

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶
C22C 38/32

(11) 공개번호 특1998-064836
(43) 공개일자 1998년10월07일

(21) 출원번호	특1997-081219
(22) 출원일자	1997년12월31일
(30) 우선권주장	96-16254 1996년12월31일 프랑스(FR)
(71) 출원인	아스꼬메탈 메나르드장-가브리엘
(72) 발명자	프랑스 92800 뿌또 꾸르 발미 11/13 라데팡스 7 임외빌 라 파시픽 피차르드끌로드
(74) 대리인	프랑스 57160 말랑꾸르 라 몽따뉴 퀴 뒤 봉 퀴 31 박해선, 조영원

심사청구 : 없음

(54) 강 및 냉간 소성 변형에 의해 성형되는 강 부품의 제조 방법

요약

본 발명은 냉간 소성 변형에 의해 형성되는 강 부품의 제조를 위한 강에 관한 것으로 화학조성은 아래와 같이 구성된다 (단, 중량 %):

$0.03\% \leq C \leq 0.16\%$; $0.5\% \leq Mn \leq 2\%$; $0.05\% \leq Si \leq 0.5\%$; $0\% \leq Cr \leq 1.8\%$; $0\% \leq Mo \leq 0.25\%$; $0.001\% \leq Al \leq 0.05\%$; $0.001 \leq Ti \leq 0.05\%$; $0\% \leq V \leq 0.15\%$; $0.0005\% \leq B \leq 0.005\%$; $0.004\% \leq N \leq 0.012\%$; $0.001\% \leq S \leq 0.09\%$; 임의적으로 0.005% 이하의 칼슘, 0.01% 이하의 텔루리움, 0.04% 이하의 셀레늄 및 0.3% 이하의 납을 포함하며; 나머지는 철 및 정련으로 기인한 불순물이다. 더 나아가 강의 화학 조성은 다음의 관계식을 만족시킨다:

$$Mn + 0.9 \times Cr + 1.3 \times Mo + 1.6 \times V \geq 2.2\% \text{ 및}$$

$$Al + Ti \geq 3.5 \times N.$$

또한 본 발명은 냉간 소성 변형에 의해 성형되는 강 부품의 제조 방법 및 이로 부터 얻어지는 부품에 관한 것이다.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 강 및 냉간 소성 변형에 의해 성형되는 강 부품의 제조 방법에 관한 것이다.

많은 강 부품들, 특히 고성능을 가지는 가공 부품(machine component)들은 열간 압연 강 블랭크(hot-rolled steel blanks)의 냉간 단조(cold forging) 혹은 냉 스트라이킹(cold striking) 및 보다 일반적으로는 냉간 소성 변형(cold plastic deformation)에 의하여 제조되며, 이 때 사용되는 강의 탄소함유량은 0.2 중량% 내지 0.42 중량%이다. 이것은 담금질(quenching) 후 마르텐사이트(martensite)구조를 갖도록 충분한 경화능(hardenability)을 주기 위해 크롬이나 크롬-몰리브덴, 니켈-크롬, 또는 니켈-크롬-몰리브덴, 또는, 마지막으로 망간-크롬과 합금 하는데, 여기서 마르텐사이트 구조는 어닐링(annealing) 후 부품이 바람직한 역학적 성질, 즉, 한편으로는 높은 인장강도와 다른 한편으로는 좋은 연성(ductility)을 가지기 위해 필요하다. 냉간 성형이 가능하려면, 강은 먼저 장시간 650°C 이상에서 유지시키는 것으로 구성된 구상화(spheroidizing) 혹은 최대 연화(maximum softening)라는 열처리를 거쳐야 하는데 이 시점은 가능할 경우 수 십 시간에 이를 수 있다. 이 처리에 의해서 강은 냉간 변형이 용이한 구상화된 펄라이트 구조(spheroidized perlitic structure)를 가지게 되나, 이 기술은 세 과정의 열처리를 필요로 한다는 단점을 가지며, 이것은 제조를 복잡하게 하여 제조단가를 높이게 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 고성능을 가지는 강으로 된 기계 부품을 냉간 소성 변형으로 성형하여 제조하는 방법을 제공함으로써, 이러한 단점을 개선하는 것으로 이것은 구상화 공정이나 최대 연화 열처리 혹은 어닐링 열처리를 필요로 하지 않는다.

