(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [6]
C21C 5/28

(45) 공고일자 2002년10월19일
(11) 등록번호 10-0349162
(24) 등록일자 2002년08월05일

(21) 출원번호 10-1998-0058747
(22) 출원일자 1998년12월26일

(65) 공개번호 특2000-0042527
(43) 공개일자 2000년07월15일

(73) 특허권자 주식회사 포스코
경북 포항시 남구 괴동동 1번지

(72) 발명자 김정식
경상북도 포항시 남구 괴동동1번지 포항종합제철(주)내
이철무
경상북도 포항시 남구 동촌동 5번지 포항제철소내
신정수
경상북도 포항시 남구 동촌동 5번지 포항제철소내
박대원
경상북도 포항시 남구 동촌동 5번지 포항제철소내

(74) 대리인 전준항
손원
이성동

심사관 : 박봉훈

(54) 탈린 용선을 이용한 극저린강의 전로정련방법

요약

본발명은 탈린 용선을 이용한 극저린강의 전로 정련 방법에 관한 것이며, 그 목적하는 바는 전로정련시 부원료 투입방법 및 취련방법의 개선을 통하여 용철중 인을 안정적으로 제거하는데 가장 중요한 것은 슬래그를 효과적으로 제조하는 것이다. 즉, 취련초기~종료까지 철저한 슬래그 재화를 통하여 고온에서도 화학적으로 불안정한 슬래그중 인화합물을 슬래그에 안정적으로 존재시킴으로써 인함량이 0.015중량% 이하의 용강을 용이하게 제조할수 있는 극저린강 제조방법을 제공함에 있다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 전회조업한 총슬래그중 25-35%를 남긴 전장입량 1톤에 대하여 경소백운석 8-15kg을 투입하여 노체를 3-4회 반복경동시켜 노벽에 슬래그를 코팅한후, 생석회 8-15kg을 노내 투입한 다음, 고철

및 탈린용선을 장입한 후, 순산소를 송산하여 취련시킴과 동시에 착화되면 생석회 및 소결광을 3-10kg를 각각 일괄투입하고, 취련 30-70%에는 전장입량 1톤에 대하여 생석회 및 경소백운석을 각각 1-3kg씩 분할투입하고, 소결광은 열원이 허용하는 범위내의 양을 연동투입하며, 취련 80-85%시점에는 생석회, 경소백운석 및 소결광 중에서 선택된 1종 이상을 각각 1-3kg/톤 투입하는 것을 특징으로 하는 탈린용선을 이용한 극저린강의 전로 정련방법에 관한 것을 그 요지로 한다.

대표도

도 3

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 전로조업의 공정도

도 2는 전로 취련상태를 나타내는 단면도

도 3은 발명예와 비교예의 취련패턴 및 부원료 투입조건을 보이는 그래프

도 4는 발명예 1과 비교예 1의 취련시간에 따른 슬래그 염기도, 산화철함량 및 용철중 인함량의 거동을 보이는 그래프

도 5는 발명예 2와 비교예 2의 취련시간에 따른 슬래그 염기도, 산화철함량 및 용철중 인함량의 거동을 보이는 그래프

도 6은 발명예와 비교예의 취련종점에서의 용강중 탄소함량과 인함량의 상관관계를 나타낸 그래프

도 7은 발명예와 비교예의 방법으로 조업했을 때 인성분 격외 발생율 비교를 보이는 그래프

도 8은 발명예와 비교예의 방법으로 조업했을 때 랜스 지금 부착율 비교를 보이는 그래프

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1:전로 2:랜스 3:서브랜스

4:용철 5:슬래그 6:저취노즐

7:산소젯트류

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 탈린 용선을 이용한 극저린강의 전로 정련 방법에 관한 것으로, 보다 상세히는 용선예비처리 단계에서 탈린한 용선과 소량의 고철을 주원료로 하는 전로조업에서 송산개시에서부터 완료까지의 부원료인 생석회 및 경소백운석 또는 소결광의 효과적인 투입방법과 더나아가 취련방법의 적정한 제어를 통하여 착화시점에서부터 취련말기에 이르기까지 철저한 소프트브로잉을 유도하여 부원료의 효율적 재화를 촉진시켜 용철중 인을 효과적으로 제거함으로써 인함량이 0.015%중량% 이하인 극저린 탄소강을 제조할 수 있는 탈린 용선을 이용한 극저린강의 전로 정련 방법에 관한 것이

다.

전로조업은 주원료인 용선(hot metal)과 고철(scrap)을 전로에 장입하여 송산과 동시에 부원료인 생석회(주성분이 산화칼슘, CaO임), 경소백운석(주성분이 산화칼슘 및 산화마그네슘, CaO · MgO임) 및 소결광(주성분이 산화철임), 형석(주성분이 불화칼슘, CaF_2 임)등을 투입하여 용선중 불순원소인 탄소(C), 규소(Si), 망간(Mn), 인(P), 유황(S), 티탄(Ti)등을 산화 정련에 의해 제거하는 일련의 작업을 통칭한다. 특히, 탈린용선은 용선예비처리 단계에서 인함량이 0.07중량%이하로 정련한후 전로조업을 위한 주원료로 공급된다. 도 1에 전로조업의 개략도를 나타내었다. 탈린용선은 일반용선에 비해 용선중 규소, 망간, 인함량이 낮다. 즉 일반용선은 통상 규소가 0.25-0.55중량%, 망간이 0.25-0.45중량%, 인이 0.08-0.12중량% 함유되어 있다. 반면에 탈린용선은 규소 및 망간이 0.25중량% 이하이고, 인이 0.07중량% 이하이므로 열원이 부족하고, 취련초기에 송산에 의해 생성되는 산화규소 및 산화망간 등의 슬래그 생성원이 매우 적다. 따라서 투입된 부원료는 재화(슬래그화 되는 현상)가 되기 어렵고, 송산젯트에 의해 스피팅(용철입자가 송산가스에 의해 튀는 현상)이 다발하여 랜스지금부착 등 작업성을 악화시킬 뿐만 아니라 취련중기에 복린현상이 현저하여 인의 안정적 제어가 매우 어려운 단점이 있는 반면에, 용선중 인함량이 낮기 때문에 저린강 제조하는데에는 부담이 없다는 장점이 있다.

전로 취련 작업시 용선중 불순원소는 취련작업시 송산하는 순산소가스와 (1)~(5)와 같은 산화반응이 일어난다.

반응식 1

$$[C]+1/2O_2=CO_{(g)}$$

반응식 2

$$[Si]+O_2=(SiO_2)$$

반응식 3

$$[Mn]+1/2O_2=(MnO)$$

반응식 4

$$[Fe]+1/2O_2=(FeO)$$

반응식 5

$$2[P]+5/2O_2=(P_2O_5)$$

상기 반응식에 의해 생성되는 물질중 반응식(1)은 가스상(일산화탄소)으로 제거되고, 반응식(2)-(5)는 전로조업시 투입하는 부원료가 재화되면서 슬래그층에 존재되는 것이다.

전로에서의 취련작업은 랜스를 통하여 순산소 가스를 불면서 용선중 불순원소를 슬래그측으로 제거하는 작업이라고 볼 수 있다. 이때 불순원소의 안정적 제거를 위해서는 슬래그가 필요하고, 이는 취련중 부원료(생석회, 형석, 경소백운석, 소결광 등)를 얼마나 효과적으로 활용하느냐에 따라 목표하는 용강을 얼마나 경제적으로 품질 좋게 제조해 내느냐가 좌우된다.

용선중 규소는 상기 반응식(2)와 같이 취련중 가장 먼저 산화되는데, 농도가 지나치게 낮으면, 즉 탈린용선을 사용하면 산화규소의 생성량이 적어서 취련초기에 슬래그 조제가 어려워 용철중 인의 안정적 제거가 어렵고, 스피팅이 발생하여 랜스에 용철립(溶鐵粒)이 부착되며, 이러한 현상이 계속되면 랜스를 폐각해야 하는 등 원가손실이 크고, 작업성을 극도로 악화시킨다.

상기의 문제를 효과적으로 대처하기 위한 방법으로는 부원료의 효과적인 투입과 적정 취련패턴(랜스높이 및 송사량의 조정방법)을 도출하여 슬래그 생성 거동을 효과적으로 유도해야 한다. 이것을 어떻게 유도하느냐에 따라 용철중 성분 거동은 달라진다. 이는 취련작업시 랜스높이 및 송산량의 제어에 의해 산소가스가 용철표면에 접촉하는 세기(강도, 모우멘텀, momentum)가 달라지기 때문이다. 이와 같은 세기의 제어는 취련패턴에 의해 결정된다.

