



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0042131
(43) 공개일자 2011년04월22일

(51) Int. Cl.

C22C 38/24 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7007379(분할)

(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년06월06일

심사청구일자 2011년03월30일

(62) 원출원 특허 10-2004-7019969

원출원일자(국제출원일자) 2003년06월06일

심사청구일자 2008년03월05일

(85) 번역문제출일자 2011년03월30일

(86) 국제출원번호 PCT/SE2003/000940

(87) 국제공개번호 WO 2003/106728

국제공개일자 2003년12월25일

(30) 우선권주장

0201799-4 2002년06월13일 스웨덴(SE)

0300200-3 2003년01월29일 스웨덴(SE)

(71) 출원인

우데홀름스 악티에보라그

스웨덴왕국(에스이-683 85) 하그포르스

(72) 발명자

잔트베르크, 오드

스웨덴 에스-683 40 우데홀름 슈트란트베겐 28

요한슨, 뵈르예

스웨덴 에스-683 91 하크포르스 슈텔나케스배크 11

(74) 대리인

남상선

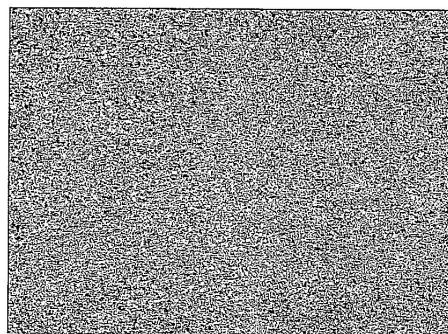
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 냉간 가공 강 및 냉간 가공 공구

(57) 요약

본 발명은 중량%로 다음의 화학 조성, 즉 0.60-0.85 C, 트레이스로부터 1.5까지의 (Si + Al), 0.1-2.0 Mn, 3.0-7.0 Cr, 1.5-4.0(Mo + W/2), 여기서 W은 최대 1.0이며, 0.30-0.65 V, Nb, Ti, 및 Zr 각각 최대 0.1, 최대 2.0 Co, 최대 2.0 Ni, 그 나머지가 필수적으로 철 및 불가피한 불순물을 함유한 냉간 가공 강에 관한 것이다.

대표도 - 도7



0 0,15 0,30 mm

특허청구의 범위

청구항 1

냉간 가공 강으로서,

중량%로 다음의 화학 조성, 즉

0.60-0.85 C

0 초과 0.2 이하의 (Si + Al)

0.1-2.0 Mn

3.0-7.0 Cr

1.5-4.0(Mo + W/2), 여기에서 W은 최대 1.0이며,

0.30-0.65 V

각각이 최대 0.1인 Nb, Ti, 및 Zr

최대 2.0 Co

최대 2.0 Ni

그 나머지가 철 및 불가피한 불순물을 함유하며,

상기 냉간 가공 강은 1차 탄화물을 함유하지 않으며,

500-600℃에서의 뜨임 및 경화 후에 60-62 HRC의 경도 및 20J보다 큰 횡단 방향 연성을 갖는 것을 특징으로 하는,

냉간 가공 강.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

0.63-0.8 C를 함유하는 것을 특징으로 하는,

냉간 가공 강.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

0.68-0.78 C를 함유하는 것을 특징으로 하는,

냉간 가공 강.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

0.42-0.55의 V를 함유하는 것을 특징으로 하는,

냉간 가공 강.

청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
0.05 이상의 Si을 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
0.1 이상의 Si을 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 7

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
0 초과 0.1 이하의 Al을 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 8

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
1.8-3.2의 Mo을 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
2.1-2.6의 Mo을 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 10

제 8 항에 있어서,
0 초과 0.3 이하의 W을 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
불순물 수준을 초과하는 텅스텐을 함유하지 않는 것을 특징으로 하는,

냉간 가공 강.

청구항 12

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
불순물 수준을 초과하는 코발트를 함유하지 않는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 13

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
티탄, 지르코늄 및 니오븀 원소 각각의 함량이 0 초과 0.1% 이하인 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 14

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
불순물 수준을 초과하는 니켈을 함유하지 않는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 15

제 14 항에 있어서,
티탄, 지르코늄, 및 니오븀 원소 각각의 함량이 0 초과 0.03% 이하인 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 16

제 15 항에 있어서,
티탄, 지르코늄 및 니오븀 원소 각각의 함량이 0 초과 0.01% 이하인 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 17

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
0 초과 0.035 이하의 P를 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 18

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

0 초과 20ppm 이하의 0를 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 19

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
0 초과 0.030% 이하의 N을 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 20

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
0 초과 0.03% 이하의 S를 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 21

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
0.10-0.30의 S를 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 22

제 21 항에 있어서,
5-75 ppm의 Ca 및 50-100 ppm의 0를 함유하는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

청구항 23

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
520-560℃에서의 뜨임 및 경화 후에 60-62 HRC의 경도를 갖는 것을 특징으로 하는,
냉간 가공 강.