발명의 구성 및 작용

이러한 목적을 위하여 본 발명의 주제는 냉간 소성 변형으로 성형되는 강부품의 제조를 위한 강으로, 이것은 아래와 같은 중량 %의 화학 조성을 가진다:

0.03%	≤	C	≤	0.16%
0.5%	≤	Mn	≤	2%
0.05%	≤	Si	≤	0.5%
0%	≤	Cr	≤	1.8%
0%	≤	Mo	≤	0.25%
0.001%	≤	Al	≤	0.05%
0.001%	≤	Ti	≤	0.05%
0%	≤	V	≤	0.15%
0.0005%	≤	B	≤	0.005%
0.004%	≤	N	≤	0.012%
0.001%	≤	S	≤	0.09%

임의적으로 0.005% 이하의 칼슘, 0.01% 이하의 텔루리움, 0.04% 이하의 셀레늄, 및 0.3% 이하의 납을 포함하고, 나머지는 철 및 정련으로 인한 불순물이다.

더 나아가 강의 화학적 조성은 아래의 관계를 만족시킨다:

$$\text{Mn} + 0.9 \times \text{Cr} + 1.3 \times \text{Mo} + 1.6 \times \text{V} \geq 2.2\% \text{ 및}$$

$$\text{Al} + \text{Ti} \geq 3.5 \times \text{N}.$$

바람직하게는 강의 화학 조성은 아래와 같은 것이다:

0.06%	≤	C	≤	0.12%
0.8%	≤	Mn	≤	1.7%
0.1%	≤	Si	≤	0.35%
0.1%	≤	Cr	≤	1.5%
0.07%	≤	Mo	≤	0.15%
0.001%	≤	Al	≤	0.035%
0.001%	≤	Ti	≤	0.03%
0%	≤	V	≤	0.1%
0.001%	≤	B	≤	0.004%
0.004%	≤	N	≤	0.01%
0.001%	≤	S	≤	0.09%

임의적으로 0.005% 이하의 칼슘, 0.01% 이하의 텔루리움, 0.04% 이하의 셀레늄, 및 0.3% 이하의 납을 포함하며, 나머지는 철 및 정련으로 인한 불순물이다.

불순물이나 잔여 원소의 함유량은 동시에 혹은 각각 아래와 같은 것이 바람직하다:

Ni	≤	0.25%
Cu	≤	0.25%
P	≤	0.02%.

또한 본 발명은 유일한 열처리로 담금질을 포함하고, 냉간 소성 변형에 의하여 성형되는 강 부품의 제조 방법에 관한 것이다. 담금질(ench)이라는 용어는 여기서 및 이후에 걸쳐 넓은 의미에서, 실질적으로 페라이트-펄라이트 구조(ferrite-perlitic structure)도 아니며, 순수 마르텐사이트 구조도 아닌 구조를 얻기 위한 충분히 빠른 냉각 과정을 의미한다.

담금질과는 별도로, 상기 방법은 열간 압연 제품을 얻기 위한 반제품의 열간 압연과, 선택적으로는, 열간 압연 제품으로부터 블랭크를 자르는 것, 그리고 블랭크나 압연 제품을 냉간 소성 변형에 의해 성형하는 과정으로 구성되어 있다.

제품에 순수 베이나이트 구조(essentially bainite structure)를 주기 위한 담금질은 냉간 성형 전 또는 후에 행할 수 있다. 담금질을 냉간 성형 전에 하는 경우 열간 압연 상태에서 곧바로, 또는, AC₃ 이상까지의 재가열에 의한 오스테나이트화(austenization) 후에 할 수 있다. 담금질을 냉간 성형 후 할 때는, AC₃ 이상까지 재가열하여 오스테나이트화 후 담금질한다.

마지막으로 본 발명은 본 발명에 따른 강으로 만들어지고 냉간 성형하여 얻어지며, Z단면의 감소가 45%, 바람직하게는 50%보다 크고, 인장강도 Rm이 650MPa 보다 크거나 심지어 임의의 용도를 위해서는 1200MPa 보다 큰 강 부품에 관한 것이다. 부품은 순수 베이나이트 구조, 즉, 50% 초과가 베이나이트로 구성되

는 것이 일반적이며 바람직하다.

본 발명은 다음에 보다 자세히 상술되고 실시 예에 의하여 설명될 것이다.

