc인 경우, 예를 들면 Z≥11이 되는 온간압연가공을 행함으로써, 평균 결정입경은 1㎛이하의 페라이트 입자가 얻어지는 것을 지견하고 있다. 따라서, 평균 결정입경의 목표값을 정하면, 이것에 따른 Z의 값이 되도록 압연을 제어함으로써, 이 평균 결정입경의 목표값이 달성된다.

[0209] $Z=\log[(\varepsilon/t)\exp\{Q/8.31(T+273)\}]$…(B)

[0210] 단, ε:피압연재에 도입되는 평균 소성변형(3차원 유한요소법에 의해 구할 수 있다.), 또는 간단하게 진변형이어도 좋다.

[0211] t:압연개시부터 압연종료까지의 시간(sec)

[0212] Q:정수(α-Fe의 자기확산의 활성화 에너지, 254KJ/mol)

[0213] T:압연온도(각 패스의 압연온도를 평균한 온도(℃))

[0214] 여기에서, (B)식에서 명백하듯이, 각 패스마다의 압연온도범위(상기 (3)식에 있어서 $T_{r+1,out}-T_{r,in}$에 상당하는 값)가 작을수록, 압연온도를 소정 온도로 설정한 경우의 (B)식중의 압연온도(T)의 변동량도 작아지는 경향이 있으므로, Z의 변동량도 작아진다. 한편, 상기 (3)식중의 $T_{r+1,out}-T_{r,in}$의 값의 변동범위를 작게 하는 것은, (B)식중의 압연온도(T)의 변동량을 작게 하게 된다. 따라서, $T_{r+1,out}-T_{r,in}$의 값의 변동범위를 작게 함으로써, Z의 변동량을 작게 제어할 수 있으므로, 상기 목표값으로 한 평균 결정입경의 변동량(변동범위)도 작게 할 수 있다. 즉 피압연재의 목표평균 결정입경을 정밀도 좋게 달성하는 것이 가능해지고, 이것에 따라, 결정립의 미세화를 확실한 것으로 함과 아울러, 피압연재에 형성되는 평균 결정입경의 분포범위가 좁아지므로, 혼립으로부터 정립분포로 개선된다.

[0215] 이상에 의해, $T_{r+1,out}-T_{r,in}$의 값을 소정 범위내로 규정함으로써, 결정립의 미세화의 촉진과, 결정립의 정립화가 이루어진다. 또한 상호작용적으로 이 정립화에 의해, 결정립의 미세화가 한층 촉진되어, 재질특성, 특히 강도 및 연성의 향상에 기여한다. 이상의 고찰 및 시험결과에 기초하여, 상기 (3) 및 (4)식과 같이 규정한다.

[0216] 본원 발명에 있어서는, 소정 압연기의 입측에 있어서의 피압연재의 온도와, 그 전의 압연기로부터의 출측에 있

어서의 피압연재의 온도의 차를 (3)식과 같이 규정함으로써, 정립화된 소정의 평균 입경을 갖는 강세선을 제조할 수 있다.

[0217] 다음에 상기 (4)식과 같이, 제4번째의 압연기에의 출측에 있어서의 피압연재의 온도와, 제1번째의 압연기에의 입측에 있어서의 피압연재의 온도의 차를 소정의 온도범위내가 되도록 규정하는 것은 이와 같이 온간제어압연을 함으로써, 상술한 (3)식의 규정 이유에 준해서 (4)식의 규정에 의해서도, 목표 평균 결정입경을 정밀도 좋게 달성하는 것, 및 그 정립화 효과를 달성할 수 있기 때문이다.

[0218] 또한 더욱 바람직하게는, 피압연재(25)의 온도조건을 상기 (3) 및 (4)식에 의한 것 대신에 하기 (3') 및 (4')식:

[0219] $T_{r+1,out}-T_{r,in}$-50℃～30℃…(3')

[0220] $T_{4,out}-T_{1,in}$=-50℃～30℃…(4')

[0221] 와 같이, 그 온도조건을 한층 엄격하게 하면 된다. 이것에 의해, 결정립의 미세화 및 정립화가 한층 촉진된다.

[0222] [2-2]주행하는 피압연재의 연속적 가열제어에 대해서

[0223] 본원의 발명에 있어서는, 압연 라인을 연속적으로 주행하는 피압연재인 강선재를 연속압연하는 것이 필요하다. 즉 코일 되감기장치(1)로부터 제1번째 압연기(7)까지의 사이에서, 주행하는 강선재를 상온부터 온간온도영역까지 가열할 필요가 있다. 대용량 급속가열장치(4)는 그것을 위한 중요한 장치이다. 강선재(25)의 스타트 선지름의 최대값은 예를 들면 60㎜이며, 이것을 소정의 되감기 선속도로 주행시킨 경우에, 대용량 급속가열장치(4)의 유효가열대의 설계길이 범위내에 있어서, 예열·온도상승·균열과정이 완료되어 안정된 소정의 온간압연온도의 조건, 구체적으로는, [2-1]항의 압연온도조건을 만족시키기 위해서, 압연개시부터 종료까지의 1공정의 사이, 제1번째 압연기(7)에 끼워넣어지는 선재(25)(피압연재)의 온도를 350～850℃의 범위내의 임의 온도까지 급속하게 가열할 수 있는 능력을 갖는 것이 필요하다.

[0224] 계속해서, 제2번째 압연기(12)에 있어서도, 제1번째 압연기에 의해 압연중 및 압연후에 저하된 온도를 보상해서, 마찬가지로 소정의 온간온도영역에서 압연하기 위해서, 소정 온도까지 보조적으로 급속가열한다. 그것을 위해서는, 압연되면서 피압연재의 온도, 선지름, 선속도 및 가공 발열량에 따라, 제2번째 압연기(12)의 입측 직근에 설치된 보조 급속가열장치(10)를 사용해서 소정 온도까지 가열한다. 제3번째이후의 압연기(16, 20)와 각 입측의 보조 급속가열장치(14, 18)에 있어서도 마찬가지로 피압연재의 온도를 제어한다.

[0225] 대용량 급속가열장치(4) 및 보조 급속가열장치(10, 14, 18) 중 어느 것에 있어서나, 각 압연기로 압연되기 직전의 피압연재 및 압연된 직후의 압연재의 온도를 정밀도 좋게 제어하는 것에 추종할 수 있는 것이 중요하다. 이들 가열장치와, 압연기 사이를 주행하는 단시간내에 전단 압연기로 압연되고 있는 동안의 압연롤에의 전열이나 방열에 의해 저하된 피압연재의 온도변화의 정보를 판독하여, 압연개시부터 종료까지의 피압연재의 온도를 제어한다.

[0226] 대용량 급속가열장치(4) 및 보조 급속가열장치(10, 14, 18)는 어느 것이나 그 가열방식 및 열원에 적합한 것으로서는, 메탈섬유 가스버너 또는 세라믹 다공판 가스버너 등의 표면연소 가스버너장치, 피압연재에 통전하는 통전저항 가열방식, 전자유도 가열방식, 또는 전기저항 발열체복사 가열장치 등 어느 것이어도 좋다. 이들은 모두 상술한 급속가열에 추종할 수 있도록 배려된 것이 필요하며, 지금까지 제안된 것 또는 주지기술을 사용할 수도 있다.