명 세 서

기술 분야

본 발명은 냉간 가공 강, 즉 재료의 냉간 조건에서 재료를 가공하는데 이용되도록 의도된 강에 관한 것이다. 냉각 단조용 펀치 및 다이, 다른 냉간 압축 공구, 냉간 압출 공구 및 나사 전조(thread rolling) 다이, 뿐만 아니라 절삭 공구 예를 들어 시이트를 절삭하기 위한 셰어링 나이프(sharing knives), 원형 커터 등과 같은 나이프가 상기 강의 용도의 일반적인 예이다. 본 발명은 또한 냉간 가공 공구를 제조하기 위한 강의 용도 뿐만 아니라 상기 강으로 제조된 공구에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 본 발명의 목적은 특히 전술한 기술분야에서 사용될 수 있고 후술하는 특징을 갖는 냉간 가공 강을 제공하고자 하는 것이다.
- [0003] - 양호한 연성/인성,
- [0004] - 적어도 300mm에 이르는 두께를 갖는 제품의 진공로 내에서의 종래 경화와 관련하여 경화를 통해 허용하는 양호한 경화능,
- [0005] - 적어도 소정의 기술분야가 관련되는 한, 경화 및 고온 뜨임 후에 소성 변형에 대해 큰 내성을 제공하는 적절한 정도, 적어도 60HRC, 및 예를 들어 PVD- 또는 CVD- 기술에 의해 티탄 탄화물 및/또는 티탄 질화물 등에 의한 표면 코팅 또는 질화처리 없이 적절한 내마모성,
- [0006] - 특히 공구의 양호한 내마모성을 요구하는 기술분야에서 재료의 경도 감소 없이, 예를 들어 소정의 상기 기술에 의해 티탄 탄화물 및/또는 티탄 질화물 등에 의한 표면 코팅 또는 질화처리를 허용하기 위한 양호한 내뜨임성.
- [0007] 다른 중요한 제품 특징은;
- [0008] - 열처리 중에 양호한 치수 안정성,
- [0009] - 장기간의 피로 수명,
- [0010] - 양호한 연삭성, 기계가공성, 방전 기계가공성, 및 연마성(polishability).
- [0011] 특히, 본 발명은 상기 기술분야에서 이용될 수 있는 매트릭스 강, 즉 1차 탄화물이 필수적으로 없고 사용조건에서 뜨임된 마르텐사이트로 구성된 매트릭스를 갖는 강을 제공하고자 하는 것이다.

발명의 내용

- [0012] 전술한 본 발명의 목적 및 특징은 청구범위에 기재된 것을 특징으로 하는 강에 의해 달성될 수 있다.
- [0013] 강 합금의 개개 원소 및 그들의 상호 작용이 관련되는 한, 다음이 적용된다.
- [0014] 본 발명의 강은 전술한 것처럼 소정의 1차 탄화물을 함유하지 않거나 단지 미소 함량의 1차 탄화물을 함유하며, 즉 필수적으로 1차 탄화물이 없지만, 그럼에도 불구하고 대부분의 적용분야에서 적절한 내마모성을 가진다. 이는 강이 매우 양호한 인성을 가짐과 동시에 강의 경화된 및 고온 뜨임된 조건에서 57-63HRC, 적절하게 60-62HRC 범위의 적절한 정도에 의해 달성될 수 있다. 이를 달성하기 위해, 강은 잘 조절된 양으로 탄소와 바나듐을 함유한다. 그러므로 강은 0.60% 이상, 바람직하게 0.63% 이상, 및 적절하게 0.68% 이상의 C를 함유한다. 또한 강은 0.30% 이상, 바람직하게 0.35% 이상, 및 적절하게 0.42% 이상의 V를 함유한다. 이로 인해 강의 경화된 및 뜨임된 조건에서 마르텐사이트 매트릭스가 상기 경도를 매트릭스에 제공하기 위해 고용체 내에 충분한 양의 탄소를 함유하는 것이 가능하고, 또한 적절한 양의 2차적으로 석출된 매우 작은 경도를 향상시키는 바나듐 탄화물이 강의 매트릭스 내에 형성되는 것이 가능하다. 더욱이, 매우 작은 1차 석출된 바나듐 탄화물이 강 내에 존재하여, 열처리 중에 입자 성장의 방지에 기여한다. 바나듐 탄화물과 다른 소정의 탄화물은 존재해선 안된다. 상기 조건을 달성하기 위해, 강은 0.85% 이상, 바람직하게 최대 0.80%, 적절하게 최대 0.78% C를 함유해선 안되고, 바나듐 함량은 최대 0.65%, 바람직하게 최대 0.60%, 및 적절하게 최대 0.55%일 수도 있다. 일반적으로, 강은 0.72% C 및 0.50% V를 함유한다. 강의 경화된 및 고온 뜨임된 조건에서 고용체 내의 탄소 함량은 약 0.67%에 달한다.
- [0015] 실리콘은 강의 제조로부터 잔류 원소로서 적어도 측정 가능한 양으로 존재하고 미세량(trace)으로부터 최대 1.5%까지의 양으로 존재한다. 그러나, 실리콘은 강의 인성을 손상시켜 1.0% 이상, 바람직하게 최대 0.5%를 초과하는 양으로 존재해서는 안된다. 일반적으로, 실리콘은 적어도 0.05%의 최소 양으로 존재해야 한다. 실리콘의 효과는 실리콘이 강 내에서 탄소의 활성도를 증가시켜 강의 경도 향상에 기여한다는 것이다. 실리콘의 또다른 긍정적인 효과는 실리콘이 강의 기계가공성을 개선시킬 수도 있다는 것이다. 그러므로 강이 적어도 0.1%의 양의 실리콘을 함유하는 것은 유리하다. 일반적으로 강은 0.2%의 실리콘을 함유한다.
- [0016] 소정 정도의 알루미늄은 적어도 본 발명의 강에서 실리콘과 동일한 또는 유사한 효과를 가질 수도 있다. 이들

모두는 강의 제조와 관련하여 산화제로서 이용될 수 있다. 이들 모두는 페라이트 포머이고 강의 매트릭스에 용해 경화(dissolution hardening) 효과를 제공할 수도 있다. 그러므로 실리콘은 부분적으로 최대 1.0%의 양까지 알루미늄으로 대체될 수도 있다. 그러나 강 내에 알루미늄이 존재하면, 알루미늄 산화물 및 알루미늄 질화물이 형성되어 강의 연성/인성을 상당히 감소시키기 때문에, 강이 매우 잘 탈산되고 매우 낮은 질소 함량을 가질 필요가 있다. 그러므로, 강은 일반적으로 최대 1.0% Al, 바람직하게 최대 0.3% 이상의 Al을 함유해선 안된다. 바람직한 실시예에서, 강은 최대 0.1% 및 가장 통상적으로 최대 0.03% Al을 함유한다.