본 발명에 따른 강의 종량% 화학적 조성은 다음과 같다:

- 냉간 성형 동안 높은 가공 경화능을 얻고, 연성에 불리한 영향을 주는 성긴 카바이드(coarse carbide)의 생성을 막으며, 구상화 및 최대 연화 어닐링 조작 없이 냉간 성형을 가능케 하기 위해 탄소 0.03% 내지 0.16%, 및 바람직하게는 0.06 % 내지 0.12%;

- 충분한 경화능 및 바람직한 역학적 성질을 얻고, 좋은 거주성(castability)을 보장하기 위해 망간 0.5% 내지 2%, 및 바람직하게는 0.8% 내지 1.7%;

- 특히 알루미늄 함량이 낮을 경우, 강의 탈산(deoxidizing)을 위해 필요한 실리콘 0.05% 내지 0.5%, 및 바람직하게는 0.1% 내지 0.35%, 그러나 함량이 너무 높을 경우, 냉간 성형성(cold-formability)과 연성에 해로운 경화를 조장한다;

- 경화능과 역학적 성질을 부품에 바람직한 수준으로 조정하기 위해 크롬 0% 내지 1.8%, 및 바람직하게는 0.1% 내지 1.5%. 이 값을 넘지 않고도, 크롬은 압연 상태(as-rolled state)의 강을 지나치게 강화시키거나 냉간 성형성이나 연성에 해로운 마르텐사이트의 형성을 유도한다 ;

- 붕소와 상승 작용하여, 부품의 여러 가지 단면에 걸쳐 균일한 경화능을 보장하기 위해 몰리브덴 0% 내지 0.25%, 및 바람직하게는 0.07% 내지 0.15% ;

-임의적으로, 고도의 역학적 성질 (인장강도)이 요구될 때 그것을 얻기 위해 바나듐 0% 내지 0.15%, 및 바람직하게는 0.1% 미만;

- 필요한 경화능을 증가시키기 위해 붕소 0.0005% 내지 0.005%, 및 바람직하게는 0.001% 내지 0.004%;

- 양호한 냉간 성형성과 양호한 연성에 필요한 미세한 결정립 구조(fine grain structure)를 얻기 위해 알루미늄 0% 내지 0.05%, 및 바람직하게는 0.001% 내지 0.035% 및 티타늄 0% 내지 0.05%, 및 바람직하게는 0.001% 내지 0.03%. 이 때 알루미늄과 티타늄의 함량의 합은 질소 함량의 3.5배 이상이어야 하고;

- 질화 붕소의 형성 없이 질화 알루미늄, 질화 티타늄 또는 질화 바나듐을 형성하여 결정립의 크기를 조절하기 위해 질소 0.004% 내지 0.012%, 및 바람직하게는 0.006% 내지 0.01 %;

- 부품의 최종 손질을 가능하게 하기 위하여 최소 가삭성(machinability)을 보장하기 위해 황 0.001% 초과, 그러나 양호한 성형능을 위해서는 황 0.09% 미만; 냉간 소성 변형 하에서의 양호한 성형능을 겸비한 가삭성은 갈슘을 0.005% 이하 첨가하거나, 텔루리움을 0.01% 이하 첨가하여, (이 경우 텔루리움 대 황의 비율은 0.1 가까이 유지하는 것이 바람직하다) 또는 셀레늄을 0.05% 이하 첨가하여, (이 경우 셀레늄 함량을 황 함량에 근접하게 유지시키는 것이 바람직하다) 또는 마지막으로 납을 0.3% 이하 첨가하여 (이 경우 황 함량은 감소되어야 한다) 향상시킬 수 있으며;

나머지는 철과 정련으로 인한 불순물이다.

불순물은, 특히, 다음과 같다.

- 인의 함량은 냉간 성형 동안 또는 후에 좋은 연성을 보장하기 위하여 0.02%이하로 유지하는 것이 바람직하며;

- 잔류원소로 여겨지는 구리와 니켈의 함량은 각각 0.25% 미만으로 유지하는 것이 바람직하다.

마지막으로 강의 화학 조성은 다음의 관계식을 만족시켜야 한다:

$$\text{Mn} + 0.9 \times \text{Cr} + 1.3 \times \text{Mo} + 1.6 \times \text{V} \geq 2.2 \%$$

위 식은 바람직한 강도 특성 및 순수 베이나이트 구조를 얻는 것을 가능케 하는 망간, 크롬, 몰리브덴 및 바나듐 함량의 조합을 보장한다.

이 강은 냉간 소성 변형이 아주 용이하고 템퍼링(tempering)없이 양호한 연 성 및 고도의 역학적 성질을 가지는 베이나이트 구조를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히 Z단면의 감소로 측정될 수 있는 연성은 45%, 및 심지어는 50% 보다 크다. 인장강도 Rm은 650MPa 보다 크고 심지어 1200MPa를 초과할 수 있다. 이러한 특질들은 담금질을 냉간 성형 전, 강이 압연에 의해 여전히 뜨거울 동안 행할 경우 및 담금질을 냉간 성형 전 또는 후 부품을 AC₃이상 가열해 오스테나이트제이션 한 후에 행할 때 얻어 질 수 있다.