취련패턴은 이 세기의 정도에 따라 크게 두가지로 분류되는데, 강하면 하드브로잉(hard blowing) 이라고 하고, 약하면 소프트 브르잉(soft blowing) 이라고 한다.

한편, 용선중 규소함량은 취련중 슬래그 생성량에 지배적 인자로 작용하며, 그 농도가 높을수록 슬래그 발생량은 증가한다. 특히 규소함량이 지나치게 낮으면 취련시 순산소에 의해 생성되는 슬래그량이 적어 용철면이 지나치게 강교반되어 용철이 철립(droplets)으로 되어 튀는 현상(spitting, 스피팅)이 생긴다.

전로조업은 노체(爐體)의 형상이나 크기에따라 취련중 반응특성이 달라진다. 특히, 취련과정은 크게 초기, 중기, 말기로 구분된다. 각 과정에서의 야금반응을 살펴보면 다음과 같다.

용선중 불순원소의 반응거동은 취련방법에 따라 다르게 나타나지만, 망간과 인은 동일한 거동을 보인다. 즉 취련초기에는 착화(취련개시와 동시에 송산에 의해 노내 용선중 탄소와의 산화반응에 의해 발생되는 일산화탄소가 불꽃의 형태로 노구에 관찰되므로 불이 붙는다는 의미로 착화라고 부른다)와 동시에 용선중 규소가 가장 먼저 산화된다. 동시에 철분과 망간, 인 등도 산화반응이 일어나며, 이때 생성된 산화물은 슬래그화가 되어 용철상부에 상존하게 된다. 착화 직후 전로 상부로부터 각종 부원료가 투입되는데, 이 부원료는 전기 반응식(1) - (5)에 의해 생성된 산화생성물과 혼합되어 슬래그 속에 어떻게 화학적 또는 물리적으로 안정되도록 하느냐에 따라 상기 반응식(5)에 의해 용철중 인을 슬래층으로 이동시켜 안정적으로 제거할수 있다. 또한 취련중기에는 초기에 상기 반응식(3),(5)에 의해 생성되었던 인산화물(P_2O_5)과 산화망간(MnO)은 왕성한 탈탄에 의해 생성되는 일산화탄소에 의해 환원되어 취련초기 산화제거 되었던 망간과 인이 용철중으로 되돌아 들어오는 소위 복망간, 복린현상이 일어난다. 이로 인해 취련종점에서는 용강중 망간 및 인농도가 재현성이 결여되고, 간헐적으로 목표 함량을 벗어나서 용강품질 저해 및 원가상승의 요인이 되기도 한다. 특히 이러한 현상 때문에 취련말기에 탈린(용철중 인을 제거하는것) 및 탈망간(용철중 망간을 제거하는것)을 철저히 하여 안정적 종점 인농도를 확보하기 위해 탄소농도가 0.04%이하로 지나치게 송산하는 것이 일반적이다.

특히, 용강중 청정도가 요구되는 탄소강을 제조해야 하는 철강재에 상기와 같은 방법으로 취련한다면, 다음과 같이 문제점이 있다.

취련이 종료되었을때의 용철중 유가금속인 철, 망가등이 지나치게 산화되므로서 이 산화물들이 슬래그중에 다량 함유되게 되며, 그 결과 전로내에 슬래그량이 그격히 증가되어 폐기물량이 늘어남은 물론 용강중 용해산소가 급격히 상승한다.

또한 이렇게 하여 만들어진 전로내 용강을 출강중에 다시 수요가가 요구하는 목표 용강조성으로 맞추기 위해 산화제거된 만큼 재투입해야하고, 또한 이때 각종 합금철의 실수율은 용강중 용해산소의 과다로 낮게되는 문제점이 있다.

한편, 전로조업시 용철중 인을 효율적으로 제거하기 위해서는 용철중 탄소, 규소, 망간등의 원소와 슬래그중 산화칼슘(CaO), 산화규소(SiO_2), 산화망간(MnO), 산화철(FeO)등의 산화물 농도의 제어가 중요하다. 이것을 탈린에 대한 화학반응식을 통해 살펴보면 다음과 같다.

반응식 6

$$4(CaO)+2[P]+5[O]=(4CaO\cdot P_2O_5)$$

수학식 1

$$\log K = = -33.42$$

여기서 K는 상기 반응식의 평형정수, T는 절대온도, a_i는 용철중 i성분의 활동도를 의미하고, K는 온도만에 의존한다. 상기 반응식(6), 수학식(1)로부터 용강중 인([P])을 제거하기 위해서는 a_p를 낮추어야 한다. 그 방법으로는 탈린용선을 사용한다는 것을 감안할 때, 다음과 같은 조건이 효과적이라고 생각된다.

첫째, 용선중 규소함량이 낮으므로 취련초기에 CaO분을 적정량 투입하여 재화를 조기에 촉진시켜 슬래그의 염기도((CaO중량%)/(SiO_2 중량%))적절히 유도하고, 동시에 산화철의 함량을 높여준다. 이렇게하면, 탈린용선을 사용하더라도 CaO의 활동도를 올릴 수 있다.

둘째, 송산강도를 조정하여 화점 면적을 넓혀 용철 및 슬래그중 산소 포텐샬(Oxygen Potential)을 높이고, 슬래그 운동을 보다 활발히 해줌으로써 탈린효과를 극대화할 수 있다.

셋째, 취련작업시 착화시점부터 철저한 소프트 브로잉을 유도하여 슬래그중 산화철 함량을 높게 유지해줌으로써 부원료 재화를 극대화하고, 취련중기(탈탄왕성기)에 복린을 최대한 억제할 수 있다.

넷째, 취련초기 슬래그 생성원이 적다는 것을 고려하여 오히려 용철중 산소와의 친화력이 강한 원소를 슬래그측으로 조기에 이동되도록 취련한다.

한편, 일반적으로 탈린용선을 이용하더라도 전로정련시 인농도를 0.015중량% 이하로 안정적으로 유도하는데는 장입되는 용선중 인함량을 0.03중량% 이하로 관리하고 있다. 이것은 용철중 탄소가 높으면 슬래그중 산화철이 낮아지고, 융점이 높아서 유동성 나빠지면서 생석회 재화가 미흡하여 탈린에 불리하므로 주로 취련중 부원료를 소량 투입하여 탈탄반응을 위주로 정련한후 목표하는 강종을 생산하는 것이 일반적이다. 이러한 방법이 소량 슬래그 전로정련법 또는 슬래그 발생 제로화 정련법이라고 한다. 이것은 전로정련에 의한 탈린효과는 거의 기대하지 않는 조업방법으로써 최근에 일본제철소에서 유행하고 있는 조업방법이다. 예를들면, 신일본제철(주)의 나고야제철소, 일본강관(주) 후크야마제철소, 스미토모금속(주)카시마제철소, 고베제강소 고베제철소등에서 적용중이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이에, 본발명은 전로정련시 부원료 투입방법 및 취련방법의 개선을 통하여 용철중 인을 안정적으로 제거하는데 가장 중요한 것은 슬래그를 효과적으로 제조하는 것이다. 즉, 취련초기~종료까지 철저한 슬래그 재화를 통하여 고온에서도 화학적으로 불안정한 슬래그중 인화합물을 슬래그에 안정적으로 존재시킴으로써 인함량이 0.015중량% 이하의 용강을 용이하게 제조할수 있는 극저린강 제조방법을 제공함에 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 기존 방법과 달리, 탈린용선을 사용함에 있어서, 취련개시부터 취련이 완료될때까지 전과정에서 용철중 인을 효과적이고, 재현성 있게 제어함으로써 탈린효율을 극대화하는데 그 특징이 있다. 따라서 본 발명은 이를 달성하기 위해서 조업특성에 적합한 부원료투입방법 및 적정 취련패턴의 적용을 통하여 실현하고자 하였다.

이에 본발명자는 탈린 용선을 이용한 취련작업시, 부원료의 효과적 투입방법과 적정 취련패턴을 도출하여 목적을 달성하는 것으로 결정하였다.

그 배경은 도 2에 나타낸 바와 같이 효율적 취련을 하기 위해서는 슬래그/용철/산소가스와의 상관관계를 어떻게 조화를 시켜 용철중 인을 슬래그측으로 안정하게 이동되게끔 하고, 한번 슬래그측으로 이동된 인은 취련중기에도 복린이 되지 않도록 하여야 하며, 취련막기에는 탄소농도와 관계없이 저농도의 인이 재현성 있게 얻어지도록 해야한다.