[0017] 강에 적절한 경화능을 제공하기 위해 망간, 크롬 및 몰리브덴이 강 내에 충분한 양으로 존재해야 한다. 망간은 또한 망간 황화물을 형성하기 위해 존재할 수도 있는 매우 낮은 함량의 황과 결합하는 기능을 갖는다. 그러므로 망간은 0.1-2.0%, 바람직하게 0.2-1.5%의 양으로 존재해야 한다. 적절하게, 강은 적어도 0.25% 및 최대 1.0%의 망간을 함유한다. 일반적인 망간 함량은 0.50%이다.

[0018] 크롬은 강이 강에 있어서 특징적인 양의 망간 및 크롬을 함유할 때 강에 소정의 경화능을 제공하기 위해 3.0%, 바람직하게 적어도 4.0% 및 적절하게 적어도 4.5%의 최소 양으로 존재해야 한다. 강은 최대한 7.0%, 바람직하게 최대 6.0% 및 적절하게 최대 5.5%의 크롬을 함유할 수도 있다.

[0019] 또한 몰리브덴은 우선 크롬과 함께 강에 소정의 경화능을 제공하고 소정의 2차 경화를 제공하기 위해 강 내에 적절한 양으로 존재해야 한다. 그러나 너무 많은 함량의 몰리브덴은 바람직하게 강 내에 존재해서는 안되는 M_6C 탄화물의 석출을 야기시킨다. 이러한 배경에서, 강은 적어도 1.5% 및 최대 4.0%의 Mo를 함유해야 한다. 바람직하게, 강이 바람직한 양의 MC 탄화물의 양을 희생하고 및/또는 상기 양에 부가하여 바람직하지 않은 M_6C 를 함유하지 않도록 강은 적어도 1.8% 및 최대 3.2% Mo, 적절하게 적어도 2.1% 및 최대 2.6% Mo를 함유한다. 몰리브덴은 원칙적으로 완전히 또는 부분적으로 소정의 경화능을 달성하기 위해 텅스텐으로 대체될 수도 있지만, 이는 몰리브덴 보다 2배의 텅스텐을 요구하여 단점이 된다. 또한 강의 제조와 관련하여 생성되는 스크랩의 재순환은 강이 상당한 양의 텅스텐을 함유한다면 보다 어렵게 된다. 그러므로, 텅스텐은 최대 1.0%, 바람직하게 0.3%, 적절하게 최대 0.1% 이상의 양으로 존재해서는 안된다. 가장 적절하게, 강은 소정의 의도적으로 추가된 텅스텐을 함유해서는 안되며, 이 경우 텅스텐은 강의 가장 바람직한 실시예에서 강의 제조를 위해 사용된 원료로부터 야기되는 잔류 원소 형태의 불순물 이상으로 허용되어서는 안된다.

[0020] 상기 원소 외에, 강은 일반적으로 또다른 부가적으로 의도된 추가 합금 원소를 함유할 필요는 없다. 예를 들어, 코발트는 일반적으로 강의 소정 특성의 달성에 요구되지 않는 원소이다. 그러나, 코발트는 내트임성을 더 개선시키기 위해 선택적으로 최대 2.0%, 바람직하게 최대 0.7%의 양으로 존재할 수도 있다. 그러나 일반적으로, 강은 불순물 수준 이상의 코발트를 함유하지 않는다. 일반적으로 강 내에 존재할 필요가 없지만, 선택적으로 존재할 수도 있는 또다른 원소는 강의 연성을 개선하기 위한 니켈이다. 그러나 너무 많은 니켈 함량은 잔류 오스테나이트를 형성할 위험이 있다. 그러므로 니켈 함량은 최대 2.0%, 바람직하게 최대 1.0%, 적절하게 최대 0.7%를 초과해서는 안된다. 강 내에 존재하는 유효 함량의 니켈이 바람직하다고 고려되어 진다면, 그 함량은 예를 들어 0.30-0.70%, 적절하게 약 0.5%일 수도 있다. 바람직한 실시예에서, 강이 니켈 없이 충분한 연성/인성을 가질 때, 강은 비용적인 측면에서 강이 사용된 원료로부터 불순물 형태로 불가피하게 함유할 니켈의 함량, 즉 0.30% 이하의 함량을 초과하는 니켈을 함유해서는 안된다.

[0021] 또한, 강은 선택적으로 다양한 측면에서 강의 특성, 예를 들어 경화능을 개선시키거나 강의 제조를 용이하게 하기 위해 매우 소량의 상이한 원소와 공지된 방식으로 합금화될 수 있다. 예를 들어, 강은 선택적으로 강의 고온 연성을 개선하기 위해 약 30ppm 이하의 함량의 보론과 합금화될 수도 있다.

[0022] 반면 다른 원소들은 명백히 바람직하지 않다. 그러므로 강은 바나듐 보다 강한 소정의 다른 탄화물 포머를 함유하지 않는다. 예를 들어 니오븀, 티탄, 및 지르코늄은 명백히 바람직하지 않다. 이들 탄화물은 바나듐 탄화물 보다 안정하고 경화 작업에서 용해되기 위해 바나듐 탄화물 보다 높은 온도를 요구한다. 바나듐 탄화물은 1000°C에서 용해되기 시작하고 1100°C에서 효과적으로 완전히 용해되지만, 니오븀 탄화물은 약 1050°C까지 용해되지 않는다. 티탄 탄화물 및 지르코늄 탄화물은 심지어 보다 안정하고 약 1200°C를 초과하는 온도에 도달할 때까지 용해되지 않으며 강의 용융 조건때까지 완전히 용해되지 않는다. 그러므로 바나듐 보다 강한 탄화물 및 질화물 포머, 특히 티탄, 지르코늄 및 니오븀은 0.1% 이상, 최대 0.03%, 적절하게 최대 0.010% 이상의 양으로 존재해서는 안된다. 가장 적절하게, 강은 상기 원소들 각각에 대해 최대 0.005% 이상 함유하지 않는다. 또한 인, 황, 질소 및 산소의 함량은 강의 연성 및 인성을 최대화하기 위해 강 내에 매우 낮은 정도로 유지된다. 그러므로, 인은 불가피한 불순물로서 최대 0.035%, 바람직하게 최대 0.015%, 적절하게 최대 0.010%로 존재할 수도 있다. 산소는 최대 0.0020%(20ppm), 바람직하게 최대 0.0015%(15ppm), 적절하게 최대 0.0010%(10ppm)로 존재

할 수도 있다. 질소는 최대 0.030%, 바람직하게 최대 0.015%, 적절하게 최대 0.010%로 존재할 수도 있다.