냉간 성형 부품을 제조하기 위해, 본 발명에 따른 강으로 만들어진 반제품이 제공되는데, 이것은 봉강(bar), 강편(billet) 또는 선재(wire rod) 등과 같은 열간 압연 제품을 얻기 위해 940°C 이상까지 재가열한 후 열간 압연된다.

첫 번째 구현 예로, 열간 압연을 900°C 와 1050°C 사이의 온도에서 멈추고, 이것이 뜨거울 동안 단면에 따라 블로운 에어(blowed air)나 기름, 미스트(mist), 물, 또는 폴리머를 첨가한 물에서 열간 압연 제품을 바로 담금질한다. 이렇게 얻어지는 제품을 블랭크로 자르고, 이어서 냉간 단조나 냉 스트라이킹에 의해 냉간 성형한다. 냉간 성형 후 바로 얻어지는 최종 역학적 성질은 특히 냉간 성형 조작에 의한 가공 경화(work hardening)에 기인한다.

두 번째 구현 예로, 열간 압연후, 압연제품을 오스테나이트제이션한 다음 담금질하여 냉간 소성 변형에 의해 성형되는 블랭크로 자르거나, 담금질 전 블랭크로 자르고, 냉간 성형한다. 두 경우 모두 오스테나이트제이션은 AC₃ 과 970°C 사이에서 가열하는 것으로 구성되어 있고, 담금질은 제품의 단면에 따라 블로운 에어, 기름, 미스트, 물 또는 중합체가 첨가된 물 속에서 냉각하여 행한다. 냉간 성형 후 바로 얻어

지는 최종 역학적 성질은, 특히, 성형 조작에 의한 가공 경화의 결과이며 여기서, 압연 말기의 조건(end-of-rolling condition)은 중요하지 않다.

세 번째의 구현 예로, 냉간 성형 조작은 열간 압연 제품으로부터의 블랭크 컷에 행해지고 냉간 성형 후 담금질한다. 앞선 예에서와 같이, 담금질은 AC₃ 과 970℃ 사이에서 가열한 후 블로운 에어, 기름, 미스트, 물 또는 중합체가 첨가된 물 속에서 냉각하여 행한다. 여기서도, 압연 말기의 조건은 중요하지 않다.

특히 기계 부품(mechanical component)의 제조를 위해 고안된 본 발명은 냉간 인발 봉강(cold-drawn bar), 인발 와이어(drawn wires) 및 필드 선재(peeled wire rod)의 제조와 냉간 소성 변형에 의한 성형의 특별한 방법인 냉간 인발(cold drawing), 와이어 인발(wire drawing), 필링(peeling)에 적용된다. 인발 봉강 및 선재 또는 인발 와이어는 결함이 없는 표면 가공을 위해 깎거나 연마한다. 냉간 성형된 강 부품(cold-formed steel component)이라는 용어는 이러한 모든 제품을 포함하며, 블랭크(blank)라는 용어는 특히 봉강, 막대 또는 와이어의 일정 부분을 가리키며; 어떤 경우 봉강, 막대(rod) 또는 와이어는 냉간 성형 전 블랭크로 자르지 않는다.

마지막으로 본 발명은 전처리된 봉강, 전처리된 막대 또는 와이어, 혹은 보다 일반적으로 추가의 열처리 없이 냉간 성형에 의한 부품의 제조를 위해 이 상태에서 쓰이도록 고안된 전처리 철금속 제품(ferrometallurgical product)의 제조에 쓰일 수 있다. 이러한 철금속 제품들은 열간 압연한 다음, 압연 후 뜨거운 상태에서 곧바로, 또는 순수 베이나이트 구조(베이나이트 ≥ 50%)로 존재하기 위해 오스테나이트화 후 담금질한다. 이들은 결함이 없는 표면 가공을 갖기 위해 제단 하거나 깎을 수 있다.

본 발명은 다음 예에 의해 설명된다.