본 발명은 상기의 가능성을 실현하기 위해 전기한 반응식(6)과 수학식(1)로부터 탈린 용선임을 충분히 고려하여 전로취련중 탈린반응의 안정적 유도를 목적으로, 취련시간별 특징적 조건을 제시하면, 두가지로 요약된다.

첫째, 부원료 투입방법의 변경이다. 즉, 착화직후, 전장입량(탈린용선과 고철을 합한 무게) 1톤에 대하여 생석회 및 소결광은 3-10kg을 일괄 투입하고, 추가로 필요한 양은 취련시간 30% 이후에 분할 투입한다. 이렇게 하여, 취련개시~완료까지 투입한 부원료의 재화가 철저히 지속되도록 하고, 저융점 슬래그(유동성이 좋은 슬래그)를 유도하기 위해 철산화물이 높게 유지되도록 하였다.

둘째, 취련패턴의 다양한 변화를 추구하는 것이다. 즉 랜스높이 및 송산량을 종래에는 3단계로 구분되어 있으나, 본 발명은 보다 많은 단계(예를들면 7단계)로 세분화하였다. 착화 직후부터 취련완료까지 랜스높이 및 송산량을 효과적으로

제어하여 투입한 부원료를 100% 재화에 기여토록 유도하고, 송산가스의 모우멘텀을 용철에서 생성된 산화물이 슬래그층으로 용이하게 이동되게 하고, 한번 생성되어 슬래그층에 들어간 산화물은 용철속에 혼입되지 않도록 설계하였다. 이렇게 함으로써 취련중 고염기도의 저융점 슬래그가 유도되고 용철중 인은 슬래그층으로 이동이 용이하도록 되며, 이로 인해 랜스 지금 부착을 저감할 수 있는 것을 특징으로 하는 것이다. 보다 상세히 설명하면, 취련작업시 송산가스의 모우멘텀을 용철로 이동시켜 탈망간반응(반응식(3))이 촉진되도록 하고, 랜스높이 및 송산량을 다단계로 변화를 주어 지속적인 재화를 유도하고, 슬래그가 균일화되도록 유도하였다. 이렇게 함으로써 슬래그중에는 산화철(FeO)과 산화망간(MnO)이 안정적으로 생성되고, 슬래그 및 용철중 산소포텐샬이 상승하여 탈린, 탈망간이 진행되며, 이로 인해 용강중 탄소함량이 높더라도 슬래그중 인산화물이 보다 안정적으로 존재하므로 취련완료 시점에서도 용강중 인함량을 0.015 중량% 이하를 안정적으로 얻을 수 있다. 이상과 가은 본발명의 사상을 종래방법(비교예)을 기준으로 하여 모식적으로 나타내면 도 3과 같이 정리된다.

이상과 같은 관점으로 부터 출발한 본 발명은 전회조업한 총슬래그중 25-35%를 남긴 전장입량(고철과 탈린용선을 합한 무게) 1톤에 대하여 경소백운석 8-15kg을 투입하여 노체를 3-4회 반복경동시켜 노벽에 슬래그를 코팅한후, 생석회 8-15kg을 노내 투입한 다음, 고철 및 탈린용선을 장입한 후, 순산소를 송산하여 취련시킴과 동시에 착화되면 생석회 및 소결광을 3-10kg를 각각 일괄투입하고, 취련 30-70%에는 전장입량 1톤에 대하여 생석회 및 경소백운석을 각각 1-3kg씩 분할투입하고, 소결광은 열원이 허용하는 범위내의 양을 연동투입하며, 취련 80-85%시점에는 생석회, 경소백운석 및 소결광 중에서 선택된 1종 이상을 각각 1-3kg/톤 투입하는 것을 특징으로 하는 탈린용선을 이용한 극저린강의 전로 정련방법에 관한 것이다.

이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

본발명에서는 전회조업의 슬래그를 25-35% 남긴 전로에 전장입량 1톤에 대하여 8-15kg의 경소백운석을 투입하여 노체를 3-4회 경동시켜 슬래그를 노벽에 코팅하고, 노체를 보호하기 위해 생석회 8-15kg를 투입한다.

상기 슬래그는 전로조업시 전회조업한 것 중에서 일부를 남기는데, 그 비율이 25%미만이면 초기 탈린거동이 불안해져서 안정적조업이 곤란하며, 35%를 초과하면 미재화 슬래그의 과다발생으로 출강중 슬래그 넘침현상(슬로핑)이 일어나 작업성이 저하될 뿐만아니라 화재의 위험이 있기 때문에, 25-35%범위로 하는 것이 바람직하다.

상기 경소백운석은 전장입량 1톤에 대하여, 8kg미만으로 투입되면 코팅효과가 미미하고, 15kg을 초과하여 투입되면 슬래그코팅성이 나빠지고 취련초기 슬래그 점도(viscosity)가 상승하여 탈린반응에 불리할 뿐만아니라 슬로핑이 과다발생할 염려가 있다.

상기 경소백운석 투입후에는 노체를 3-4회 반복경동시키는데, 3회미만이면 코팅이 제대로 되지않을 염려가 있고, 4회를 초과하면 작업시간증가로 전후공정의 생산 밸런스가 깨질 염려가 있다.

상기 생석회는 8-15kg을 투입하는데, 8kg미만이면 스크랩이 노체를 때려 노체의 기계적 손상이 우려되고, 15kg을 초과하면 취련초기의 재화불량의 문제가 있다.

또한, 본 발명에서는 소량의 고철 및 탈린용선을 장입한 다음, 순산소로 송산하면서 취련이 개시되고, 착화가 되면 생석회를 3-10kg/톤, 소결광을 3-10kg일괄투입하고, 취련중기(취련시간 30-70%)에는 1-3kg씩 생석회(예를들면 3회), 경소백운석(예를들면 2회)은 각각 수회 분할투입하며, 소결광은 열원이 허용하는 범위내에서 연동 투입하였다.

상기 순산소를 송산하여 착화시키고, 상기 전장입량1톤당 생석회를 3-10kg, 소결광을 3-10kg을 일괄투입하는데, 그 함량이 각 3kg미만으로 투입하면 슬래그고온화로 탈린, 탈망간이 불량해질 염려가 있고, 10kg을 초과하면 온도가 지나치게 낮아져 스티핑을 유발하여 지금부착의 염려가 있기 때문이다.

상기 취련시간의 30-70% 정도에서는 생석회와 경소 백운석를 투입하는데, 전장입량 1톤에 대하여 1-3kg 씩 투입한다. 그 함량이 1kg미만이면 복린억제효과가 떨어지고, 3kg을 초과하면 재화불량으로 슬로핑현상을 유발할 우려가 있다.

또한, 본 발명에서는 취련말기(취련 80-85%시점)에 생석회, 경소백운석 및 소결광을 1-3kg를 1종류 이상 투입하는 일련의 취련작업을 통하여 안정적으로 극저린용강을 제조할 수 있는 것이다.

한편, 본 발명에서 사용하는 용선은 0.25중량% 이하의 규소 및 망간 함량과 0.07중량% 이하의 인함량을 갖는 탈린용선을 이용하여 정련조업함이 보다 바람직하다. 즉, 본 발명에서는 이 용선을 사용하여 보다 효과적인 극저린 용강을 제조할 수 있다.

상기한 바와같은 본 발명의 방법에 있어서, 종래의 취련패턴(비교예)를 기준으로 각 단계별로 랜스높이 및 송산량에 대해 바람직한 일예를 들어 설명하면 다음과 같다.

일반적으로 전로조업에 있어서, 취련방법은 도 2에 도시한 바와 같이, 랜스(2)의 높이를 낮추고, 송산량을 증가시키면, 즉 하드브로잉이 되면, 랜스로부터의 산소젯트류(3)에 의하여 용철(4)표면에 형성되는 캐비티(L,cavity, 파임깊이)가 커지면서 강교반이 되어 화점(火点)면적(송산가스와 용철면이 접촉하는 면적)이 좁아지며, 투입한 부원료는 조재성(造滓性)이 나빠진다. 이때, 노내 반응 측면에서는 탈탄은 빨라지지만 스피팅이 유발되어 랜스에 지금이 부착될 위험성이 있다. 또한, 랜스(2)에서 분사되는 산소가스의 힘이 전로(1)의 바닥까지 도달하여 내화물 용손이 심하게 된다. 반면에, 랜스(2)의 높이를 높이고, 송산량을 줄이면, 즉 소프트브로잉이 되면, 랜스로부터의 산소젯트류(7)에 의하여 용철표면에 형성되는 캐비티가 작아지면서 교반이 약해지고, 화점면적이 넓어져서 투입한 부원료의 조재성(造滓性)은 양호해지며, 슬래그(5)중의 철산화물은 증가되지만, 심하면 슬래그 그 부피가 증가되어 슬로핑을 유발할 가능성이 있다. 이때, 노내 반응 측면에서는 탈린은 철산화물의 증가로 촉진된다.