[0227] 구체예로서, 메탈섬유 가스버너의 경우에는, 전면이 개구된 금속 케이싱의 개구부에, 내열 금속섬유에 의해 형성한 천모양 소재(예를 들면 니트나 펠트상 등의 소재)를 덮어 연소면을 구성한 버너, 소위 평면형 메탈섬유 버너를 들 수 있다. 내열 금속으로서 내열강 또는 인코넬 등의 내열 합금을 소재로 하고, 이것을 섬유상으로 가공하여, 편물가공법 또는 직포가공법 등에 의해 천모양 소재로 한다. 이 표면 가스버너의 형태로서는, 앞면이 적절한 외표면을 갖는 펠트 평판상 메탈섬유로 덮여지고, 양 측면 및 저면이 단열재로 덮여진 연소·가열실이 펠트 평판상 메탈섬유의 배면측에 설치되고, 펠트 평판상 메탈섬유에 의해 피압연재가 적절한 간격을 두고 끼워지도록 피압연재에 대하여 대칭이 되도록 2방향 또는 3방향으로 대향 설치한다. 그리고, 연소·가열실내에 연료가스와 공기의 예혼합 가스를 외부로부터 도입하고, 연소시켜서 상기 펠트 평판상 메탈섬유를 적열(赤熱)시키고, 이러한 상태의 메탈섬유 가스버너에 의해 피압연재를 급속가열한다.

[0228] 표면 가스버너의 형태로서는, 그 밖에, 예를 들면 반할형의 원통형상으로 형성해도 좋다. 그리고, 피압연재의

온도제어는 도1의 온간제어 연속압연 가공설비(27)의 각 압연기와 각 입측 안내장치의 간극, 및 각 압연기와 각 출측 안내장치의 간극의 양 위치에서, 적절한, 예를 들면 접촉형 온도계 등에 의해 압연기에 끼워넣기 직전 및 압연기를 통과한 직후의 피압연재의 각 온도를 연속적으로 측정하여고, 이 측정치에 기초해서, 주지의 온도제어기구에 의해 피압연재의 온도를 소정의 온간압연온도범위내로 제어한다.

[0229] 또, 온간압연온도범위내의 제어는 반드시 자동화된 온도제어기구를 사용할 필요는 없고, 오퍼레이터에 의한 수동이 개입된 온도조절에 의해서도 좋다. 어느 경우에서나, 상술한 피압연재의 압연온도의 온간영역제어는 상류측에 설치되어 있는 대용량 급속가열장치(4)에 의한 강선재(25)의 가열상태의 영향을 크게 받는다. 따라서, 각 압연기의 입측의 보조 급속가열장치(10, 14, 18)의 온도제어에 있어서는, 대용량 급속가열장치(4)의 온도제어와 연동시킨다. 그 때, 자동제어방식은 어느 가열장치에 있어서나, 제어동작이 빠른 미분형 제어에 의해 피드 포워드 제어를 채용하는 것이 바람직하다.

[0230] [2-3]큰 변형 가공의 조건에 대해서

[0231] 상술한 [2-1]의 (i)항에서 서술한 온간영역에 있어서의 압연가공에 의해 편평화된 가공입자로부터 미세 결정립이 생성되고, 변형의 증가에 따라 이 미세 결정립이 증가한다. 이렇게 하여 미세립 조직을 갖는 강세선을 제조하기 위한 소정의 온간제어압연에 있어서는, 피압연재에 소정값 이상의 「변형」을 도입하는 것이 필요하다. 여기에서, 압연가공시의 변형 도입은 다방향에서의 가공에 의해 큰 변형의 도입이 되어 쉬워진다. 강선재 또는 강선의 압연 패스 스케줄에 타원 구멍형과 이것에 계속되는 정사각 구멍형에 의한 압연이 이루어지는 경우에는, 도입되는 변형의 평가를 단순한 소위 진변형(e)으로 평가하기 보다, 소성변형(ε)으로 평가하는 쪽이 적합하다. 그래서, 본원 명세서에 있어서는, 상술과 같이, 변형을 「진변형」과 「소성변형」으로 나누고 있다.

[0232] 상기를 감안하여, 평균 결정입경이 3㎛정도이하인 미세립 조직을 갖는 강세선을 제조하기 위해서는, 온간제어압연에 있어서 피압연재에 도입해야 할 진변형을 0.25이상으로 하는 것이 필요하다. 진변형이 0.25미만이면 온간압연영역에 있어서도 강세선의 결정조직이 충분히 가공되지 않아 강도가 충분하게 개선되지 않기 때문이다. 여기에서, 본 발명에 있어서의 진변형(금속종이 철강인 경우, 식의 구성 문자에 「'」를 붙여서 표기함)으로서, 하기 (1')식:

[0233] $e'=\ln(S_0'/S')\cdots(1')$

[0234] 단, S_0':압연개시전의 피압연재의 C단면의 면적

[0235] S':압연종료후의 피압연재의 C단면의 면적

[0236] 으로 나타내어지는 e'로 정의한다.

[0237] 또, 진변형(e')≥0.25는 압연개시부터 압연종료까지의 사이의 피압연재의 하기 (A)식:

[0238] $R_{Tot}=\{(S_0-S)/S_0\}\times 100\cdots(6')$

[0239] 단, R_{Tot}:총감면율(%)

[0240] S_0:압연개시전의 피압연재의 CC단면의 면적

[0241] S:압연종료후의 피압연재의 CC단면의 면적

[0242] 으로 나타내어지는 총감면율 R_{Tot}(%)로 환산하면, $R_{Tot}\geq 22\%$가 된다. 따라서, 진변형(e')≥0.25 대신에, 총감면율 $R_{Tot}\geq 22\%$로 해도 좋다.

[0243] 또한 결정립의 미세화를 위해서는, 진변형을 0.7이상으로, 더욱 바람직하게는 1.38이상이 되도록 압연가공을 실시하는 것이 바람직하고, 강도의 향상을 한층 꾀할 수 있다.

[0244] 한편, 완성재의 고품질이며 또한 균질성 확보라는 품질상의 관점을 중시하는 경우에는, 피압연재 내부의 변형분포에 유의해야 한다. 특히, 다방향 압연에 의한 경우에는 유의해야 한다. 이 관점에서는, 변형으로서는 소성변형을 사용하는 것이 보다 적합하다. 소성변형의 평가는 기술한 바와 같이, 주지의 3차원 유한요소법을 사용하여, 상기 (7)식에 의해 산출할 수 있다. 그리고, 온간압연가공에 의해 편평화된 가공 결정립으로부터 미세 결정립을 생성시키고, 이 소성변형(ε)의 증가에 따라 미세 결정립의 생성영역의 증대 및 미세화가 촉진된다. 본 발명자들의 실험결과에 의하면, 소성변형(ε)의 값의 상승과정에 있어서, 「0.7」, 「1.5」 및 「2.0」의 3단계에

있어서, 완성재 강도의 변극점을 확인할 수 있는 것, 그리고 「3.0」에 있어서, 일단 포화값에 근접하는 것을 지견했다. 따라서, 이들 4단계에 있어서의 소성변형(ε)마다 원하는 완성재(제품)의 품질, 특히 강도 수준에 따른 제조방법을 채용하는 것이 바람직하다.

[0245] 상기 관점에 의해, 제품품질을 보증하기 위해서는, 상기 소성변형(ε)이 확보된 영역이 50체적%이상 필요하다. 또, 3차원 유한요소법을 사용하고 있으므로, 50체적%의 평가는 50면적%로 대용해도 좋다.

[0246] [2-4]구멍형의 형상·치수와 피압연재의 형상치수의 관계, 및 패스 스케줄에 대해서

[0247] 본원 발명에 있어서, 미세립 조직을 갖고, 고강도이며 또한 고연성을 갖는 강세선을 제조하기 위해서는, 상기 [2-1] 및 [2-2]항에서 서술한 바와 같이, 압연개시부터 종료까지의 피압연재의 온도를 제어하는 것이 필요하며, 또한 피압연재에 「큰 변형을 도입」하는 것이 중요하다. 그것을 위해서는, 적절한 패스 스케줄 조건에 의해 압연하는 것이 필요하다.