실시예 1

본 발명에 따른 강은 정련되어 다음의 중량% 화학적 조성을 가진다:

C	=	0.065%
Mn	=	1.33%
Si	=	0.34%
S	=	0.003%
P	=	0.014%
Ni	=	0.24%
Cr	=	0.92%
Mo	=	0.081%
Cu	=	0.23%
V	=	0.003%
Al	=	0.02%
Ti	=	0.02%
N	=	0.008%
B	=	0.0035%

따라서 다음의 조건을 만족한다:

$$\text{Mn} + 0.9 \times \text{Cr} + 1.3 \times \text{Mo} + 1.6 \times \text{V} = 2.27\% \geq 2.2\% \text{ 및}$$

$$\text{Al} + \text{Ti} = 0.040\% \geq 3.5 \times \text{N} = 0.028\%.$$

이 강을 가지고 직경 16 mm, 25.5 mm, 24.8 mm 라운드(round) 또는 봉강(bar)을 형성하기 위하여 940℃ 이상까지 재가열 후 열간 압연하여 강편(billet)을 제조한다.

1) 직경이 16 mm인 라운드

직경 16 mm 라운드의 압연은 990℃에서 멈추고, 라운드를 압연 후 식기 전에 다음의 세 가지 조건(본 발명에 따른) 하에서 담금질한다:

A: 5.3℃/s 의 속도로 냉각, 블로운 에어 담금질과 동일;

B: 26℃/s 의 속도의 냉각, 오일 담금질과 동일;

C: 140℃/s 의 속도로 냉각, 물 담금질과 동일.

냉간 성형 전 담금질된 라운드의 역학적 성질과 냉간 소성 변형에 의한 성형능은 냉간에서 행해지는 파단 인장 및 비틀림 시험(tensile and torsional tests to break)에 의해 평가된다.(비틀림 시험의 결과는 시험편이 파단되기 전까지 회전 수로 표시된다.)

결과는 다음과 같다. :

[표 1]

담금질 조건	비틀림 전 라운드의 경도(HV)	비틀림 전 강도 (MPa)	비틀림 전 Z단면의 감소(%)	파단까지의 회전 수
A	234	734	69	4.7
B	318	1001	73	5.2
C	350	1103	69	5

담금질 조건에 의해 상당히 변화하는 경도(hardness)와 인장강도(tensile strength)는 냉각 속도가 증가함에 따라 증가한다. 그러나, 모든 경우에 있어, Z 단면의 감소는 항상 실질적으로 50% 보다 크고 파단 회전수(number of revolutions at break)는 항상 3 이상으로, 연성과 냉간 변형능(cold-deformability)은 모두 우수하다.

같은 라운드를 사용하여 냉간 소성 변형에 의하여 성형 제조되는 부품의 역학적 성질을 정하기 위해 냉간 비틀림-인장 시험(cold torsion-tension test)을 하였으며, 결과는 다음과 같다;

[표 2]

담금질 조건	3회전 비틀림 후 강도(MPa)	3회전 비틀림 후 Z 단면의 감소(%)	3회전 비틀림 후 강도의 증가 (%)
A	919	66	25
B	1189	67	19
C	1245	68	13

냉간 비틀림 장력 시험은 소성 변형에 의한 성형의 모의 실험을 위해 상온에서 장력 시험 전, 시험편을 3번 냉간 비틀림 회전하는 것으로 구성되어 있다. 강도의 증가란 보통 상태(3회전 비틀림 전)와 가공 경화 상태 (3회전 비틀림 후) 간의 강도에 있어서의 상대적 증가에 해당한다.

얻어진 결과에서, 커다란 소성 변형 (3회전의 비틀림) 후 일지라도, 단면의 감소는 50% 보다 크게 유지되었고 인장강도 또한 1200MPa를 초과할 수 있음을 알 수 있다. 냉간 비틀림에 의한 변형 후 강도의 증가에 의해 측정되는 가공 경화능은 모든 경우에 있어 높다.

2) 직경이 25.5 mm인 라운드

직경 25.5 mm 인 라운드는 950℃에서 오스테나이제이션 된 후, 냉간 변형 전 다음의 조건하에 담금질된다.

D: 블로운 에어 냉각 (950 ℃와 상온 사이 평균 냉각속도는 3.3℃/s);

E: 오일 냉각 (950 ℃와 상온 사이 평균 냉각속도는 22℃/s);

F: 물 냉각 (950 ℃와 상온 사이 평균 냉각속도는 86℃/s).

라운드를 가지고 모점을 따라 금을 낸 실린더를 압입하는 냉간 단조 성형 시험(cold-forging forming test)을 통해 한계 압입 인자 (limiting crushing factor)를 측정하였다. %로 표시되는 한계 압입 인자는 실린더의 모점(genatrix)을 따라 만들어진 노치(notch)에 냉간 압력 단조 동안 최초 크랙(crack)이 나타나게 되는 압입의 양이다.