여기서, 노내의 용철에 가해지는 교반력의 척도는 랜스(2)의 산소가스에 의해 용철면에 생성되는 캐비티(L)와 정지상태의 용철면 높이(L_0)의 비인 L/L_0의 값을 이용한다.

일반적으로 L/L_0가 0.9이상이 되면 강교반으로 분류되며, 전로 바닥부의 내화물 용손이 심하게 된다. 또, L/L_0가 0.9이상이 되면 강교반으로 분류되며, 전로 바닥부의 내화물 용손이 심하게 된다. 또, L/L_0가 0.9이상이 되면 강교반으로 분류되며, 전로 바닥부의 내화물 용손이 심하게 된다. 또, L/L_0가 0.7이하가 되면 약교반으로 분류되며, 취련시간이 길어지고 용철중 철성분의 손실이 커져 슬래그량이 증가한다.

한편, 실조업에서의 전로는 캐비티(L)을 측정하기는 어렵다. 그래서 대부분은 전로모형의 수모델에서 얻어진 다음의 수학식을 이용, 추정하여 사용한다.

수학식 2

$$L=L\cdot\exp(-0.78\cdot h/L)$$

수학식 3

$$L=63\cdot\{-k\cdot Q/(n\cdot d)\}$$

여기서, h는 도 2에 나타낸 정지탕면에서 랜스선단부까지의 높이(랜스높이),k는 랜스노즐에 따른 상수로서 1.3이며, Q는 송산량, n은 랜스노즐의 공(孔)수를 나타내며, d는 랜스노즐의 직경을 나타낸다.

따라서 교반력의 척도가 되는 L/L_0는 상기 수학식(2)(3)으로 부터 구해지며 L/L_0는 랜스높이(h)와 송산량(Q)에 의해 지배됨을 알 수 있다.

통상, 전로 취련작업은 탈탄반응속도를 기준으로 3단계로 구분한다. 1단계(취련개시~취련시간 33%시점)취련은 용선중 규소가 가장 먼저 반응되고, 이어서 망간, 철, 인이 투입한 부원료와 반응하여 제거되면서 서시히 탈타속도가 증가되는 시기이고, 2단계(취련33-67%시점)는 탈탄왕성기로서 주반응이 탈탄이며, 이때 송산가스는 대부분이 탄소와 반응한다. 또 3단계(취련 67%~완료)는 탈탄반응속도가 감속하는 시기로서, 시간 경과와 더불어 슬래그중 산화철과 산화

망간이 상승한다.

본 발명의 방법인 탈린 용선을 사용할 때 효과적인 취련작업을 하기 위한 주된 특징을 일예를 들어, 비교예인 종래방법과 비교하여 요약하면,

취련 5분까지는 취련개시와 더불어 착화 및 슬래그 혼합성에 중점을 두고 설계하였고, 5-50%까지는 탈린용선을 사용한다는 것을 충분히 염두해 두고, 송산량과 랜스높이를 적정히 제어하여 투입한 생석회, 경소백운석 및 소결광이 효과적으로 하여 탈린반응을 효율적으로 유도되도록 하기 위해 L/L_0를 소프트브로잉의 기준인 0.7부근으로 0.703~0.715로 하였다. 취련 50-65%까지는 랜스높이를 낮추고, 송산량을 올려서 L/L_0를 0.793으로 제어되도록 하여, 투입한 생석회 또는 경소백은석의 효과적인 재화와 균일한 슬래그의 확보와 동시에 용철의 망간 및 인이 효과적으로 제거되도록 하였다. 취련 65-75%까지는 취련 5-50%까지와 유사한 소프트브로링으로 유도하여 탈탄을 억제되면서 용철중 인이 슬래그층으로 자연스럽게 이동되도록 설계하였다.

끝으로, 취련 75%이후에는 취련종점에서의 슬래그중 산화철(FeO) 함량을 23-29중량%를 안정적으로 확보하고, 극저린강의 안정적 제조를 위해 랜스높이를 50mm 낮추어 L/L_0를 0.716으로 유지하여, 재현성있는 종점 인함량을 얻을 수 있도록 하였다.

이렇게 함으로써, 취련중 슬래그층의 효과적인 교반이 가능해지고, 이로 인해 재화가 촉진되어 종래 취련방법보다 탈린 효과를 대폭 개선시켰다.

본 발명은 일예로서 취련작업을 7단계로 세분화하여 전로 취련중 안정적 극저린용강이 제조되도록 하면서도 앞서 언급했던 제문제점을 효과적으로 개선할 수 있는 것이다.

이를 효율적으로 달성하기 위해서 탈린 용선임을 감안하여, 각 단계별로 랜스높이 및 송산량을 상기와 같은 범위로 설정하였다. 그 설정범위에 대하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

먼저, 취련 5% 시점까지 L/L_0가 0.812미만이 되면 송산개시와 더불어 기본적으로 착화가 이루어져야 하므로 적정의 용철의 교반이 필요한데 그 절대 모우멘텀이 부족하여 미착화가 간헐적으로 발생되는 문제점이 있다. L/L_0가 0.812를 초과하면 스피팅이 발생하여 랜스지금부착이 간헐적으로 일어나는 문제점이 있다.

취련 5-50%시점까지 L/L_0가 0.703미만이 되면, 탈 용철에 충돌하는 송산젯트의 힘이 슬래그에 집중되어 용철의 교반기능이 급격히 떨어지면서 슬래그에 의한 노벽 내화물 용선이 우려되며, 반면에 L/L_0가 0.715를 초과하면, 용선중 규소 함량이 낮아 발생되는 산화규소량이 적어서 부원료의 재화도가 미흡하여 탈린 거동이 비교예에 비해 크게 개선되지 않을 뿐 아니라 부원료를 효율적으로 재화시키는데 교반력이 강하여 스피팅의 문제가 야기된다.

취련 50-65%까지 L/L_0가 0.793 미만이 되면 탈망간 반응의 부족으로 탈린반응의 효율적 거동이 어렵고, 0.793을 초과하면 슬래그가 적기 때문에 상대적으로 용철의 교반이 너무 강해져서 스피팅이 발생하며, 이로 인해 랜스에 지금이 부착될 우려가 있다. 이것은 취련 작업중 관찰, 슬래그 채취 및 분석에 의하여 확인하였다.

취련 65-75%시점에서 L/L_0가 0.703으로 결정한 것은 취련 5-50% 시점과 동일한 이유 때문이며, 취련 75%이후에 L/L_0를 0.716으로 정한 것은, 0.716미만이 되면 탈탄왕성기 시점에서 재화는 양호하나 노벽 내화물의 지나치게 용선되는 문제점이 있고, 0.716을 초과하면 극저린강을 제조하는데 재현성 있는 인함량을 확보하는데 문제점이 있다.

이같은 본발명의 방법을 적용하게 되면 취련초기에는 슬래그 재화가 촉진됨과 동시에 고염기도의 저융점 슬래그 생성이 용이해져 탈린, 탈망간이 촉진된다. 취련중기에는 탈탄이 왕성한 시기로서 일산화탄소가 다량 발생되는데, 이때 취련초기에 만들어 놓은 슬래그중 철산화물이 일산화탄소에 의한 환원반응을 억제시켜 복린을 방지하고, 복망간이 억제되며, 분할 투입된 생석회의 재화를 지속적으로 유도하여 염기도 상승과 더불어 복린이 방지된다. 취련말기에는 탈탄왕성기가 거의 끝나서 서서히 탈탄속도가 줄면서 용철중 철분과 망간이 산화되면서 슬래그중에 적정 산화철(FeO)과 산화

망간(MnO)가 생성되므로 슬래그 및 용철중 적정 산소 포텐샬이 확보되어 탈린, 탈망간이 진행되는데, 이때에도 탈망간을 촉진시키고, 슬래그중 인산화물이 보다 안정하게 되기 때문에 용철중 인은 더욱 안정적인 거동을 하게 된다.