[0023] 강이 강의 기계가공성을 개선하기 위해 침황(sulphurize)처리되지 않는다면, 강은 최대 0.03%, 바람직하게 최대 0.010%, 적절하게 최대 0.003%(30ppm)의 황을 함유한다. 그러나, 강의 기계가공성을 개선하기 위해 0.03% 이상, 바람직하게 0.10% 이상 최대 0.30%의 황을 의도적으로 추가할 수도 있다. 강이 침황처리된다면, 강은 공지된 방식으로 5-75ppm Ca 및 50-100ppm 산소, 바람직하게 5-50ppm Ca 및 60-90ppm 산소를 함유할 수도 있다.

[0024] 강의 제조 중에, 100kg을 초과하여, 바람직하게 10톤 이하의 질량과 약 200mm를 초과하여 적어도 300 또는 350mm 이하의 두께를 갖는 잉곳 또는 블랭크가 제조된다. 바람직하게, 통상적인 용융 야금학적 제조법(melt metallurgical manufacturing)이 잉곳 주조(ingot casting), 적절하게 바닥 주조(bottom casting)를 통해 사용된다. 또한 상기 방법에 따라, 예를 들어 ESR 재용융에 의해 소정의 치수로의 재주조가 수행된다면, 연속 주조가 사용될 수도 있다. 분말 야금학적 제조 또는 용사성형은 불필요하게 고가의 공정이며 가격 측면에서 장점을 제공하지 못한다. 제조된 잉곳은 주조된 구조물이 파괴될 때 소정의 치수로 열간 가공된다.

[0025] 열간 가공된 재료의 구조물은 재료의 균질성을 최적화하기 위해 열처리, 예를 들어 고온, 적절하게 1200-1300℃에서 균질화처리에 의해 상이한 방식으로 불림처리될 수 있다. 강은 일반적으로 강의 연화 풀림된 조건, 약 200-230HB, 일반적으로 210-220HB에서 강 제조업자에 의해 소비자에게 전달된다. 공구는 일반적으로 강의 연화 풀림된 조건에서 기계가공 작업에 의해 제조되지만, 강의 경화된 및 뜨임된 조건에서 통상적인 기계가공 작업 또는 방전 기계가공에 의해 공구를 제조할 수도 있다.

[0026] 제조된 공구의 열처리는 일반적으로 소비자에 의해 바람직하게 진공로 내에서 존재하는 탄화물의 완전 용해를 위해 15분 내지 2시간, 바람직하게 15-60분 동안 950-1100℃, 적절하게 1020-1050℃ 범위의 온도로부터 경화하고, 20-70℃로 냉각하고 500-600℃, 적절하게 520-560℃에서 고온 뜨임함으로써 수행된다.

[0027] 강의 연화 풀림된 조건에서, 강은 상이한 종류일 수도 있는 매우 균일하게 분포된 작은 탄화물을 함유하는 페라이트 매트릭스를 가진다. 경화되고 비뜨임된(tempered) 조건에서, 강은 비뜨임된 마르텐사이트로 구성된 매트릭스를 갖는다. 공지된 이론적 계산에 의한 계산에 의해, 강은 평형 상태에서 약 0.6 부피%의 MC 탄화물을 함유한다. 고온 뜨임에서, MC 탄화물의 추가적인 석출이 얻어져, 강에 소정의 경도를 제공한다. 이러한 탄화물들은 초미세 크기(a sub microscopic size)를 갖는다. 그러므로 탄화물의 양은 종래의 현미경 연구에 의해 표현할 수 없다. 온도가 너무 많이 증가되면, MC 탄화물이 보다 조대해지고 불안정하게 되어, 대신에 형성될 크롬 탄화물을 급속히 성장시켜 바람직하지 않다. 이러한 이유 때문에, 본 발명의 강의 합금 조성이 관련되는 한 뜨임이 적절한 온도 및 유지 시간에서 수행되는 것이 중요하다.

[0028] 본 발명의 또다른 특징 및 일면들은 수행된 실시예의 설명과 후속하는 설명으로부터 그리고 청구범위로부터 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 수행된 실시예의 설명에서, 첨부도면이 참조된다.

도 1 내지 도 5는 실험실 수준에서 제조된 강의 조사에 관한 것이며,

도 1은 조사된 강에 대한 뜨임 온도의 영향을 나타내는 차트이며,

도 2는 조사된 강의 경화능을 나타내는 차트이며,

도 3은 상이한 냉각 시간에서 진공로 내에서 경화된 샘플의 경도 대 조사된 재료의 충격 인성에 의한 연성을 나타내는 차트이며,

도 4는 특정 열처리 후에 조사된 강의 연성과 경도를 나타내는 막대 차트이며,

도 5는 강의 주조된 및 단조된 조건에서 각각 조사된 강의 고온 연성을 나타내는 차트이며,

도 6 및 도 7은 대량 생산 규모로 제조된 강의 조사에 관한 것이며, 도 6은 제조된 바아 내의 상이한 위치에서 취해진, 조사된 강 샘플의 연성을 도시하며,

도 7은 열처리 후에 본 발명에 따른 강의 미세조직을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 실험실 수준에서의 실험

[0031] 재료

[0032] 4 개의 강 합금이 50kg의 질량을 갖는 실험실 잉곳 형태로 제조되었다. 화학 조성은 표 1에 주어진다. 황 함량은 제조 기술의 한계로 인해 바람직하게 낮은 정도로 유지될 수 없다. 표 1에 주어진 것과 다른 불순물과 산소의 함량은 분석되지 않았다. 다음의 공정 과정이 적용되었다. 1270℃/공기에서 10시간 동안 균질화처리, 60×60mm로 단조, 1050℃/2h/공기에서 재차 처리(regeneration treatment), 및 850℃/2h에서 연화 풀림, 10℃/h로 600℃에서 냉각, 공기 중에서 자유 냉각.