비교를 위해서, 한계 압입 인자는 선행 기술에 따른 냉간 단조 강을 사용하여도 측정되었는데, 강의 조성은 아래와 같다:

C = 0.37%

Mn = 0.75%

Si = 0.25%

S = 0.005%

Cr = 1%

Mo = 0.02%

Al = 0.02%.

선행 기술에 따른 강은 먼저 냉간 변형에 적합하도록 펄라이트를 구상화하는 어닐링 조작을 거친다.

결과는 아래와 같다:

[표 3]

강	열처리	경도 (HV)	강도 (MPa)	한계 압입 인자
본 발명에 따른 강	D	249	793	52
	E	303	954	52
	F	355	1115	52
선행 기술에 따른 강	구상화 어닐링	174	547	44

한계 압입 인자의 관점에서, 발명에 따른 강은 보다 높은 경도 및 처리 F 경우에 있어서의 높은 수준의 강도에도 불구하고, 선행 기술(prior art)에 의한 강보다 훨씬 큰 냉간 단조 성형능을 가지는 것 같다.

3) 직경이 24.8 mm인 라운드

압연 후와 냉간 성형 전, 직경 24.8 mm 라운드는 발명에 따라 다음의 조건하에, 930°C에서 오스테나이트화 시전 전에 담금질된다.

G: 블로우-에어 담금질

H: 오일 담금질

처리된 강은 자동차 활용 스타브 차축 (stub axles for motor-vehicle wheels) 제조를 위해 냉간 단조하였고, 다음은 각각의 측정된 역학적 성질이다:

[표 4]

처리	강도 (MPa)	Z단면에서의 감소(%)
G	741	71
H	984	74

본 결과들에서, 초기 처리가 어떠하든 간에, 냉간 단조 제품의 연성은 매우 높으며 ($Z \geq 50\%$), 이것은 강도 수준에 무관함을 알 수 있다.

더 나아가, 두 경우 모두 제품은 내부 또는 외부 모두에서 결함이 없음이 입증되었으므로, 본 라운드는 냉간 단조에 의한 성형에 매우 적합했다.

앞선 것과 동일한 24.8 mm의 라운드를 사용하여, 같은 스타브 차축을 압연 상태 그대로의 라운드를 냉간 단조 한 후, 냉간 성형 후 담금질하여 제조하였다. 담금질은 940°C에서의 오스테나이트화 시전 후 물에서 행하였다.

이러한 조건하에서 얻어진 스타브 차축의 특질은 다음과 같다:

$R_m = 1077 \text{ Mpa}$

$Z = 73 \%$.

이 결과로부터 본 발명에 의한 강을 이용하여, 압연상태 그대로의 라운드를 냉간 단조한 후 담금질함으로써 높은 수준의 강도를 가짐에도 불구하고 매우 좋은 연성(50%)이 얻어질 수 있음을 알 수 있다. 더 나아가, 본 발명에 의한 강은 선행 기술에 의한 강에 시행되던 앞선 구상화 처리를 필요로 하지 않고도 압연상태 그대로 냉간 단조하여 외부나 내부의 어떠한 결함도 없는 스타브 차축을 성형하는데 더 할 나위 없이 적합한 것으로 밝혀졌다.

종래 기술에 있어서의 강과 비교의 수단으로, 아래의 조성을 가지는 강이 같은 스타브 차축의 제조에 사용되었다:

C = 0.195%

Mn = 1.25%

Si = 0.25%

S = 0.005%

Ni = 0.25%

Cr = 1.15%

Mo = 0.02%

Cu = 0.2%

Al = 0.02%

본 발명에 의한 제품과 비슷한 역학적 성질을 얻으려면 다음의 제조 단계를 사용하여야 한다:

- 냉간 성형에 적합케 하기 위한 구상화 어닐링;
- 스타브 차축의 냉간 단조;
- 종래 기술에 의한 오일 담금질;
- 종래 기술에 의한 강의 템퍼링.