상기의 본발명의 전로 취련시 랜스높이 랜스높이 및 송산량 조정방법(취련방법)에 대한 취련시간별 L/L_0 비의 계산값을 열거하면, 0.812→0.714→0.703→0.715→0.793→0.703→0.716의 7단계로 변화시켜 취련 전과정에서 슬래그의 효과적 제어를 통하여 스피팅 등의 문제점이 없도록 하였다.

이같은 7단계를 보다 구체적으로 랜스높이 및 송산량에 적용하면, 상기 부원료투입방법에 의한 전로의 정련방법에 있어서, 전로 취련 5%까지 송산량과 랜스높이를 일정하게 유지하여 슬래그와 용철을 적정히 교반시켜 착화를 유도하는 제 1단계와; 전로 취련 5-18%까지 제 1단계보다 랜스높이는 높이고 송산량은 줄여서 제 1단계보다 보다 약한 교반력을 유도하는 제 2단계와; 전로 취련 18-38%까지 제 2단계보다 랜드높이는 줄이고, 송산량은 낮추어 제 2단계보다 더욱 약한 교반력을 유도하는 제 3단계와; 전로 취련 38-50%까지 제 3단계의 송산량을 그대로 유지한 상태에서 제 3단계보다 랜드높이를 낮추어 제 3단계보다 약한 교반력을 유도하는 제 4단계와; 전로 취련 50-65%까지 제 4단계보다 송산량은 증가시키고, 랜스높이는 낮추어 제 4단계보다 강한 교반력을 유도하는 제 5단계와; 전로 취련 65-75%까지 제 5단계보다 송산량은 줄이고, 랜스높이를 올려서 제 5단계보다 약한 교반력을 유도하는 제 6단계와;전로취련 75%부터 취련종료까지는 제 6단계의 송산량을 그대로 유지한 상태에서 제 6단계보다 랜스높이를 낮추어 제 6단계보다 강한 교반력을 유도하는 제 7단계로 구성되는 방법을 들 수 있다.

상기 7단계의 취련방법은 본 발명에 있어 바람직한 일예이며, 여기에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은 이같은 사상을 적용하여 여러단계로 변형시킬 수 있다.

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.

실시예 1

전회조업한 총슬래그중 25-35%를 남긴 전장입량(고철과 탈린용선을 합한 무게) 100톤 전로에 경소백운석 8-15kg을 투입하여 노체를 3-4회 반복경동시켜 노벽에 슬래그를 코팅한후, 생석회 8-15kg을 노내 투입하고 이어서 주원료로 고철을 전장입량의 10중량%이하를, 그리고 하기 표 1과 같은 성분을 함유하는 용선을 90중량%이상을 전로내에 장입하였다.

[표 1]

(단위:중량%)				
규소	망간	인	유황	티탄
≤0.25	0.10-0.25	0.03-0.07	0.003-0.010	0.020-0.050

고철 장입후에는 노체를 2회 경동한후 랜스를 하강시키면서 취련이 개시된다.

취련작업은 송산이 개시되면 순산소는 용선과 반응하여 착화되고, 부원료를 투입하게 되는데, 본발명과 비교예의 부원료 투입방법의 차이점을 도식적으로 설명하면, 도 3과 같다. 구체적으로 살펴보면, 먼저 종래방법인 비교예의 경우에는 착화직후에 생석회와 형성을 일괄투입하고, 취련시간 30-70%(취련중기)에 소결광을 열원이 허용하는 범위내에서 연동투입한다. 취련시간 30-70%(취련중기)에 소결광을 열원이 허용하는 범위내에서 연동투입한다. 반면에 발명예는, 착화직후 전장입량 1톤에 대하여 생석회 및 소결광은 3-10kg을, 형석은 2kg을 일괄투입하며, 취련중기에는 생석회 또는 경소백운석을 1-3kg씩 도 3과 같이 분할 투입하고, 형석을 1kg추가 투입하였고, 소결광은 열원이 허용하는 범위내에서 연동투입하였다. 취련 80%시점에는 생석회, 경소백운석 및 소결광을 1종류 이상 1-3kg을 투입하였다.

취련시간 85-90%시점에는 서브랜스(3)를 이용, 용강중 탄소함량 예측 및 온도를 측정하고, 온도가 높을때에는 냉각재를 적정량 투입하고, 낮을 때는 송산량을 늘여 온도를 조정한후 취련작업이 완료된다.

그리고, 이때 취련작업시 부원료 투입방법과 동시에 중요한 것은 취련패턴인데, 이것은 용선조건에 따른 부원료 투입방법과 더불어 조화를 이루어 작업해야 되는 매우 중요한 것이다. 취련패턴에 대한 구체적 방법은 도 3에 부원료 투입방법과 더불어 모식적으로 나타내었으며, 사용한 각종 부원료에 대한 성분 분석치는 하기표 2에 정리하였다.

[표 2]

(단위:중량%)					
구분	산화칼슘	산화 마그네슘	철분	산화망간	산화규소
생석회	92.50	2.20	0.39	-	0.92
경소백운석	56.16	28.80	0.60	-	1.40
형석	-	-	-	-	13.54
소결광	8.42	1.24	48.294	0.42	4.54
구분	산화알미늄	산화티탄	불화칼슘	탄소	유황
생석회	0.30	-	-	-	-
경소백운석	0.51	-	-	-	-
형석	-	-	83.86	-	-
소결광	1.56	0.17	-	2.60	0.034

하기표 3은 도 3에 나타낸 부원료 투입조건하의 비교예 1과 발명예1의 취련패턴으로 각각 구분하여 10회씩 실시하고, 취련 85-90% 시점과 종점에서 용강을 채취하여 분석한 결과를 정리한 것이다.

[표 3]

구분	번호	용강성분(중량%)					
		취련85-90%			취룐종료(종점)		
		탄소	망간	인	탄소	망간	인
비교예 1	1	0.56	0.13	0.022	0.25	0.08	0.020
	2	0.42	0.15	0.028	0.16	0.07	0.019
	3	0.45	0.15	0.026	0.32	0.10	0.023
	4	0.68	0.16	0.030	0.39	0.12	0.028
	5	0.35	0.13	0.022	0.05	0.06	0.013
	6	0.28	0.09	0.020	0.02	0.04	0.011
	7	0.63	0.19	0.032	0.38	0.11	0.023
	8	0.36	0.10	0.019	0.12	0.09	0.016
	9	0.41	0.12	0.021	0.20	0.10	0.018
	10	0.52	0.14	0.035	0.04	0.08	0.013
발명예 1	1	0.39	0.09	0.009	0.02	0.02	0.004
	2	0.45	0.11	0.012	0.25	0.06	0.008
	3	0.43	0.10	0.012	0.23	0.06	0.007
	4	0.78	0.12	0.013	0.55	0.09	0.009
	5	0.85	0.12	0.012	0.60	0.10	0.010
	6	0.66	0.12	0.011	0.35	0.08	0.008
	7	0.71	0.12	0.012	0.43	0.09	0.009
	8	0.62	0.13	0.013	0.26	0.07	0.008
	9	0.55	0.11	0.010	0.19	0.06	0.007
	10	0.48	0.10	0.009	0.04	0.03	0.005

상기표 3에서 알 수 있는 바와같이, 비교예 1은 종래방법으로 취련 85-90%시점에서 탄소는 0.28-0.68중량%, 망간은 0.09-0.15중량%, 인은 0.019-0.035중량%로 나타났고, 종점에서는 탄소가 0.02-0.39중량%, 망간이 0.04-0.12중량%, 인은 0.011~0.028중량%로 나타났다. 반면에 발명예 1은 취련 85-90%시점에서 탄소는 0.39-0.85중량%이고, 망간은 0.09-0.13중량%, 인은 0.009-0.013중량%로 나타났고, 종점에서는 탄소가 0.02-0.60중량%, 망간이 0.03-0.10중량%, 인은 0.004-0.010중량%로 나타났다.