[0248] 그리고, 그 때, 피압연재의 단면의 형상을 소정의 정규의 형상으로 성형하는 것(「단면형상 성형성의 확보」)도 필요하다. 먼저, 구멍형 롤에 의해 압연하는 것을 전제조건으로 하고, 압연 패스수를 2이상으로 한다. 이 2패스 이상으로 하는 이유는, 본원 발명에서 제조하고자 하는 목적의 결정립조직 및 재질특성을 갖는 강세선을 효율좋게 얻기 위해서는, 다방향에서의 대압하 압연이 필요하며, 그것을 위한 필요조건으로서, 압연공정라인 중 적어도 어느 1패스에 있어서는, 도2(a), (b)에 나타내듯이, C단면이 사각 또는 라운드형상인 피압연재(28, 28')를 타원 구멍형 롤(29a, 29b)로 압연함으로써, C단면이 타원형상이 되도록 성형하고(도2(c), (d)의 부호 30), 계속해서 이 타원형상으로 성형된 피압연재(30)를 정사각 구멍형 롤(31a, 31b)(도2(c)) 또는 다이아몬드 구멍형 롤(32a, 32b)로 압연한다(도2(d))라는 패스 스케줄을 포함하고 있는 것이 효과적이다.

[0249] 따라서, 압연 패스수는 적어도 2패스가 필요하다. 그리고, 상기 피압연재(28, 28')의 형상·치수와, 타원 구멍형(29a, 29b)의 형상·치수의 관계, 및 상기 타원형상으로 성형된 피압연재(30)와 정사각 구멍형 롤(31a, 31b) 또는 다이아몬드 구멍형 롤(32a, 32b)의 각 치수·형상의 관계로서, 다음 관계가 만족되는 구멍형 롤을 사용하는 것이 큰 변형의 도입상 효과적이다.

[0250] 즉, [조건1]타원 구멍형 롤(29a, 29b)은 그 타원 구멍형의 최대 단축길이(A)가, C단면이 사각형상 또는 라운드형상인 피압연재(28 또는 28')의 대변간의 길이 또는 지름(모두 B라고 표기함)의 0.75배이하(A≤B×0.75), 즉, A/B≤0.75로 한정되는 것이 바람직하고, 또한 A/B≤0.60으로 한정되면 한층 바람직하다.

[0251] 이렇게, A/B≤0.75로 하는 것은, 타원 구멍형을 사용했을 때의 공칭 압하율(=(B-A)/B)이 작으면, 피압연재료의 중심부까지 변형이 거의 도입되지 않으므로, 이것을 해소하기 위해서 A/B≤0.75로 한다. 또한 양호한 단면형상 성형성의 확보의 관점에서도 A>B×0.75로 하면, 다음 패스에 있어서의 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형 롤에 의한 압연에 있어서, 롤 갭에 피압연재료의 일부가 유동되어 버려, 재료의 단면형상의 성형성을 확보할 수 없는 데다가, 도입되는 변형도 작다. 따라서, A≤B×0.75로 한정한다. 또한 A/B≤0.60으로 제한하면 상기 효과가 한층 발휘된다. 또, A/B의 값이 너무 작아지면, 피압연재의 쓰러짐이 발생하기 쉬워지므로 바람직하지 않다.

[0252] 상기 조건1 위에 또한 [조건2]정사각 구멍형 롤(31a, 31b) 또는 다이아몬드 구멍형 롤(32a, 32b)은 그 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형의 상하 대각간의 길이(모두 C라고 표기함)가 타원형상으로 성형된 피압연재(30)의 장축길이(D)의 0.75배이하(C≤D×0.75), 즉 C/D≤0.75로 한정하면, 한층 바람직하다. 즉 단면형상의 성형성을 한층 유리하게 하기 위해서, 상기 2패스에 있어서의 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형의 상하 대각간의 길이 또는 지름(C)을 크게 해서, 바로 앞의 패스(1패스째)에서 얻어진 상기 타원형상 피압연재(30)의 장축길이(D)에 대한 C의 비율(C/D)을 크게 하면, 이번에는 공칭 압하율(=(D-C)/D)이 작아져 버려, 단면형상의 성형성은 향상되어도 재료 중심부에까지 변형을 도입할 수 없게 된다. 단면형상의 성형성을 양호하게 확보하고, 또한 재료 중심부에까지 변형을 도입하기 위해서, 상기 비율(C/D)은 C/D≤0.75로 한정한다.

[0253] 또, 압연에 있어서는, 완성 강세선의 단면형상·치수에 따른 적절한 패스 스케줄이 필요하지만, 상술한 정사각 구멍형 또는 다이아몬드 구멍형 대신에, 박스 구멍형을 사용해도, 어느 정도의 유사효과가 발휘된다. 따라서, 박스 구멍형에 의한 대체 사용도 실제로 조업상은 유용하다.

[0254] [2-5]타원 구멍형의 바람직한 형상치수에 대해서

[0255] 또한 상술한 패스 스케줄로 압연을 행하는 것에 있어서 효과적인 타원 구멍형의 바람직한 형상치수에 대해서는 다음과 같다. 즉 「큰 변형의 도입」과 「단면형상의 성형성 확보」라는 양립은 선행 패스인 타원 구멍형 롤에 의한 공칭 압하율뿐만 아니라, 타원 구멍형의 장축방향의 형상에 의해 야기되는 구속력에도 크게 의존한다.

[0256] (i)도3에 나타내고 있는 타원 구멍형의 최대 단축길이(A)의 장축길이(E)에 대한 비(A/E)가 작을수록 다음 패스에 있어서의 공칭 압하율을 크게 할 수 있으므로, 변형도입에 효과를 발휘한다.

[0257] 이 변형도입효과가 충분히 발휘되도록 하기 위해서는, 타원 구멍형의 최대 단축길이와 장축길이의 비(A/E)는 0.40이하인 것이 바람직하다.

[0258] (ii)한편, 상기 타원 구멍형의 형상에 있어서, 타원 구멍형의 곡률반경(Ra)이 작으면, 1패스당의 감면율은 크게 할 수 있지만, 폭방향이 뾰족하게 되어 버려 가령, 다음 패스에서의 공칭 압하율이 커도, 피압연재료 중심부에 변형이 도입되기 어렵다. 따라서, 단면형상의 성형성을 확보하면서 재료 중심부에의 큰 변형 도입을 꾀하기 위해서는, 타원 구멍형의 곡률반경(Ra)은 큰 쪽이 효과적이며, 그 크기는 타원 구멍형 롤(29a, 29b)로 압연되는 사각형상 피압연재(28)의 대변간의 길이(B)(도2(a) 참조), 또는 라운드형상 피압연재(28')의 지름(B)(도2(b) 참조)의 1.5배이상인 것이 바람직하다. 단, 이것을 5배, 6배로 하면 그 효과는 포화되지만, 주지의 타원 구멍형 롤의 범주이면, 특별히 상한을 설정할 필요는 없다.

[0259] 이렇게, 타원 구멍형의 바람직한 곡률반경(Ra)은 이것에 의해 압연되는 피압연재의 C단면치수에 의존하지만, Ra≥B×1.5를 만족시키는 곡률반경을 갖는 수준의 구멍형을 장착해 두는 것이 바람직하다.

[0260] 그리고, 본 발명에 있어서는, 원하는 선지름의 완성재(강세선)를 제조하기 위해서, 하기 [2-5]의 압연공정을 적당하게 선정하는 것이 바람직하다.