실시예 2

본 발명에 따라 강 1과 강 2를 사용하여, 냉간 스트라이킹에 의해 기계 부품을 제조하였으며, 중량% 화학 조성은 아래와 같다:

강1	강 2
C = 0.061%	0.062%
Mn = 1.6%	1.57%
Si = 0.28%	0.29%
S = 0.021%	0.021%
P = 0.004%	0.004%
Ni = 0.11%	0.11%
Cr = 0.81%	0.8%
Mo = 0.081%	0.128%
Cu = 0.2%	0.2%
Al = 0.028%	0.025%
Ti = 0.017%	0.016%
V = 0.002%	0.084%
B = 0.0039%	0.0038%
N = 0.007%	0.008%

따라서 아래의 조건을 만족한다:

강 1의 경우 :

$$\text{Mn} + 0.9 \times \text{Cr} + 1.3 \times \text{Mo} + 1.6 \times \text{V} = 2.43 \geq 2.2\%$$

$$\text{Al} + \text{Ti} = 0.045\% \geq 3.5 \times \text{N} = 0.024\%.$$

강 2의 경우:

$$\text{Mn} + 0.9 \times \text{Cr} + 1.3 \times \text{Mo} + 1.6 \times \text{V} = 2.59 \geq 2.2\%$$

$$\text{Al} + \text{Ti} = 0.041\% \geq 3.5 \times \text{N} = 0.028\%.$$

본 발명에 따라, 이 강들을 직경 28 mm 봉강 형태로 열간 압연한 다음 냉간 성형 전에, 봉강들을 950℃에서 오스테나이트화하여 50℃의 따뜻한 오일로 담금질한다. 봉강들을 블랭크 형태로 잘라서, 60%의 변형 정도로 냉간 스트라이킹에 의해 부품을 성형한다. 냉간 스트라이킹 전 블랭크와 냉간 스트라이킹 후 부품의 역학적 성질은 아래와 같다:

[표 5]

강	냉간 스트라이킹 전 경도 (HV)	냉간 성형 전 강도 Rm (MPa)	냉간 스트라이킹 후 부품의 강도 Rm (MPa)	냉간 스트라이킹 후 Z단면의 감소(%)	스트라이킹에 있어 Rm의 증가(%) (*)
1	323	1019	1380	61	35
2	331	1038	1430	59	38
(*) =냉간 성형 가공 경화능					

이 결과로부터, 비록 최종 강도는 매우 높더라도, 높은 정도의 냉간 변형에도 불구하고 연성은 높고 ($Z \geq 50\%$), 이러한 특징은 냉간 스트라이킹 전 초기 강도 수준 및 냉간 스트라이킹 후 최종 강도 수준에 무관함을 알 수 있다. 또한, 냉간 스트라이킹할 때 강도 증가로 측정되는 가공 경화능도 높음을 알 수 있다.

무엇보다, 높은 수준의 초기 강도와 냉간 변형 (60%)에도 불구하고, 냉간 스트라이킹 된 부품들에 외부 또는 내부의 결함이 없었으므로, 냉간 스트라이킹 성형능은 좋다.

이러한 예들은 본 발명에 관련된 강 및 방법이 냉간 소성 변형에 의해 성형되는 부품의 제조에 의해 고가의 구상화 공정 또는 템퍼링 처리를 필요로 하지 않고도 매우 좋은 연성 ($Z \geq 50\%$)을 얻는 것을 가능케 함을 보여준다. 특히, 본 강의 높은 가공 경화능 때문에, 고도의 역학적 성질 ($Rm \geq 1200\text{MPa}$)을 겸비

한 높은 연성 ($Z \geq 50\%$)이 얻어질 수 있다. 마지막으로, 강의 초기 강도 또는 경도의 수준이 높거나 냉간 변형의 정도가 클 경우에 있어서도, 고도의 냉간 단조 또는 냉간 스트라이킹 성형능이 발견되었다.

발명의 효과

본 발명은 고성능을 가지는 강으로 된 기계 부품을 냉간 소성 변형으로 성형하여 제조하는 방법을 제공함으로써, 선행 기술의 단점을 개선하는 것으로, 본 발명은 구상화 공정이나 최대 연화 열처리 혹은 어닐링 열처리를 필요로 하지 않고 고성능의 강 부품을 얻는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

하기와 같은 중량% 화학 조성을 가지며:

0.03%	≤	C	≤	0.16%
0.5%	≤	Mn	≤	2%
0.05%	≤	Si	≤	0.5%
0%	≤	Cr	≤	1.8%
0%	≤	Mo	≤	0.25%
0.001%	≤	Al	≤	0.05%
0.001%	≤	Ti	≤	0.05%
0%	≤	V	≤	0.15%
0.0005%	≤	B	≤	0.005%
0.004%	≤	N	≤	0.012%
0.001%	≤	S	≤	0.09%