상기의 사실로부터, 비교예 1과 발명예 1의 결과를 요약해보면,

취련 85-90% 시점에서 탄소농도는 비교예1이 0.28-0.68중량%, 발명예1 0.39-0.85중량%로 유사한 범위임에도 불구하고, 망간은 비교예 1가 0.09-0.15중량%로 발명예1의 0.09-0.13중량%에 비해 0~0.02중량%가 높게 나타나고, 인은 비교예 1이 0.019-0.035%중량%로 발명예의 0.009-0.013중량%에 비해 0.010-0.022중량%가 높게 나타났다. 또한 종점에 있어서도 탄소농도는 비교예1이 0.02-0.39중량%에 비해 발명예 1은 0.02-0.060중량%로 오히려 높은데도 불구하고, 망간은 비교예 1이 0.04~0.12중량%로 발명예 1의 0.03-0.10중량%에 비해 0.01-0.02중량%가 높게 나타나고, 인은 비교예1이 0.011-0.028중량%로 발명예 1의 0.004-0.010중량%에 비해 0.007-0.18중량%가 높게 나타났다.

하기표 4는 실시예의 취련종점에서의 슬래그의 평균조성을 정리한 것이다.

[표 4]

(단위:중량%)							
	산화칼슘	산화 마그네슘	산화규소	산화철	산화망간	인산화물	산화티탄
비교예 1	48.23	7.28	9.75	28.30	3.15	1.95	1.34
발명예 1	50.45	8.56	8.20	25.29	3.76	2.51	1.23

상기표 4로부터 발명예의 경우가 비교예에 비해 슬래그의 염기도, 산화마그네슘, 산화망간 및 인산화물은 높았다. 이는 상기표 3의 용강성분과 비교하면 그 상관관계가 잘 일치하고 있음을 입증하고, 또한 이는 부원료 투입방법 및 취련패턴을 적정화시켜 줌으로써 취련중 슬래그 재화율이 높고, 종점 망간 및 인함량이 낮게 유도되었음을 입증해 주고 있다. 반면에 산화철은 발명예의 경우가 비교예에 비해 낮게 나타났다.

그리고 본 실시예에서 취련작업중 취련시간에 따른 용철시료채취는 서브랜스를 이용하였으며, 분석한 결과에 대한 비교예1와 발명예1의 취련시간에따른 전형적인 슬래그의 염기도(a) 및 산화철 함량(b)과 용철중 인(c)의 거동을 도4에 도시하였다.

도 4로부터 알 수 있는 바와 같이 취련 전과정에서의 발명예 1이 슬래그의 염기도와 산화철 함량이 높게 유지되고, 용철중 인함량이 낮게 안정적으로 유지됨을 확인할수 있었다.

실시예 2

본 실시예는 전로조업의 실시방법은 상기 실시예 1과 동일하다. 단 차이점은 사용 탈린용선의 성분이 다르다. 하기표 5에 본 실시예에서 사용한 탈린용선의 조성을 나타내었다.

[표 5]

(단위:중량%)				
규소	망간	인	유황	티탄
≤0.20	≤0.20	≤0.03	≤0.010	≤0.045

상기표 5에 나타낸 바와 같이 용선중 함유된 규소 및 망간이 0.2중량%이하로 매련작업시 부원료를 투입하면 슬래그 조제가 매우 어렵고, 송산젯트에 의해 용철의 스피팅으로 인한 랜스 지금부착이 특히 심하며, 취련초기의 탈린 거동이 매우 불안정한 결점이 있다. 따라서 본 발명은 이러한 문제점을 해소하고, 취련중 안정적인 거동을 유도하는데 주안점을 두었다.

하기표 6은 도 3에 나타낸 부원료 투입조건하의 비교예 2과 발명예 2의 취련패턴으로 각각 구분히여 10회씩 실시하고, 취련 85-90% 시점과 종점에서 용강을 채취하여 분석한 결과를 정리한 것이다.

[표 6]

구분	번호	용강성분(중량%)					
		취련85-90%			취련종료(종점)		
		탄소	망간	인	탄소	망간	인
비교예2	1	0.45	0.10	0.20	0.18	0.08	0.013
	2	0.63	0.13	0.25	0.53	0.10	0.017
	3	0.44	0.11	0.019	0.29	0.08	0.015
	4	0.36	0.09	0.016	0.25	0.08	0.014
	5	0.74	0.13	0.023	0.60	0.10	0.018
	6	0.65	0.12	0.022	0.45	0.08	0.015
	7	0.52	0.11	0.021	0.40	0.09	0.015
	8	0.29	0.08	0.015	0.35	0.08	0.016
	9	0.33	0.09	0.017	0.22	0.06	0.015
	10	0.25	0.08	0.015	0.15	0.05	0.013
발명예2	1	0.19	0.05	0.003	0.02	0.02	0.001
	2	0.37	0.06	0.004	0.25	0.03	0.003
	3	0.49	0.09	0.005	0.36	0.04	0.003
	4	0.66	0.08	0.006	0.55	0.04	0.004
	5	0.78	0.09	0.007	0.62	0.05	0.004
	6	0.55	0.08	0.005	0.40	0.04	0.003
	7	0.46	0.07	0.005	0.16	0.03	0.002
	8	0.45	0.07	0.004	0.20	0.03	0.002
	9	0.25	0.05	0.002	0.05	0.02	0.001
	10	0.35	0.06	0.003	0.09	0.02	0.001

상기표 6에서 알 수 있는 바와같이, 비교예 2는 종래방법으로 취련 85-90%시점에서 탄소는 0.25-0.74중량%, 망간은 0.08-0.13중량%, 인은 0.015-0.025중량%로 나타났고, 종점에서는 탄소가 0.15-0.60중량%, 망간이 0.05-0.10중량%, 인은 0.013-0.018중량%로 나타났다. 반면에, 발명예 2는 취련 85-90%시점에서 탄소는 0.19-0.78중량%이고, 망간은 0.05-0.09중량, 인은 0.003-0.007중량%로 나타났고, 종점에서는 탄소가 0.02-0.62중량%, 망간이 0.02-0.05중량%, 인은 0.001-0.004중량%로 나타났다.

상기의 사실로부터, 비교예 2과 발명예 2의 결과를 요약해보면, 취련 85-90%시점에서 탄소농도는 비교예 2가 0.25-0.74중량%, 발명예 2는 0.39-0.85중량%로 유사한 범위임에도 불구하고, 망간은 비교예 2가 0.08-0.13중량%로 발명예2의 0.05-0.09중량%에 비해 0.03-0.04중량%가 높게 나타나고, 인은 비교예 2가 0.015-0.025중량%로 발명예 2의 0.003-0.007중량%에 비해 0.012-0.018중량%가 높게 나타났다. 또한 종점에 있어서도 탄소농도는 비교예 2가 0.15-0.60중량%, 발명예 2는 0.02-0.05중량%에 비해 0.03-0.05중량%가 높게 나타나고, 인은 비교예 2가 0.013-0.018중량%로 발명예 2의 0.001-0.004중량%에 비해 0.012-0.014중량%가 높게 나타났다.

하기표 7은 본 실시예의 취련종점에서의 슬래그의 평균조성을 정리한 것이다.

[표 7]

(단위:중량%)							
	산화칼슘	산화마그네슘	산화규소	산화철	산화망간	인산화물	산화티탄
비교예2	45.94	7.16	10.94	31.14	2.12	1.78	0.89
발명예2	49.45	8.04	10.09	2.50	2.35	2.35	0.80

상기표 7로부터 알 수 있는 바와같이, 발명예의 경우가 비교예에 비해 슬래그의 염기도, 산화마그네슘, 산화망간 및 인산화물은 높았다. 이는 상기표 6의 용강성분과 비교하면 그 상관관계가 잘 일치하고 있음을 입증하고, 또한 이는 부원료 투입방법 및 취련패턴을 적정화시켜 줌으로서 취련중 슬래그 재화율이 높고, 종점 망간 및 인함량이 낮게 유도되었음을 입증해주고 있다. 반면에 종점에서의 산화철은 발명예의 경우가 비교예에 비해 낮게 나타났다.

그리고 도 5는 비교예 2와 발명예2의 취련시간에 따른 전형적인 슬래그의 염기도(a) 및 산화철 함량(b)과 용철중 인(c)의 거동을 도시한 것이다.

도 5로부터 알수 있는 바와 같이 취련 전과정에서의 발명예 2가 슬래그의 염기도와 산화철 하량이 높게 유지되고, 용철중 인함량이 낮게 안정적으로 유지됨을 확인할수 있었다. 이 결과는 실시예 1과 동일한 경향이지만, 실시예 1에 비해 슬래그의 염기도 및 산화철 함량은 더욱 높게 유지되었다. 이는 용선중 인함량이 실시예 1의 0.05-0.6중량%에 비해 실시예2는 0.02-0.03중량%로 낮고, 규소 및 망간 함량도 낮아서 용선으로부터 생성되는 슬래그량은 적고 취련패턴에 소프트블로잉화로 인해 염기도는 더욱 높게되며, 산화철은 더욱 용이하게 생성되기 때문이다. 이로 인해 취련중 부원료의 재화는 더욱 가속화되어 용철중 인의 거동은 더욱 안정화됨에 따라 극저린강을 제조하는데는 매우 용이한 조건을 제공해줌을 입증해주고 있다.