표 1

실험실 수준에서 제조된 재료의 화학 조성(중량% 단위)													
Steel	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ti	Nb	O	N	나머지
1	0.68	0.87	0.65	0.005	0.006	2.82	2.34	0.52	33	<10	n.a	14	Fe + 다른 불순물
2	0.68	0.19	0.39	0.004	0.006	4.93	2.37	0.37	29	<10	n.a	28	Fe + 다른 불순물
3	0.71	0.90	0.49	0.004	0.006	5.09	2.36	0.56	39	<10	n.a	19	Fe + 다른 불순물
4	0.63	1.38	0.35	0.007	0.006	4.25	2.87	1.81	42	<10	n.a	18	Fe + 다른 불순물

n.a. = 분석되지 않음

[0033]

[0034] 상기 재료는 연화 풀림 후의 경도, 상이한 열처리 후의 미세조직, 경화 및 뜨임 후의 경도, 경화능, 충격 인성, 내마모성, 및 고온 연성과 관련하여 조사되었다. 이러한 조사는 다음에 기록된다. 더욱이, 표 2에 따른 목적 조성을 갖는 강에 대해 표시된 오스테나이트화 온도에서 용해된 탄소의 함량 및 탄화물 분율에 대해 이론적 평형 계산은 열역학적 계산(Thermo-Calc) 방법에 의해 수행되었다.

표 2

열역학적 계산에 의해 연구된 합금의 화학 조성(중량%)

Steel	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
5	0.72	1.00	0.75	0.02	0.005	2.60	2.25	0.50
6	0.71	0.20	0.50	0.02	0.005	5.00	2.30	0.55
7	0.74	1.00	0.50	0.02	0.005	5.00	2.30	0.55
8	0.65	1.50	0.40	0.02	0.005	4.20	2.80	1.80

[0035]

[0036] 오스테나이트화 온도, T_A 에서 용해된 탄소의 함량, 및 T_A 에서 부피% MC가 표 3에 표시된다.

표 3

	T_A (°C)	% C vid T_A	vol-% MC vid T_A
5	1050/30 min	0.63	1.01
6	1050/30 min	0.65	0.72
7	1050/30 min	0.64	1.04
8	1150/10 min	0.38	2.87

[0037]

[0038] 연화 풀림된 정도

[0039] 조사된 합금 1-4의 연화 풀림된 정도, 브리넬 경도(HB)가 표 4에 표시된다.

표 4

풀림 연화된 정도

Steel	경도 (HB)
1	218
2	208
3	217
4	222

[0040]

[0041] 미세조직

[0042] 미세조직은 60-61HRC로 열처리 후에 연화 풀림된 조건에서 조사되었다. 이러한 연구는 경화된 및 뜨임된 조건에서의 미세조직이 뜨임된 마르텐사이트로 구성됨을 증명했다. 1차 탄화물이 단지 강 4에서 발생되었다. 이러한 탄화물들은 MC형이었다. 소정의 티탄 탄화물, -질화물 및/또는 -탄질화물은 어떠한 합금에서도 발견되지 않았다.

[0043] 경화 및 뜨임

[0044] 강 1-3은 1050°C/30분에서 오스테나이트화되었고 강 4는 1150°C/10분에서 오스테나이트화되었고, 상온에서 공냉되고 각각에 대해 2시간 동안 상이한 뜨임 온도에서 2회 어닐링되었다. 경도에 대한 뜨임 온도의 영향이 도 1에 도시된다. 도 1은 강 2 및 3이 500-600°C, 바람직하게 520-560°C, 적절하게 520-540°C에서 고온 뜨임 후에 소정의 경도를 달성할 잠재력을 가짐을 도시한다. 최대 경도를 위한 최적은 강 2 및 3이 관련되는 한 약 525°C의 온도에서 뜨임함으로써 달성된다. 이는 소정의 공구 분야에서 요구되는 내마모성의 달성을 위해 500°C 정도 이상의 온도에서 표면 코팅 또는 질화처리를 요구하는 매트릭스 강에 있어 특히 중요하다. 이러한 온도에서, MC-탄화물의 석출로 인해 현저한 2차 경화가 달성된다. 도 1의 차트로부터 명백한 것처럼, 60HRC를 초과하는 경도는 심지어 약 580°C까지 뜨임함으로써 보장되는데, 이는 공구의 경도가 너무 낮아짐이 없이 보다 넓은 온도 범위 내에서 표면 코팅을 수행할 수 있기 때문에 유리하다. 보다 높은 경도를 목적으로 한다면, 보다 많은 탄소 및 보다 많은 탄화물 형성 원소가 강에 추가되어야 한다. 그러나, 이는 어닐링에 의해 용해될 수 없는 1차 탄화물을 형성할 위험이 있다. 이는 수많은 단점; 공구 메이커에 의해 적용되는 통상적이지 않은 경화 기술의 요구, 경화 인장(hardening tensions), 치수 변경, 및 균열 위험성을 야기하는, 매우 높은 오스테나이트화 온도를 요구하는 강 4에 의해 증명된다.