[0261] [2-6]압연방식과 완성재의 선지름에 대해서

[0262] 이 큰 변형가공의 중요한 구성요소로서, 강선재의 압연 패스 스케줄이 있다. 도1에 예시한 온간제어 연속압연 가공설비(27)에 있어서는, 압연기를 7, 12, 16, 20과 같이 4기를 직렬로 배치하고 있다. 각 압연기는 주지의 2중식 수평 압연기이다. 또, 압연기의 종류(형식)나 기수는 예를 들면 생산량, 주요 생산품의 출발재와 완성재의 선지름의 관계, 조업형태 등에 따라, 압연기 2기이상의 설치를 전제로 하여 적당하게 선정·증감시킬 수 있다. 또한 각 압연기의 롤 구멍형으로서는, 주지의 타원, 정사각, 라운드, 다이아몬드 및 박스를 적당하게 선택할 수 있다. 예를 들면 제1번째의 압연기(7)의 롤 구멍형은 타원, 다음의 압연기(12)는 정사각, 다음의 압연기(16)는 정사각, 그리고 제4번째의 압연기(20)는 라운드 구멍형으로 한다. 그리고, 소정의 강선재(피압연재)를 완성 목표치수의 강세선까지 온간제어압연을 실시하고자 하는 경우, 출발시의 피압연재의 선지름에 따라, 각 압연 패스마다의 감면율 및 압하방향을 고려해서, 각각의 구멍형의 제원치수를 결정한다. 그리고, 반드시 압연라인의 1공정에서 완성 목표치수의 강세선까지 가공할 필요는 없고, 2공정이상에서 완성되도록 패스 스케줄을 설정할 수 있다. 그 경우, 각 압연기에 있어서 소정의 구멍형을 이용하여 압연하기 위해서, 예를 들면 소정 압연기에 대해서는 롤 재조합에 의해, 필요한 구멍형 형상으로 소정의 제원치수의 구멍형이 형성된 롤을 사용해서 압연한다. 예를 들면 피압연재의 패스 스케줄을, 1공정에 4기의 압연기가 설치된 압연 라인에 있어서, 전체 2공정에서 출발재의 강선재를 완성 목표치수의 강세선으로 압연하고자 하는 경우에, 제1공정에서는 타원-정사각-정사각-정사각으로 하고, 제2공정에서는 타원-정사각-타원-라운드로 하는 경우에도, 소정의 패스 스케줄에 기초해서, 4기 각각의 2중식 수평 압연기의 롤 구멍형의 제원치수를 설계해 두고, 제2공정에서는 모든 압연기의 롤을 변경해서 압연을 행한다.

[0263] 또한 2공정이상에서 완성하는 패스 스케줄의 경우에는, 사이징장치(22)를 사용하는 경우에는, 통상, 최종회 공정의 최종 패스에서 사용하면 좋다.

[0264] 또, 사이징장치(22)를 설치하지 않고, 최후단 압연기(20)에 사이징기능을 갖는 구멍형이 설계된 칼리버 롤을 장착해도 좋다.

[0265] 또한 상기 패스 스케줄의 적절화를 꾀하기 위해서, 소정 회수째의 공정에 있어서는 4기의 압연기 중 예를 들면 1기는 이것에 의한 압연을 행하지 않게 할 수도 있다. 그 방법으로서는, 상기 압연기는 피압연재를 공관통해도 좋고, 또는 압연기 스탠드를 압연 라인으로부터 일시적으로 슬라이드 제거하는 등의 방법에 의한 것이어도 좋다. 또한 온간제어 연속압연 가공설비(27)는 이 압연 라인의 후미에 있어서 복수의 스트랜드로 분기시키고, 이 분기된 각 스트랜드의 각각에, 소정의 압연기를 배치해도 좋다. 그 때, 각 말미 압연기의 각각의 하류측에 코일 권취장치(24)를 병설하면, 압연 라인의 조업도를 한층 향상시킬 수 있다.

[0266] 또, 이렇게, C단면 형상이 타원형상인 피압연재의 장변을 정사각 구멍형 롤, 다이아몬드 구멍형 롤 또는 박스 구멍형 롤로 압연할 때, 피압연재에 쓰러짐이 발생하는 것을 방지하기 위해서는, 즉 정규의 압하방향과 다른 방향으로부터 압하되는 것을 방지하기 위해서는, 특히 타원 구멍형 롤에의 사각형상의 피압연재의 끼워넣기시의

비틀림, 및 박스 구멍형 롤에의 타원형상 피압연재의 장변의 끼워넣기시의 비틀림을 방지할 수 있도록, 압연기에의 적절한 입측 안내장치의 설치가 효과적이다. 또한 압연기의 출측 안내장치도 설치하면 한층 효과적이다. 이렇게 해서, 피압연재에의 큰 변형의 도입이 한층 촉진되어서, 세선의 미세립 조직의 형성에 기여한다.

[0267] 또한 도1의 온간제어 연속압연 가공설비(27)의 배치예에서는, 코일 권취장치(24)의 앞에 냉각장치(23)를 설치했지만, 임의 회수째의 압연공정 종료후의 피압연재(26)는 반드시 냉각된 후에 권취될 필요는 없다. 특히, 상기 피압연재의 선지름이 가늘어진 경우에는, 공냉속도도 빨라져, 예를 들면 압연가공후의 냉각속도가 10℃/sec이상의 비교적 빠른 냉각속도이면, 또 온간영역에 있어서의 압연후인 것도 영향을 줘서, 강세선의 온도는 비교적 낮아지므로, 페라이트 입자의 조대화는 방지되기 때문이다.

[0268] 한편, 압연공정이 진행되어, 피압연재의 선지름이 작아지고, 압연속도가 큰 경우 등은 방열량에 대해서 가공발열이 상회함으로써, 압연기의 출구에 있어서의 피압연재의 온도가 입구에 있어서의 온도를 상회하고, 온도제어의 관점에서 약간의 급속조정 냉각을 하는 것이 바람직한 경우가 있다. 이러한 경우에는, 상술한 급속조정 냉각장치를 설치함으로써, 한층 바람직한 온간제어압연이 가능해져, 결정립의 미세화와 정립화가 촉진된다.

[0269] 본 발명을 실시예에 의해 더욱 상세하게 설명한다.

[0270] 실시예

[0271] [실시예1]

[0272] 열간압연에 의해 제조된 표1에 나타내는 화학성분 조성을 갖는 선지름 12㎜φ이고, 단중이 1.0톤인 코일상 선재를 본원 발명에 의한 강세선 제조용의 온간제어 연속압연 가공설비에 의해, 선지름 5.5㎜φ의 강세선까지 온간제어 연속압연에 의해 가공했다.

[0273] (표1)

(질량%)

C	Si	Mn	P	S	Al	N
0.004	0.21	0.28	0.006	0.0008	0.031	0.0027

[0274]

[0275] 사용한 온간제어 연속압연 가공설비의 개요구성을 도4에 나타낸다. 이 온간제어 연속압연 가공설비(33)는 2기의 구멍형 롤 압연기(7, 12)를 설치하고 있으며, 코일 되감기장치(1)로부터 되감겨져서 주행하는 강선재(피압연재)(25)가 스트레이트너(2) 및 핀치롤(3)을 통해 대용량 급속가열장치(4)에 연속적으로 장입된다. 대용량 급속가열장치(4)는 피압연재에 통전용 롤형상의 단자를 접촉시키는 통전 저항가열에 의해 급속하게 가열·균열하는 방식을 채용했다.