상기표 3 및 상기표 6의 본 실시예 결과와 도 4 및 도 5의 경시변화의 결과로부터 확실히 입증되는 것은 어떠한 탈린용선을 이용하더라고 발명예의 경우가 비교예에 비해 취련중 인의 거동을 안정적으로 유도시킨다는 사실이다. 이는 곧 종래의 부원료 투입방법 및 취련패턴에 비해 발명예의 경우가 재현성있고, 인함량도 극저린화되어 있음을 입증하고 있다.

도 6은 본 실시예에서 얻어진 비교예와 발명예의 취련 종점에서의 용강중 탄소함량과 인함량의 상관관계를 도시한 것으로, 어떠한 경우이던 탄소함량이 증가할수록 인함량은 다소 상승하는 경향을 보이지만, 동일한 탄소함량에서는 발명예가 비교예에 비해 인함량이 매우 낮게 안정되어 있음을 확인할 수 있다.

이것은 취련 전과정에 있어서 부원료 투입방법을 적정화함에 따라 슬래그 재화도가 높고, 슬래그중 인산화물과 산화망간이 화학적으로 안정하게 존재함에 따라 얻어진 결과를 반영하고 있으며, 또한 취련패턴의 적정화로 인해 산소포텐샬의 안정적 유지와 더불어 고염기도의 저융점 슬래그를 확보해 줌으로서 슬래그중 인산화물과 산화망간을 안정적으로 고정시킨 효과 때문에 발명예가 비교예에 비해 동일한 종점 탄소함량에서도 인함량을 낮출수 있는 조건과 재현성 있는 결과를 제공하고 있음을 입증하고 있다.

한편, 도 7 및 도 8은 종래의 방법인 비교예 1,2와 본 발명의 발명예 1,2의 방법을 5개월간 각각 700회, 500회 적용할 결과로부터 인성분 격외율 및 랜스지금부착율을 비교 도시한 것이다. 여기서, 인성분격외율이 비교예 1,2의 경우가 0.4 및 0.3% 발생한 반면에 발명예 1,2의 경우는 전혀 발생하지 않았다. 또한 랜스지금부착율도, 비교예 1,2는 30%, 42%로 다량 발생한 반면에, 발명예 1,2는 5.5%, 10.0%로 대폭 감소됨을 입증하였다.

발명의 효과

상술한 바와같이 본 발명은 부원료 및 소결광 투입방법과 적정 취련패턴을 도출함으로써 용철 및 슬래그의 적정 산소포텐샬과 생석회, 경소백운석의 슬래그화율을 높게 유지할수 있고, 취련중 용철중 인을 종래방법에 비해 매우 낮게 제어

할 수 있어 슬래그중 산화칼슘의 활동도 및 산화철의 농도를 높게 제어해 주는 역할을 한 결과, 취련종점에서 탄소함량에 무관하게 인의 함량이 0.015중량% 이하의 극저린강을 안정적으로 제조할수 있을 뿐만 아니라 전로 정련시 부원료 투입량 절감, 인성분 격외율, 랜스 지금 부착율을 대폭 감소시키는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

전회조업한 총슬래그중 25-35%를 남긴 전장입량(고철과 탈린용선을 합한 무게) 1톤에 대하여 경소백운석 8-15kg을 투입하여 노체를 3-4회 반복경동시켜 노벽에 슬래그를 코팅한후, 생석회 8-15kg을 노내 투입한 다음, 고철 및 탈린용선을 장입한 후, 순산소를 송산하여 취련시킴과 동시에 착화되면 생석회 및 소결광을 3-10kg를 각각 일괄투입하고, 취련 30-70%에는 전장입량 1톤에 대하여 생석회 및 경소백운석을 각각 1-3kg씩 분할투입하고, 소결광은 열원이 허용하는 범위내의 양을 연동투입하며, 취련 80-85%시점에는 생석회, 경소백운석 및 소결광 중에서 선택된 1종 이상을 각각 1-3kg/톤 투입하는 것을 특징으로 하는 탈린용선을 이용한 극저린강의 전로 정련방법

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 탈린용선은 용선중 규소 및 망간함량이 각각 0.25중량%이하이고, 인함량은 0.07중량%이하의 것을 특징으로 하는 탈린용선을 이용한 극저린강의 전로 정련방법

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 취련은 전로 취련 5%까지 송산량과 랜스높이를 일정하게 유지하여 슬래그와 용철을 적정히 교반시켜 착화를 유도하는 제 1단계와;

전로 취련 5-18%까지 제 1단계보다 랜스높이는 높이고 송산량은 줄여서 제 1단계보다 보다 약한 교반력을 유도하는 제 2단계와;

전로 취련 18-38%까지 제 2단계보다 랜스높이는 줄이고, 송산량은 낮추어 제 3단계보다 약한 교반력을 유도하는 제 4단계와;

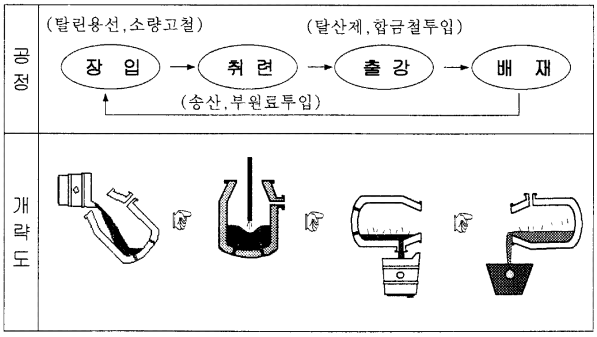
전로 취련 50-65%까지 제 4단계보다 송산량은 증가시키고, 랜스높이는 낮추어 제 4단계보다 강한 교반력을 유도하는 제 5단계와;

전로 취련 65-75%까지 제 5단계보다 송산량은 줄이고, 랜스높이를 올려서 제 5단계보다 약한 교반력을 유도하는 제 6단계와;

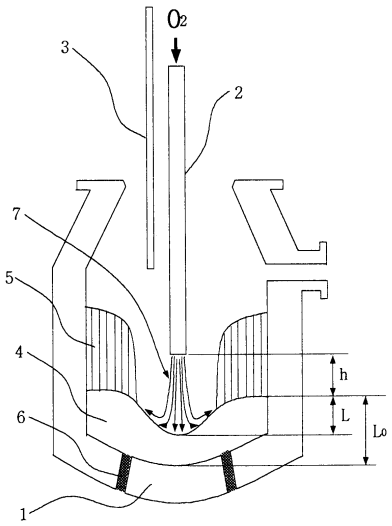
전로 취련 75%부터 취련종료까지는 제 6단계의 송산량을 그대로 유지한 상태에서 제 6단계보다 랜스높이를 낮추어 제 6단계보다 강한 교반력을 유도하는 제 7단계로 구성되는 것을 특징으로 하는 탈린 용선을 이용한 극저린강의 전로 정련방법