[0045] 경화능

[0046] 냉각 변태 곡선(CCT-diagram)으로부터 플롯 데이터를 이용하여, 조사된 강 1-4의 경화능 비교가 도 2에 도시된다. 곡선에 도시된 것처럼, 강 2가 최상의 경화능을 갖지만, 강 3은 강 1과 비교하여 그리고 한정적으로 강 4와 비교하여 강이 오스테나이트화 온도로부터 서냉될 때 마르텐사이트를 형성하기에 보다 양호한 조건을 갖는다.

[0047] 연성

[0048] 20℃에서 상이한 냉각 시간에서 진공로 내에서 경화되고, 상이한 경도로 뜨임되는 노치 없는 테스트 로드들에 대한 흡수 충격 에너지 대 연성 그래프가 도 3에 도시된다. 최상의 인성은, 경도가 60HRC를 초과할 때 강 2에 대해 달성되었고, 상기 효과는 경도가 61HRC를 초과할 때 보다 현저했다. 상기 경도에서 인성 조건을 보다 더 분석하기 위해, 강 1-4는 또한 도 4의 막대 차트에서 비교되었다. 이 경우에, 강 1-4는 전술한 오스테나이트화 온도로부터 706초 동안 800℃로부터 500℃로 냉각되었고, 상온으로의 연속 냉각 후에, 강은 525-540℃/2×2h에서 뜨임되었다. 도 4는 경도들이 비교가능할 때, 최상의 인성이 강 2에서 달성됨을 도시한다.

[0049] 고온 연성

[0050] 고온 연성은 특히 강의 생산 비용에 중요한 인자이다. 고온 연성 테스트는 주조된 및 단조된 조건에서 각각 1270℃/공기에서 10시간 동안 강의 균질화 처리 후에 수행되었다. 단조된 조건에서, 1050℃/2h에서 재차 처리 및 연화 풀림이 적용되었다. 테스트 온도에서 유지 시간은, 주조된 조건에서 그리고 단조된 재료에 대해 1200℃ 또는 그 이상의 온도에서 강 1 및 3을 제외하고, 3분이었다. 이러한 이유는 상기 두 강이 심하게 산화되어, 면적 축소의 올바른 측정을 불가능하게 한다. 반면 낮은 실리콘 함량을 갖는 강 2는 주목할만한 산화를 야기하지 않는다. 상기 강은 주조된 뿐만 아니라 단조된 조건에서 강 1 및 3 보다 양호한 고온 연성을 갖는다. 강 2에 대해 약 50℃ 초과 테스트 온도가 허용될 수 있다. 그 결과는 도 5에 도시된다.

[0051] 아브레시브 마모(abrasive wear)

[0052] 아브레시브 마모는 아브레시브 마모제로서의 SiO₂를 이용하여 핀-어게인스트-디스크(pin-against-disc) 테스트를 통해 조사되었다. 강 4가 최상의 내마모성을 가졌다. 다른 강 합금들은 동일하게 양호했다.

[0053] 논의

[0054] 조사된 강들의 비교 연구가 상기 기록된 결과의 평가로 수행되었다. 표 5는 강 1-3 및 5-7에 대해 평형이 적용된다고 가정할 때 1050℃에서, 그리고 강 4 및 8에 대해 1150℃에서 용해된 탄소의 함량(중량%), 및 MC 탄화물의 함량(부피%)을 나타낸다. 강 5-8의 목적된 조성 값이 표 5에서 기준으로 제공된다. 바나듐 함량이 강 2의 일반 조성에 따라 T_A에서 0.65 부피%를 함유한 강 6 보다 낮기 때문에 강 2가 의도된 함량 보다 실질적으로 낮은 MC 함량을 가짐을 알 수 있다.

표 5

이들 합금들 중 목적된 조성 5-8과 비교하여 조사된 합금들 1-4에 대한 표시된 오스테나이트화 온도에서 용해된 탄소의 함량(중량%)과, 탄소 분율(부피%)

Steel	최적의 T _A (°C)	% C at T _A	% MC at T _A
5	1050/30 min	0.64	0.89
1	1050/30 min	0.60	0.87
6	1050/30 min	0.65	0.65
2	1050/30 min	0.66	0.32
7	1050/30 min	0.65	0.97
3	1050/30 min	0.63	0.95
8	1150/30 min	0.37	2.83
4	1150/30 min	0.30	2.71

[0055]

[0056] 조사된 합금 1-4의 특성 비교가 표 6에 주어진다. 표 6에서 합금들은 1-4 범위에서 변하는 점수가 주어지며, 여기서 1은 최하이고 4는 최상이다.

표 6

조사된 강의 특징들의 비교

Steel No:	1	2	3	4
경화능	2	4	3	1
열처리에서 치수 안정성	2	4	3	1
고온 경화 후의 경도	4	4	4	4(그러나 단지 고온으로부터의 경화 후에)
연성/인성	2	4	3	1
내마모성	2	2	2	4
파괴 수명	4	4	4	2
압력 강도	4	4	4	4
연삭성	4	4	4	2
기계가공성	4	3	4	2
방전 기계가공성	4	4	4	4
연마성	4	4	4	3
생산 비용	3	4	4	2

[0057]

[0058]

표 6으로부터 명백한 것처럼, 강 2는 다른 조사된 및 평가된 재료 보다 양호한 특성 조합을 갖는다. 특히, 강 2는 가장 중요한 제품 특성이 관계되는 한 양호하다. 가능하게, 보다 낮은 함량의 MC-탄화물은 입자 성장에 대한 저항을 감소시킬 수도 있기 때문에 강 2의 바람직하지 않은 특성이다. 그러므로 열처리 중에 입자 성장에 대한 보다 넓은 오차를 제공하기 위해 바나듐 함량이 일반적으로 0.40%로부터 0.50%로 증가되어야 함이 실험적 경험이다. 실험에 의하면 강의 인성과 관련하여 탄화물 함량이 너무 많지 않고 입자 성장에 대해 바람직한 저항을 제공하기 위해 바나듐 함량에 대해 좁은 범위가 존재하며 탄소 함량은 일반적으로 0.72%로 증가되어야 하고 열처리 후에 60-62HRC를 제공하기 위한 함량의 좁은 범위 내에 유지되어야 한다. P, S, N, 및 O의 함량은 연성 및 인성을 최대화하기 위해 매우 낮은 정도로 유지되어야 한다. Ti, Zr, 및 Nb와 같은 다른 탄화물 및 질화물 포머는 가장 적절하게 최대 0.005%로 제한되어야 한다. 이러한 배경에 대해, 본 발명에 따른 냉간 가공강은 표 7에 주어진 일반 조성을 가져야 한다.