[0276] 대용량 급속가열장치(4)에 의해 소정 온도로 가열된 피압연재는 서포트롤(5)로 지지되어서 입측 안내장치(6)에 들어가고, 바로 제1번째의 압연기(7)에 들어간다. 여기에서 소정의 압연가공이 실시된 후의 피압연재(25)는 출측 안내장치(8)에 의해 유도되어서 배출되고, 계속해서 느슨함 조정장치(9)를 거친 후, 입측 안내장치(11)에 의해 소정의 방향으로 비틀려져서, 제2번째의 압연기(12)에 들어가고, 소정의 압연가공이 실시된 후, 출측 안내장치(13)에 의해 유도되어서 배출된 후, 코일 권취장치(24)에 의해 권취된다. 또, 입측 안내장치 및 출측 안내장치는 모두 홈이 있는 형상의 2쌍의 롤러 가이드로 했다.

[0277] 상기 온간제어 연속압연 가공설비를 사용해서 제1공정부터 제4공정의 압연에 있어서, 각 압연기(7, 12)의 입측 직전 및 출측 직후에 있어서, 피압연재의 온도를 접촉형 온도계로 연속적으로 측정하고, 이 측정값을 감시하면서 오퍼레이터가 대용량 급속가열장치(4)에의 투입전류를 수동으로 제어함으로써, 온간제어 연속압연을 행했다. 또한 느슨함 조정장치(9)에 의해 피압연재에 특별한 장력이 가해지지 않도록 압연기의 롤 회전수를 조절했다.

[0278] 도4의 압연 라인 1공정에 있어서의 압연의 사이에, 선지름 12㎜φ의 강선재(25)를 출발재로 하여, 제1번째의 타원 구멍형 롤 압연기(7)에 의해, A/B(타원 구멍형의 최대 단축간 길이/선지름 12㎜)=0.46의 조건으로 단면을 타원형상으로 압연하고, 계속해서 이것을 제2번째의 압연기(12)의 정사각 구멍형 롤 압연기(12)에 의해 압연했다. 이렇게 해서, 제1공정에 있어서의 감면율(R)이 30%인 압연을 행했다.

[0279] 이하, 제2~제4공정을 상기 제1공정에 준하거나 유사한 패스 스케줄하에 순차 압연해서 완성재로서 선지름

5.5㎜Φ의 강세선(26)을 얻었다. 표2에, 이 실시예에 있어서의 각 공정에 있어서의 각 시험조건을 나타내고, 또한 출발재 및 완성재(강세선)의 페라이트 평균 입경, 및 출발재로부터 강세선에 이르는 각 공정마다에서의 인장강도(TS) 및 스로틀(RA)의 시험결과를 동 표에 병기했다.

[0280] (표2)

	패스 스케쥴 관련				피압연재의 온도 (℃)				페라이트 평균입경	기계적 성질	
	재료치수	A/B	감면율R	변형 e'	전단 압연기		후단 압연기			인장강도 TS	스로틀 RA
	(㎜)	(-)	(%)	(--)	입측	출측	입측	출측	(μm)	(MPa)	(%)
출발재	12Φ	-	-	-	-	-	-	-	30	320	82.2
제1공정	-	0.46	30	0.36	560	467	453	430	-	548*	75.7*
제2공정	-	0.49	28	0.33	565	470	430	440	-	559*	76.8*
제3공정	-	0.53	28	0.33	565	460	420	435	-	605*	75.5*
제4공정	-	0.63	26	0.30	541	483	460	404	-	687*	76.5*
완성재	5.5Φ	-	R_{Tot}=79	Σe' =1.56	-	-	-	-	0.6	687	76.5

주 : *표시는 제1~제4 각 공정의 출측에 있어서의 시험값이다.

[0281]

[0282] 상기 압연공정에 있어서의 피압연재의 온도는 최고 온도가 565℃, 최저온도가 404℃이며, 제1~제4공정의 각 압연공정에 있어서의 피압연재의 온도 측정결과는 표2에 나타내는 바와 같으며, 본 발명의 온간압연조건의 범위내에 있다.

[0283] 또한 제1~제4의 각 공정에 있어서의 감면율(R)은 30%, 28%, 28%, 26%, A/B의 값은 0.46, 0.49, 0.53, 0.63이며, 각 공정의 진변형(e')은 0.36, 0.33, 0.33, 0.30이었다.

[0284] 이상의 시험에 의해, 하기 결과가 얻어졌다. 선지름 12㎜Φ의 주행하는 피압연재(강선재)를 통전저항 가열방식의 대용량 급속가열장치에 의해, 어느 압연공정에 있어서나, 제1번째의 압연기 입측 온도로서, 수동조작에 의해 541~565℃의 범위내까지 가열하고, 제1번째의 압연기에 의한 압연후, 제2번째의 압연기 입측 온도로서 420~460℃의 범위내로 유지되어서, 그 압연기 출측 온도가 404~440℃의 범위내로 유지된다는 결과가 얻어졌다.

[0285] 이 동안, 압연 라인의 각 1공정당의 감면율은 26~30%이며, 제1~제4공정까지의 8패스에 의해, 총감면율(R_{Tot})은 79%, 누적 진변형(Σe')은 1.56으로 되고, 쓰러짐 발생이 방지된 구멍형 압연을 행했다. 압연 선속도(각 공정에서의 권취 선속도)는 5.0~10.0m/분이며, 중량 환산값으로 38~29kg/분의 압연속도이며, 선지름 5.5㎜Φ이며 단중이 1.0톤인 종래 비할바 없는 대단중의 코일상 강세선이 얻어졌다.

[0286] 얻어진 강세선의 페라이트 평균 입경은 0.6㎛이며, 인장강도(TS)가 687MPa이며, 스로틀(RA)이 76.5%라는 고강도이며 또한 고연성을 갖는 냉간가공성이 우수한 강세선이 얻어졌다.

[0287] 한편, 상기 시험결결과에 의하면, 제2번째 압연기에 의한 압연중의 피압연재의 온도는 대략 404~440℃라는 비교적 저온도 수준에 있었기 때문에, 방열속도가 저하되고, 가공발열에 의한 온도보상효과가 발현되어 상기 압연중에 있어서의 온도저하가 거의 일어나지 않았던가, 또는 매우 작았던 것이라고 추정된다.

[0288] 또, 후술하는 「메탈섬유 가스버너에 의한 보조 급속가열시험」의 결과로부터, 적절한 보조 급속가열장치를 사용하면, 제2번째 압연기입구에 있어서의 온도를 제1번째 압연기입구에 있어서의 온도와 같은 수준까지 가열하는 것이 가능하다라고 생각된다.

[0289] 따라서, 또 제1번째 압연기의 입측 온도를 450℃정도의 저온도수준으로 설정하고, 또한, 가령 제2번째 압연기의 입측에 보조 급속가열장치를 설치하고, 제1번째 압연기에서의 피압연재의 온도저하분을 보상하면, 제1번째 압연기와 제2번째 압연기로 이루어지는 1공정중에 있어서의 압연온도를 매우 좁은 온도범위내로 제어할 수 있는 것을 알 수 있고, 한층 재질특성이 우수한 강세선의 제조가 가능해진다.

[0290] [실시예2]

[0291] 실시예1에 제공된 출발재와 동일 화학성분조성 및 열간압연에 의해 제조된 동일 선지름 12㎜Φ이며, 단중이 1.0톤인 코일상 선재를 실시예1에서 사용한 본원 발명에 의한 강세선 제조용의 온간제어 연속압연 가공설비에

의해, 실시예1과는 다른 제1~제3공정으로 이루어지는 패스 스케줄에 의해 완성 선지름 6.0㎜Φ의 강세선까지 온간제어 연속압연에 의해 가공했다. 또한 압연설비의 운전방법, 및, 출발재, 완성재 및 제1~제3의 각 공정마다의 시험 항목도, 실시예1에 준해서 행했다.