도면

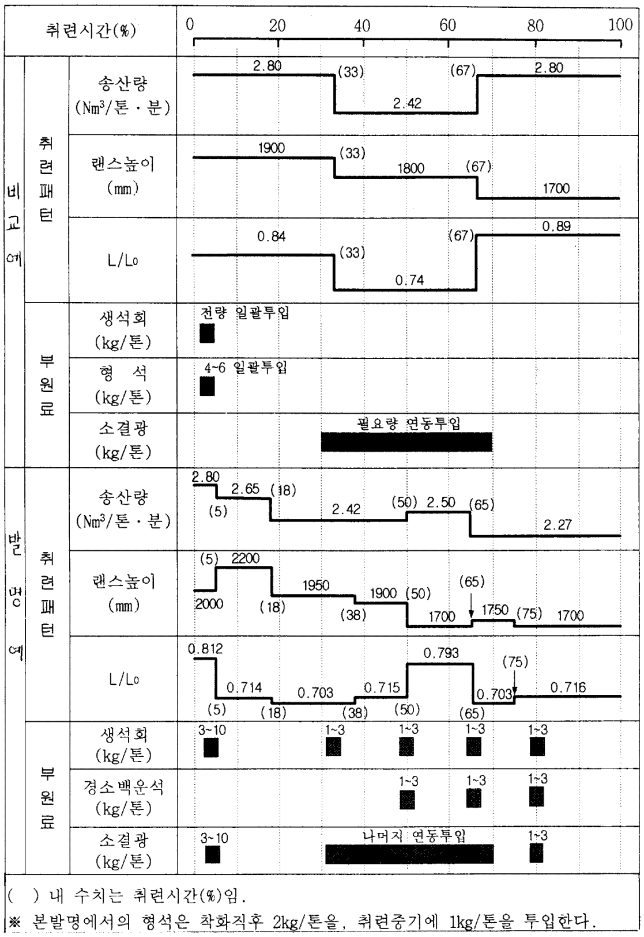
도면 1



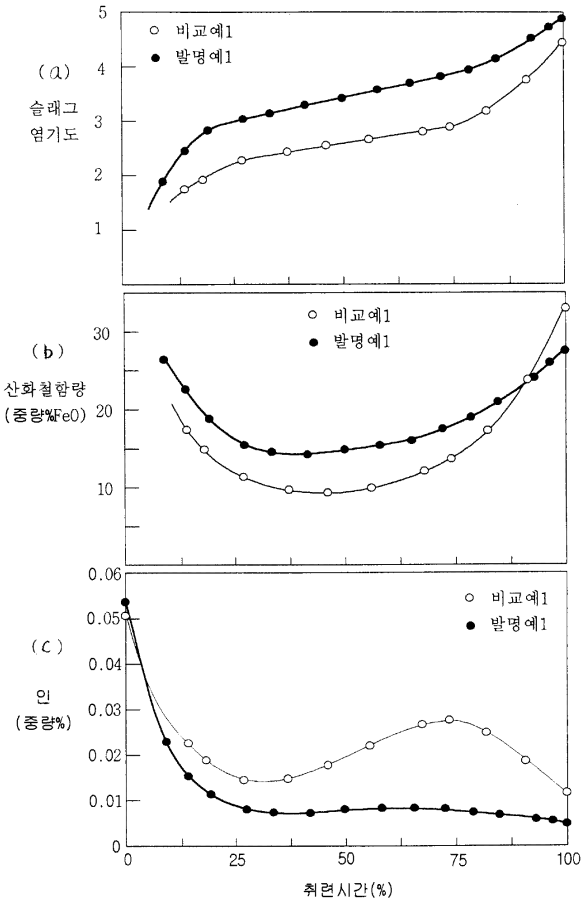
도면 2



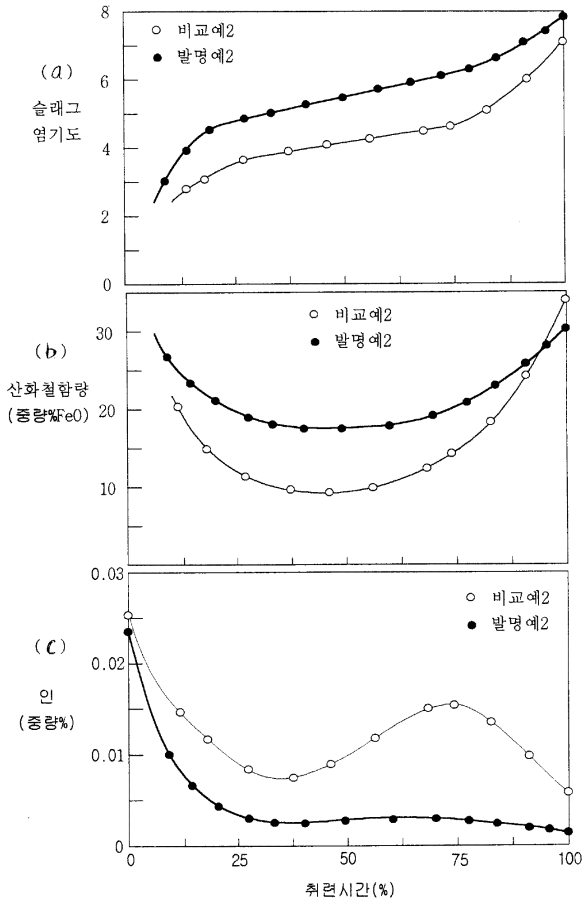
도면 3


취련시간(%)
0
20
40
60
80
100
비교예
취련패턴
송산량 (Nm³/톤·분)
2.80
(33)
2.42
(67)
2.80
랜스높이 (mm)
1900
(33)
1800
(67)
1700
L/Lo
0.84
(33)
0.74
(67)
0.89
부원료
생석회 (kg/톤)
전량 일괄투입
형 석 (kg/톤)
4~6 일괄투입
소결광 (kg/톤)
필요량 연동투입
발명예
취련패턴
송산량 (Nm³/톤·분)
2.80
2.65
(18)
(5)
2.42
(50)
2.50
(65)
2.27
랜스높이 (mm)
(5)
2200
2000
(18)
1950
(38)
1900
(50)
1700
(65)
1750
(75)
1700
L/Lo
0.812
0.714
(5)
(18)
0.703
(38)
0.715
(50)
0.793
(65)
(75)
0.703
0.716
부원료
생석회 (kg/톤)
3~10
1~3
1~3
1~3
1~3
경소백운석 (kg/톤)
1~3
1~3
1~3
소결광 (kg/톤)
3~10
나머지 연동투입
1~3
( ) 내 수치는 취련시간(%)임.
※ 본발명에서의 형석은 착화직후 2kg/톤을, 취련중기에 1kg/톤을 투입한다.

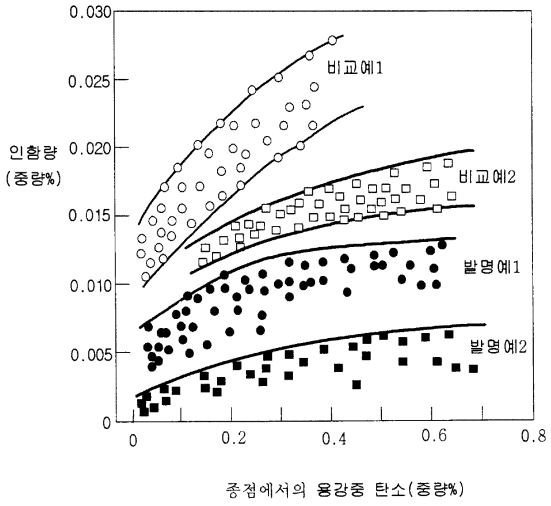
도면 4


(a)
슬래그
염기도
비교예1
발명예1
(b)
산화철함량
(중량%FeO)
비교예1
발명예1
(c)
인
(중량%)
비교예1
발명예1
취련시간(%)

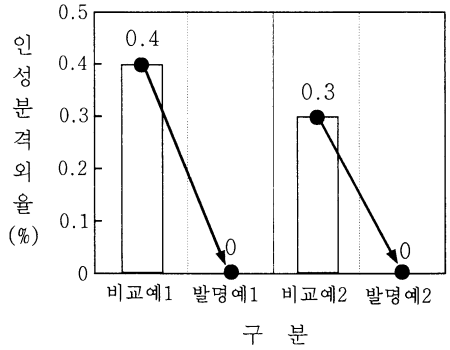
도면 5


(a)
슬래그
염기도
8
6
4
2
0
비교예2
발명예2
(b)
산화철함량
(중량%FeO)
30
20
10
비교예2
발명예2
(c)
인
(중량%)
0.03
0.02
0.01
0
비교예2
발명예2
0
25
50
75
100
취련시간(%)

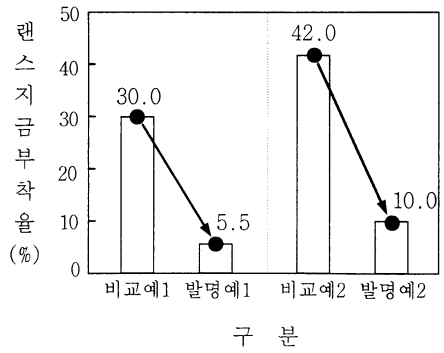
도면 6


0.030
0.025
0.020
0.015
0.010
0.005
0
인함량
(중량%)
비교예1
비교예2
발명예1
발명예2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
종점에서의 용강중 탄소(중량%)

도면 7


0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
인성분격외율(%)
0.4
0
0.3
0
비교예1
발명예1
비교예2
발명예2
구 분

도면 8


50
40
30
20
10
0
랜스지금부착율(%)
30.0
5.5
42.0
10.0
비교예1
발명예1
비교예2
발명예2
구 분