표 7

본 발명에 따른 강 9의 일반 조성(중량%)과 1050 °C에서 용해된 C의 양과 탄화물의 양(부피%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	N	O	C*	MC*
											vol-%
0.72	0.20	0.50	≤0.010	0.0010	5.0	2.30	0.50	≤0.010	≤0.0010	0.67	0.6

[0059]

[0060]

*대량 생산 규모의 실험

[0061]

65톤의 생성 용융물이 전기 아크로에서 제조되었고, 목적된 용융물의 조성은 표 7에 따른 강 9에 대응한다. 많은 잉곳이 상기 용융 금속으로 제조되었고, 잉곳은 표 8의 강 10 및 11에 대해 각각 치수 $\phi 330\text{mm}$ 및 $\phi 254\text{mm}$ 를 갖는 바아를 포함하는 상이한 치수를 갖는 바아 형태로 단조되었다. 표 8에서, 기준 재료 강 12의 화학 조성이 주어진다. 상기 재료는 치수 $\phi 330\text{mm}$ 를 갖는 단조된 바아의 형태를 가졌다. 표 8에서 인 뿐만 아니라 황도 불순물이다. 또한 주어진 양에서 텅스텐, 코발트, 티탄, 니오븀, 구리, 알루미늄, 질소, 및 산소가 불순물이다. 다른 불순물은 표시되지 않지만 허용된 수준 이하로 존재한다. 그 나머지는 철이다.

표 8

대량 생산 규모로 제조된 재료의 화학 조성 (중량% 단위, S, B 및 O는 ppm 단위), 나머지는 Fe와 불순물	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	W	Co	V	Ti	Nb	Cu	Al	N	B	O
Steel	0.71	0.19	0.49	.009	6	4.96	0.07	2.28	.003	.010	0.50	.0016	.001	.062	.017	.011	10	7
10	0.71	0.19	0.49	.009	8	4.98	0.07	2.30	.003	.011	0.50	.0015	.001	.062	.015	.011	10	5
11	0.74	0.99	0.76	.007	10	2.55	0.06	2.09	.01	.01	0.50	.003	.01	.07	.037	.007	30	8
12																		

[0062]

[0063]

테스트 로드는 제조된 바아로부터 취해졌다. 도 7은 강 11의 바아의 중심에서 취해진 샘플 강의 미세조직을 나타낸다. 샘플은 1025℃/30분에서 오스테나이트화되고, 공냉 및 후속적으로 525℃/2×2h에서 어닐링됨으로써 경화되었다. 도 7로부터 명백한 것처럼, 강은 소정의 1차 탄화물 없이 뜨임된 마르텐사이트로 구성된 균일한 미세조직을 가졌다.

[0064]

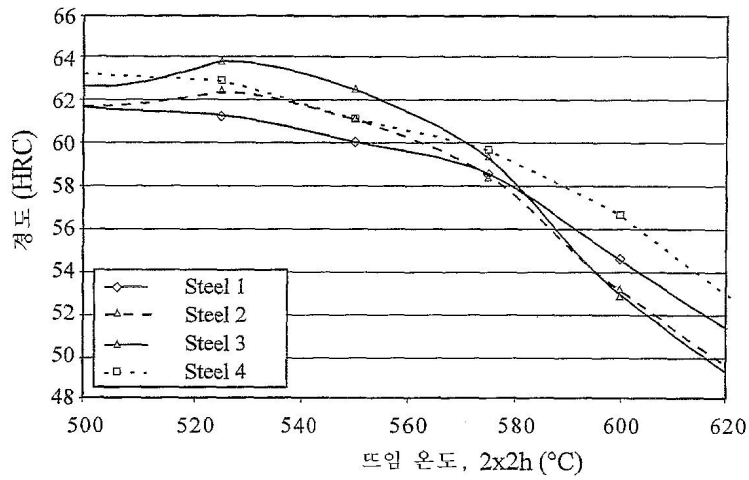
연성은 가장 임계적인 위치와 방향에서 각각 바아로부터 취해진 노치 없는 테스트 로드에서 수행된 충격 테스트에 의해 조사되었다. 강 10 및 11의 테스트 로드들은 1025℃/30분에서 오스테나이트화하고, 공냉 및 525℃/2×2h에서 뜨임함으로써 각각 61.0HRC(로크웰 경도), 및 60.5HRC로 경화되었다. 강 12의 샘플은 1050℃/30분에서 오스테나이트화하고, 공냉 및 550℃/2×2h에서 뜨임함으로써 각각 60.2HRC로 경화되었다. 흡수된 충격 에너지는 도 6의 막대 차트에 도시된다. 상기 차트에서, 명칭 CR1 및 CR2가 사용되며, 여기서 CR1은 바아의 종방향에서 바아의 표면으로부터 취해지고, 바아의 정방향 방향에서 충격 방향을 갖는 등근 바아로부터의 테스트 로드를 의미하며(다음 최대 바람직하지 않은 조건), 그리고, CR2는 바아의 중심에서 취해지고 CR1에 따른 다른 측면에서 등근 바아로부터의 테스트 로드를 의미한다(가장 바람직하지 않은 조건).