임의적으로 0.005% 이하의 칼슘, 0.01% 이하의 텔루리움, 0.04% 이하의 셀레늄 및 0.3% 이하의 납을 포함하고, 나머지는 철 및 정련으로 기인한 불순물이며, 더 나아가 강의 화학 조성은 다음의 관계식을 만족시키는 것을 특징으로 하는 강:

$$\text{Mn} + 0.9 \times \text{Cr} + 1.3 \times \text{Mo} + 1.6 \times \text{V} \geq 2.2\% \text{ 및}$$

$$\text{Al} + \text{Ti} \geq 3.5 \times \text{N}.$$

청구항 2

제 1항에 있어서, 강의 화학 조성은 하기와 같은 것을 특징으로 하는 강 :

0.06%	≤	C	≤	0.12%
0.8%	≤	Mn	≤	1.7%
0.1%	≤	Si	≤	0.35%
0.1%	≤	Cr	≤	1.5%
0.07%	≤	Mo	≤	0.15%
0.001%	≤	Al	≤	0.035%
0.001%	≤	Ti	≤	0.03%
0%	≤	V	≤	0.1%
0.001%	≤	B	≤	0.004%
0.004%	≤	N	≤	0.01%
0.001%	≤	S	≤	0.09%

임의적으로 0.005% 이하의 칼슘, 0.01%이하의 텔루리움, 0.04%이하의 셀레늄 및 0.3% 이하의 납을 포함하며, 나머지는 철 및 정련으로 기인한 불순물.

청구항 3

제 2항에 있어서, 강의 화학 조성은 하기와 같은 것을 특징으로 하는 강:

Ni	≤	0.25%
Cu	≤	0.25%.

청구항 4

제 2항 또는 제 3항에 있어서, 강의 화학 조성은 하기와 같은 것을 특징으로 하는 강:

$$P \leq 0.02\%$$

청구항 5

하기의 단계를 특징으로 하는, 냉간 소성 변형에 의해 성형되는 강 부품의 제조 방법:

- 제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 따른 강으로 만들어진 반제품을 제공하는 단계;
- 반제품을 940℃ 이상으로 재가열한 후 열간 압연하고, 압연제품을 얻기 위해 압연은 900℃와 1050℃사이에서 멈추는 단계;
- 압연 제품은 순수 베이나이트 구조를 얻기 위해 압연 후 뜨거운 상태로 바로 담금질하는 단계;
- 임의적으로, 블랭크를 압연제품으로부터 자르는 단계; 및
- 최종 역학적 성질을 가지는 부품을 얻기 위해 블랭크 또는 압연품을 냉간 소성 변형에 의해 성형하는 단계.

청구항 6

하기의 단계를 특징으로 하는 냉간 소성 변형에 의해 성형되는 강 부품의 제조 방법:

- 제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 따른 강으로 만들어진 반제품을 제공하는 단계;
- 압연 제품을 얻기 위해 반제품을 열간 압연하는 단계;
- 압연 제품에 순수 베이나이트 구조를 주기 위해 AC₃점 이상으로 재가열한 후 담금질하는 단계;
- 임의적으로, 블랭크를 압연제품으로부터 자르는 단계; 및
- 최종 역학적 성질을 가지는 부품을 얻기 위해 블랭크 또는 압연제품을 냉간 소성 변형에 의해 성형하는 단계.

청구항 7

하기의 단계를 특징으로 하는 냉간 소성 변형에 의해 성형되는 강 부품의 제조 방법:

- 제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 따른 강으로 만들어진 반제품을 제공하는 단계;
- 압연제품을 얻기 위해 반제품을 열간 압연하는 단계;
- 임의대로, 블랭크를 압연제품으로부터 자르는 단계;
- 강 부품을 얻기 위해 블랭크 또는 압연제품을 냉간 소성 변형에 의해 성형하는 단계; 및
- 강 부품에 순수 베이나이트 구조 및 그것의 최종 역학적 성질을 주기 위해, AC₃점 이상으로 재가열한 후 부품을 담금질하는 단계.

청구항 8

제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 따른 강으로 만들어지고, Z단면에서의 감소가 45%보다 크고, 강의 인장강도 Rm이 650 MPa 보다 큰 것을 특징으로 하는 냉간 성형 강 부품.

청구항 9

제 8항에 있어서, 강의 인장강도가 1200 MPa 보다 큰 것을 특징으로 하는 부품.

청구항 10

제 8항 또는 제 9항에 있어서, 순수 베이나이트 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 부품.

청구항 11

제 1항 내지 제 4항중 어느 한 항에 따른 강으로 만들어지고 순수 베이나이트 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 열간 압연 철금속 제품.