[0292] 표3에, 실시예2의 시험조건 및 시험결과를 나타낸다.

[0293] (표3)

	패스 스케쥴				피압연재의 온도 (℃)				페라이트 평균입경	기계적 성질	
	재료치수	A／B	감면율R	변형e'	전단 압연기		후단 압연기			인장강도 TS	스로틀 RA
	(㎜)	(-)	(%)	(-)	입측	출측	입측	출측	(㎛)	(MPa)	(%)
출발재	12Φ	-	-	-	-	-	-	-	30	320	84.5
제1공정	-	0.45	40	0.51	510	453	435	460	-		
제2공정	-	0.50	40	0.51	514	415	403	423	-		
제3공정	-	0.61	30	0.36	500	433	402	380	-	702*	76.9*
완성재	6.0Φ	-	R_{Tot}=75	Σe'=1.39	-	-	-	-	0.5	702	76.9

주 : *표시는 제3 공정의 출측에 있어서의 시험값이다.

[0294]

[0295] 상기 압연공정에 있어서의 피압연재의 온도는 최고온도가 514℃, 최저온도가 402℃이며, 제1~제3공정의 각 압연공정에 있어서의 피압연재의 온도측정결과는 표3에 나타내는 바와 같으며, 본 발명의 온간압연조건의 범위내에 있다. 또한 제1~제3의 감면율은 각 공정에 있어서의 감면율(R)은 40%, 40%, 30%, A/B의 값은 0.45, 0.50, 0.61이며, 각 공정의 진변형(e')은 0.51, 0.51, 0.36이었다.

[0296] 이상의 시험에 의해, 하기 결과가 얻어졌다. 선지름 12㎜Φ의 주행하는 피압연재(강선재)를 통전저항 가열방식의 대용량 급속가열장치에 의해, 어느 압연공정에 있어서나, 제1번째의 압연기 입측 온도로서, 수동조작에 의해 500~510℃의 범위내까지 가열하고, 제1번째의 압연기에 의한 압연후, 제2번째의 압연기 입측 온도로서 402~435℃의 범위내로 유지되고, 그 압연기 출측 온도가 380~460℃의 범위내로 유지된다는 결과가 얻어졌다.

[0297] 이 동안, 압연 라인의 각 1공정당의 감면율은 30~40%이며, 제1~제3공정까지의 6패스에 의해, 총감면율(R_{Tot})은 75%, 누적 진변형(Σe')은 1.39가 되고, 쓰러짐 발생이 방지된 다방향·다패스의 칼리버 압연을 행했다. 압연선속도(각 공정에서의 권취 선속도)는 8.5~10.0m/분이며, 중량 환산값으로 55~36kg/분의 압연속도이며, 선지름 6.0㎜Φ이며 단중이 1.0톤인 종래 비할바 없는 대단중의 코일상 강세선이 얻어졌다.

[0298] 얻어진 강세선의 페라이트 평균 입경은 0.5㎛이며, 인장강도(TS)가 702MPa이며, 스로틀(RA)이 76.9%라는 고강도이며 또한 고연성을 갖는 냉간가공성이 우수한 강세선이 얻어졌다.

[0299] 한편, 상기 시험결과에 의하면, 제2번째 압연기에 의한 압연중의 피압연재의 온도는 대략 351~460℃라는 비교적 저온도수준에 있었기 때문에, 방열속도가 저하되어 가공발열에 의한 온도보상효과가 발현되고, 상기 압연중에 있어서의 온도저하가 거의 일어나지 않았거나, 또는 매우 작았던 것이라고 추정된다.

[0300] [메탈섬유 가스버너에 의한 보조 급속가열시험]

[0301] 그래서, 상기 실시예1 및 실시예2에 있어서, 또한 제2번째 압연기의 입측에 보조 급속가열장치로서, 메탈섬유 가스버너를 설치하는 것을 상정하고, 이렇게 상정된 실시예1 및 실시예2의 설비에 있어서, 임의의 1공정에 있어서의 압연중의 온도를 한층 좁은 온도범위내로 제어할 수 있다라는 발상하에, 하기와 같은 보조 급속가열장치에 의한 강선재의 온도상승시험을 행했다.

[0302] 선지름 6㎜Φ의 선재를 메탈섬유 가스버너에 의해 상온에서 가열하고, 그 선재의 온도상승곡선에 기초해서, 400℃부터 450℃까지 승온시키는데에 요하는 시간을 측정했다. 시험방법은 다음과 같다.

[0303] 6㎜Φ의 피가열 강선재를, 이것으로부터 서로 반대방향으로 25㎜의 간격을 두고 서로 대향배치된 폭 150㎜, 길이 400㎜의 2장의 평판 펠트상 메탈섬유의 셋트를 그 길이방향으로 직렬로 2셋트 연결한 메탈섬유 가스버너내에

서 가열했다(따라서, 메탈섬유 가스버너의 전체 길이는 약 400㎜×2=약 800㎜이며, 버너끼리의 간격은 50㎜이다). 피가열 강선재는 상하로 대향하는 상기 평판 펠트상 메탈섬유사이에서, 양 평판 펠트상 메탈섬유의 폭방향 중심선에 평행하고 양자로부터 등거리(각각으로부터 25㎜)의 위치에 고정 배치하고, 각 상하 메탈섬유의 외면(상하면측)으로부터 연소성 가스를 공급해서 연소시키고, 메탈섬유를 가열·적열시켜서 피가열 강선재를 가열·승온시켜 그 때의 온도상승곡선을 측정했다.

[0304] 그 결과, 0.13분(=8초)에서 피가열 강선재는 400℃에서 450℃까지 승온되는 것을 알 수 있었다. 이것에 의하면, 예를 들면 실시예1과 같이 제1~제4공정에서 강세선을 압연하는 경우이면, 메탈섬유 가스버너 부분의 길이가 1.3m의 보조 급속가열장치를 후단압연기의 입측에 설치하면 좋은 것을 알 수 있다. 그 밖의 가열 방식에 의한 보조 급속가열장치를 채용하는 경우에도, 상기 메탈섬유 가스버너방식에 의한 보조 급속가열장치의 경우에 준해서 제조하고자 하는 출발 강선재의 선지름과 완성 강세선의 선지름, 패스 스케줄, 및 압연속도를 설정함으로써, 보조 급속가열장치의 전체 길이를 설계할 수 있다.

[0305] 따라서, 상기의 메탈섬유 가스버너에 의한 보조 급속가열시험의 결과로부터, 실시예1 및 실시예2에 있어서, 또한 제2번째 압연기의 입측에 적절한 보조 급속가열장치를 설치함으로써, 압연개시부터 종료까지의 동안에 있어서의 피압연재의 온도를 더욱 좁은 범위내로 제어할 수 있는 것을 알 수 있다.

[0306] 구체적으로는, 상기 실시예1 및 실시예2에 있어서는, 상기 제어온도범위가 상기 (3) 및 (4)식, 즉,

[0307] $T_{r+1,out}-T_{r,in}=-150℃\sim50℃\cdots(3)$

[0308] $T_{n,out}-T_{1,in}=-200℃\sim100℃\cdots(4)$

[0309] (단, T는 온도(℃)이며, n은 압연기의 기수를 나타내며, r은 압연기의 순번이며, 제1번부터 제n-1번까지의 임의의 수를 나타내며, in은 압연기에의 입측 직전, out은 압연기로부터의 출측 직후를 나타낸다)를 만족하고 있었지만, 더욱 바람직한 제어온도범위인 상기 (3') 및 (4')식, 즉,

[0310] $T_{r+1,out}-T_{r,in}=-50℃\sim30℃\cdots(3)$

[0311] $T_{n,out}-T_{1,in}=-50℃\sim30℃\cdots(4)$

[0312] 를 만족시킬 수 있는 것이 용이하게 추정된다.