[0065]

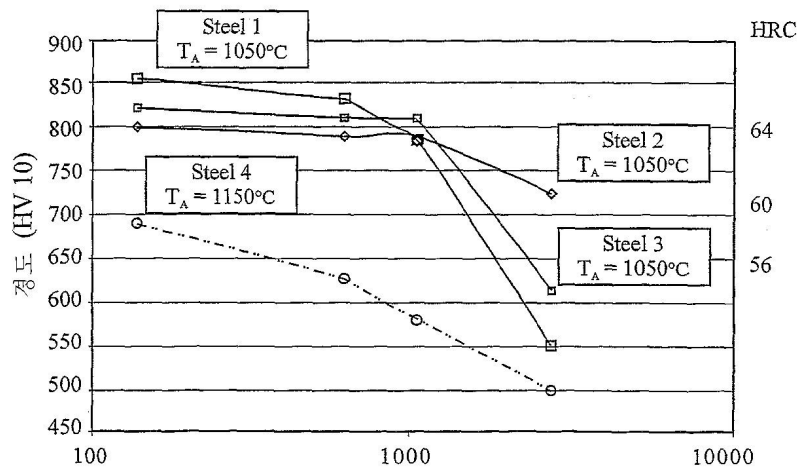
도 6의 그래프로부터 명백한 것처럼, 대량 생산 규모로 제조된 강의 노치 없고, 경화된 및 뜨임된 샘플들로 비교가능한 충격 테스트 결과, 본 발명의 강의 경도가 기준 재료의 경도와 동일하거나 약간 높을 때 훨씬 양호한 연성이 기준 재료 보다 본 발명에 따른 강에서 측정되었다.

도면

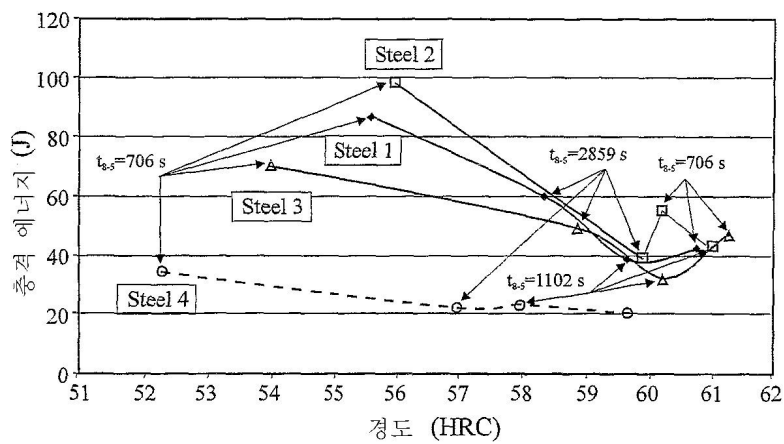
도면1



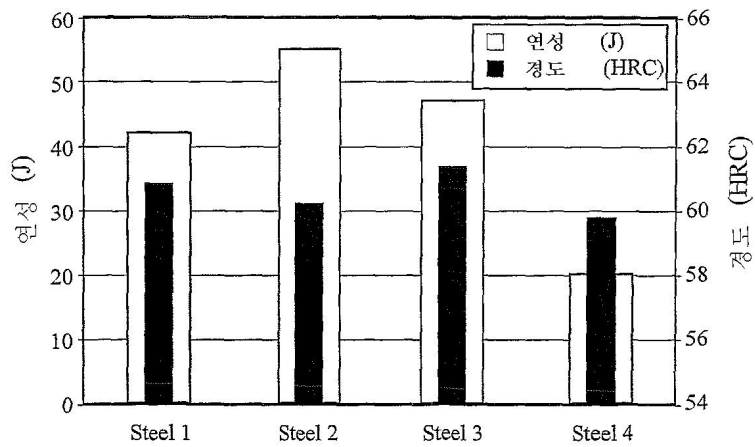
도면2



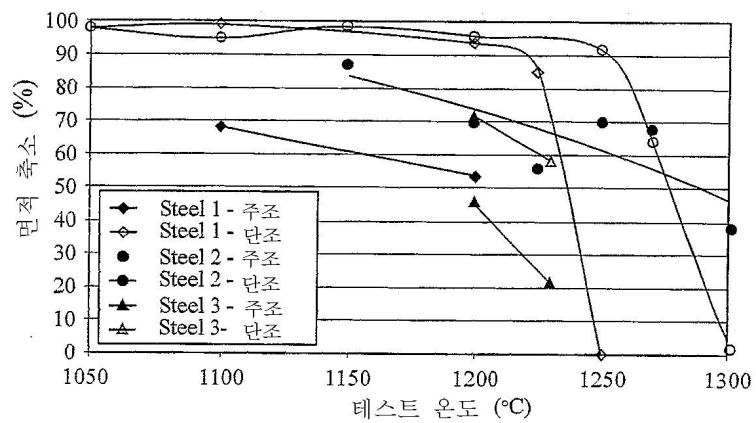
도면3



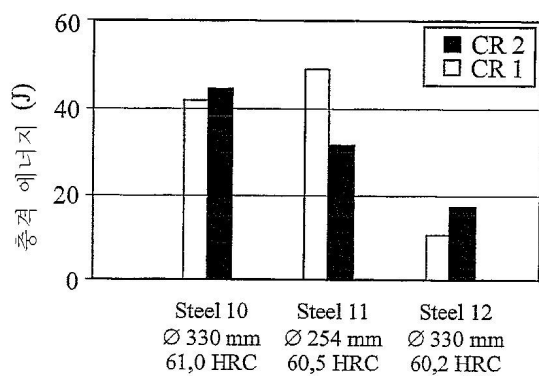
도면4



도면5



도면6



도면7