[0313] 이상과 같이, 제2번째이후의 압연기의 입측에 보조 급속가열장치를 설치함으로써, 한층 바람직한 온간제어 연속압연을 실시할 수 있는 큰 변형 온간제어 연속압연 가공설비를 구성할 수 있다.

[0314] [비교예1]

[0315] 출발재로서, 강종부호 SWRCH6A(C함유량:0.05질량%)의 화학성분조성을 갖는 냉간압조용 탄소강 선재용의 소재로서, 열간압연에 의해 제조된 시판의 12㎜φ×길이 3m의 봉강을 사용하여, 2기의 직렬로 설치된 압연기에 의해, 본 발명의 범위외인 열간압연조건으로 표4에 나타낸 바와 같이 모두 정사각 구멍형 롤 압연기에 의해, 2패스로 이루어지는 1공정의 압연을 행하여, 9.5㎜×9.5㎜의 봉강을 얻었다. 상기에 있어서, 출발재의 가열온도는 950℃로 설정하지만, 주행하는 12㎜φ의 봉강을 연속적으로 이 가열온도까지 승온·가열시키기 위해서 필요한 가열로의 길이는 너무 길어져 현실적이지 않으므로, 상기 치수의 출발재 봉강의 전체 길이를 복사가열로에서 가열후, 추출해서 2패스 압연을 행했다.

[0316] 표4에, 비교예1의 시험조건 및 시험결과를 나타낸다.

[0317] (표4)

	패스 스케쥴			피압연재의 온도 (℃)				페라이트 평균입경	기계적 성질	
	재료치수 (㎜)	감면율R (%)	변형e' (-)	전단 압연기		후단 압연기			인장강도TS (MPa)	스로틀RA (%)
				입측	출측	입측	출측	(㎛)		
출발재	12φ	-	-	-	-	-	-	20	400	82.5
제1공정	-	20	0.22	950	900	850	800	-	420*	82.0*
완성재	9.5×9.5	R_{Tot}=20	Σe' =0.22	-	-	-	-	10	420	82.0

주 : *표시는 제1 공정의 출측에 있어서의 시험값이다.

[0318]

[0319] 상기 압연공정에 있어서의 피압연재의 온도는 최고온도가 950℃, 최저온도가 800℃이며, 압연공정에 있어서의 피압연재의 온도측정결과는 표4에 나타내는 바와 같으며, 본 발명의 온간압연조건의 범위외이며, 열간압연온도 영역내에 있다.

[0320] 이상의 시험에 의해, 하기 결과가 얻어졌다. 선지름 12㎜φ의 주행하는 피압연재(봉강)를 통전저항 가열방식의 대용량 급속가열장치에 의해, 950℃까지 가열시키고, 제1번째의 압연기에 의한 압연후, 제2번째의 압연기 입측 온도로서 850℃의 온도가 얻어지고, 그 압연기 출측 온도가 800℃라는 결과가 얻어졌다. 이 동안, 1패스당의 감면율은 9.2%이며, 총감면율(R_{Tot})은 20%, 누적 진변형(Σe')은 0.22였다. 압연 선속도는 10m/분이며, 중량 환산값으로 66kg/분의 압연속도이며, 9.2㎜×9.2㎜의 봉강이며, 길이 5.1m, 단중 2.7kg의 봉강을 얻었다. 단, 이 비교예에 있어서는, 가열방식이 상기한 바와 같이 주행재를 연속적으로 가열하는 형태가 아니므로, 중량 환산값의 압연속도에 의해서만 압연능률은 결정되지 않고, 가열능률에도 지배되는 것에 유의하는 것이 필요하다.

[0321] 얻어진 봉강의 페라이트 평균 입경은 10㎛이며, 인장강도(TS)는 420MPa로 출발재의 400MPa로부터의 상승량은 작고, 한편, 스로틀(RA)은 82.0%이며, 출발재로부터의 저하는 거의 없었다. 따라서, 종래의 열간압연조건에 의한 강세선의 제조에 의해서는 본 발명의 목적은 달성되지 않는다.

[0322] 상기 실시예 및 비교예에 의해, 본원 발명의 유효성이 확인되었다. 또, 이상의 실시예 및 비교예에 있어서의 시험재의 화학성분조성은 저탄소강 내지 극저탄소강에 속하지만, 이들에 한정되지 않고, 상술한 본원 발명에 의한 결정립의 미세화 기구를 고려하면, 광범위한 탄소강 및 저합금강에 있어서도 같은 결과가 얻어지는 것이 명확하다.

산업상 이용 가능성

[0323] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 압연 라인에 금속재료를 주행시키면서 정상적·연속적으로 적절한 온도 영역으로 가열하면서, 복수 기의 구멍형 롤 압연기에 의해 이것을 적절한 온간온도 범위내로 제어하면서 적절한 변형을 도입해서 연속적으로 압연할 수 있도록 구성한 것이다.

[0324] 본 발명은, 종래, 철강, 금속Mg 및 Mg합금, 금속Al 및 Al합금, 금속동 및 동합금, 및 Ti 및 Ti합금의 각 봉·선재를 소재로 해서 종래보다 강도 및 연성이 우수한 각 금속 및 합금선재 또는 선이며, 또한 종래 얻어지지 못했던 대단중 선재 또는 선을 생산효율 좋게 제조하여, 양산할 수 있는 금속세선의 제조방법(청구항1~18)과 그 제조장치(청구항19~32)를 제공할 수 있다.

[0325] 또한 본 발명은 선지름이 중간 사이즈인 5~60㎜정도의 코일상 강선재 또는 강선으로부터 선지름이 1~25㎜정도인 강세선을 제조할 때에, 상온의 코일상 선재를 되감으면서, 이 주행하는 피압연재를 온라인으로 정상적·연속적으로 급속가열하고, 이것을 소정의 온간온도 범위내로 제어하면서 연속적으로 압연함으로써, 미세립 조직을 갖고, 인장강도 및 스로틀이 우수한 강세선을 제조할 수 있다. 또한, 본 발명은 종래는 열간압연 또는 인발에 의해, 단중이 기껏 30~80kg정도까지밖에 제조할 수 없었던 코일상 강세선을 온간제어 연속압연에 의해 단중이 500kg 내지 2t정도, 또는, 그 이상의 대단중이며, 미세립 조직 내지 초미세립 조직을 갖는 코일상 강세선(청구항52 및 53), 및 상기 미세립 조직 내지 초미세립 조직을 갖는 코일상 강세선을 코일상 강선재 또는 강선으로부터 생산효율 좋게 양산할 수 있는 제조방법(청구항33~51)을 제공할 수 있다.

[0326] 따라서, 본 발명에 의하면, 종래의 열간압연이 아닌 온간제어압연으로 제조하므로, 종래의 금속세선 제조공정에

서 필수로 하고 있는 재질개선을 위한 각종의 열처리공정을 완전하게 생략할 수도 있다.

[0327] 예를 들면 강세선에 대해서 서술하면, 종래의 강세선 제조공정에서 행해지고 있는 매우 장시간을 요하는 시멘타이트의 구상화 어닐링 등의 열처리공정을 완전히 없앨 수 있다라는 매우 큰 메리트가 있다.

[0328] 물론, 소재의 사양과 제조하고자 하는 제품의 사양, 및 생산설비를 고려한 조업조건에 의해, 본원 발명의 범위내에 있어서 합리적인 온간제어압연을 채용할 수 있고, 제품의 용도에 맞춰 최저한의 열처리를 실시해도 좋다.

[0329] 이렇게 해서, 본 발명에 의하면, 종래 제조 불가능했던 대단중의 금속세선을 효율 좋게 제조하는 것이 가능해지고, 고강도이며 또한 고연성을 구비한 금속세선을 소재로서 사용하는 산업의 발전에도 크게 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0139] 도1은, 본 발명에 의한 세선을 제조하기 위한 온간제어 연속압연 가공설비를 설명하는 개요 구성도의 예이다.

[0140] 도2는, 각종 구멍형 롤과 그 구멍형의 부위명칭, 및 각종 피압연재와 그 부위명칭의 설명도이다.

[0141] 도3은, 타원 구멍형의 부위설명도이다.

[0142] 도4는, 실시예1에서 사용한 온간제어 연속압연 가공설비의 개요 구성도이다. 또, 도면 중의 부호는 다음의 것을 나타낸다.

[0143] 1:코일 되감기장치

[0144] 2:스트레이트너

[0145] 3:핀치롤

[0146] 4:대용량 급속가열장치

[0147] 5:서포트롤

[0148] 6:입측 안내장치

[0149] 7:제1번째 압연기

[0150] 8:출측 안내장치

[0151] 9:느슨함 조정장치

[0152] 10:보조 급속가열장치

[0153] 11:입측 안내장치

[0154] 12:제2번째 압연기

[0155] 13:출측 안내장치

[0156] 14:보조 급속가열장치

[0157] 15:입측 안내장치

[0158] 16:제3번째 압연기

[0159] 17:출측 안내장치

[0160] 18:보조 급속가열장치

[0161] 19:입측 안내장치

[0162] 20:제4번째 압연기

[0163] 21:출측 안내장치

[0164] 22:사이징장치

[0165] 23:냉각장치

[0166] 24:코일 권취장치

[0167] 25:강선재(피압연재)

[0168] 26:강세선(강선재 또는 강선)

[0169] 27:온간제어 연속압연 가공설비

[0170] 28:C단면이 사각형상인 피압연재

[0171] 28':C단면이 라운드형상인 피압연재

[0172] 28a, 28b:C단면이 사각형상인 피압연재의 상하의 대변

[0173] 29a, 29b: 타원 구멍형 롤

[0174] 30:C단면이 타원형상인 피압연재

[0175] 31a, 31b:정사각 구멍형 롤

[0176] 32a, 32b:다이아몬드 구멍형 롤

[0177] 33:실시예1의 온간제어 연속압연 가공설비(강세선 제조용)

[0178] A:타원 구멍형의 최대 단축간 길이

[0179] B:C단면이 사각형상 또는 라운드형상인 피압연재의 대변간 길이 또는 지름

[0180] C:정사각 구멍형의 대정각(맞꼭지각)간의 길이

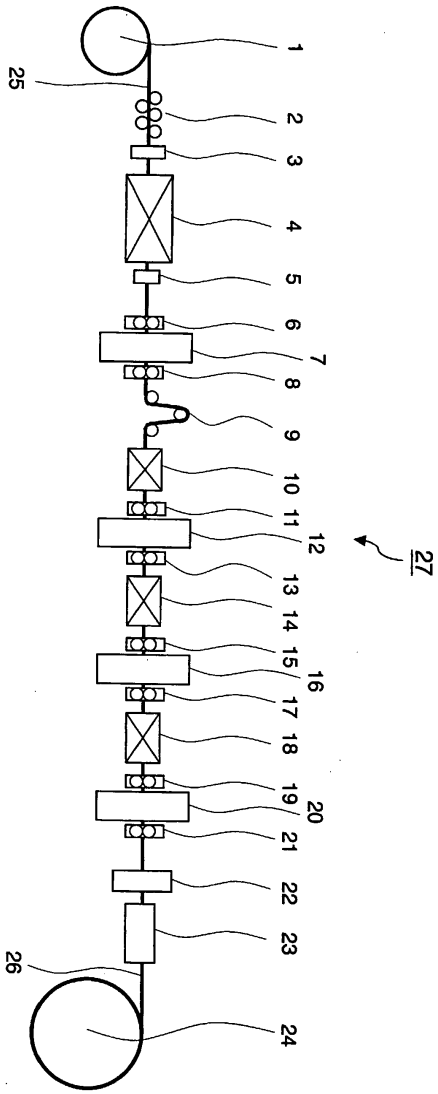
[0181] D:C단면이 타원형상인 피압연재의 장경

[0182] E:타원 구멍형의 장경

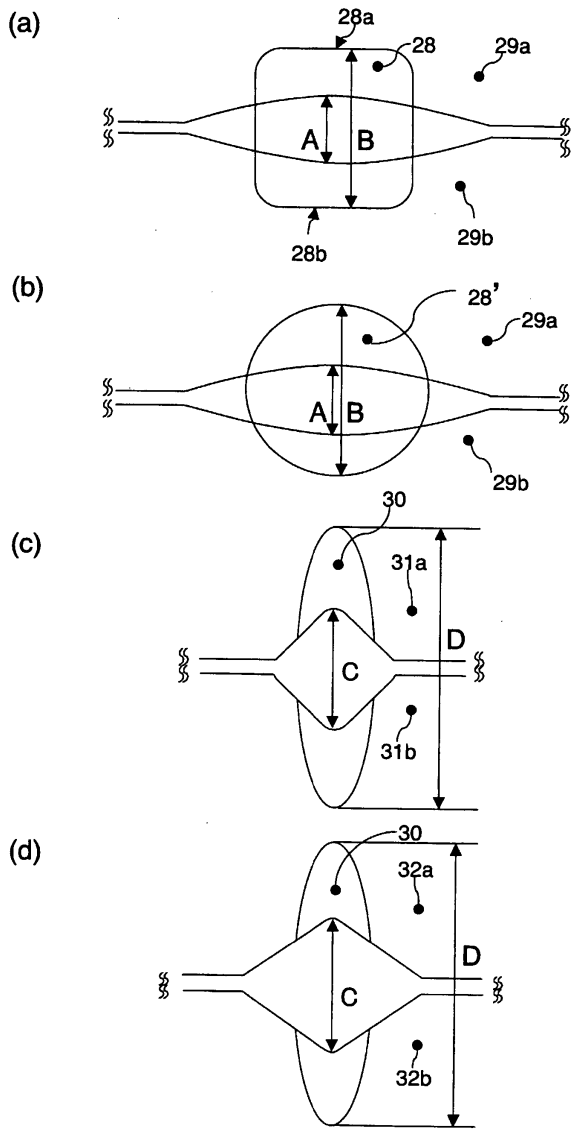
[0183] Ra:타원 구멍형의 곡률반경

도면

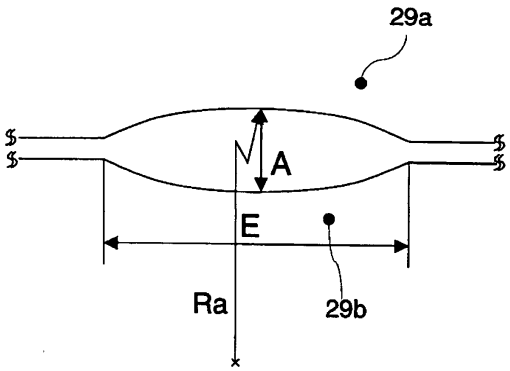
도면1



도면2


(a)
28a
28
29a
A
B
28b
29b
(b)
28'
29a
A
B
29b
(c)
30
31a
D
C
31b
(d)
30
32a
D
C
32b

도면3



도면4

