

중량레루강 연속조괴용중간남비노즐의 제조

박창훈, 장광남

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학연구부문에서는 과학기술로 경제발전의 길을 열고 과학기술로 경제를 이끌어 나가야 한다는 관점과 입장을 가지고 우리 경제의 자립성과 주체성을 강화하며 인민생활을 향상시키기 위한 과학기술적방안과 실행대책을 명확히 세우고 집행해나가야 합니다.》

(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 40페이지)

강철생산의 기본공정인 연속조괴공정에서 중간남비와 중간남비노즐은 연속조괴의 첫 단계에서 용해된 쇳물을 일정한 량으로 결정기에 연속적으로 주입하는 매우 중요한 요소이다. 만일 쇳물을 결정기에 주입하는 과정에 노즐이 막히거나 터지면 생산은 중단되게 된다.

중량레루강 연속조괴기가 두줄기연속조괴기인 조건에서 연속조괴는 노즐의 안정성에 크게 관계된다. 따라서 쇳물과 비금속개재물의 부착에 의한 노즐막힘과 열충격에 의한 노즐터짐을 막자면 내열성이 높은 난부착성내화재료로 만든 노즐이 요구된다.

이러한 노즐재료로 이산화지르코니움이 주목되고있다. 이산화지르코니움은 약산성내화재료로서 2 000℃에서도 규산염이나 용융금속과 작용하지 않으며 용융온도와 열기계적세기가 높은 난부착성산화물계 특수내화물재료이다.

우리는 이산화지르코니움의 우수한 특성을 리용하여 중량레루강 연속조괴용중간남비노즐을 이산화지르코니움에 기초한 끼움식구조로 설계하고 이산화지르코니움끼움노즐의 물리적특성을 연구하였다.

1. 노즐구조설계

이산화지르코니움끼움식 중량레루강 연속조괴용중간남비노즐은 크게 2개의 구성부분으로 이루어져있다. 즉 쇳물과 직접 접촉하는 노즐의 가동부분인 이산화지르코니움끼움노즐과 그것을 력학적으로 유지하고 열기계적으로 보호하는 알루미늄질노즐본체로 구성되어있다.

노즐의 이와 같은 2중구조는 노즐전체를 이산화지르코니움으로 만들 때보다 제품의 원가를 1/6정도로 줄이고 중량레루강 연속조괴를 중단없이 진행할수 있게 하는 합리적인 구조이다.

중량레루강 연속조괴용중간남비의 바닥구조설계자료와 노즐제작에 쓰이는 내화재료들의 물리적특성자료들에 기초하여 노즐의 구체적인 기하학적설계를 그림과 같이 하였다.

노즐설계에서 이산화지르코니움의 가로방향선줄음률을 3%로, 세로방향선줄음률을 4%로, 소결밀도를 5.0g/cm³로 하였다.

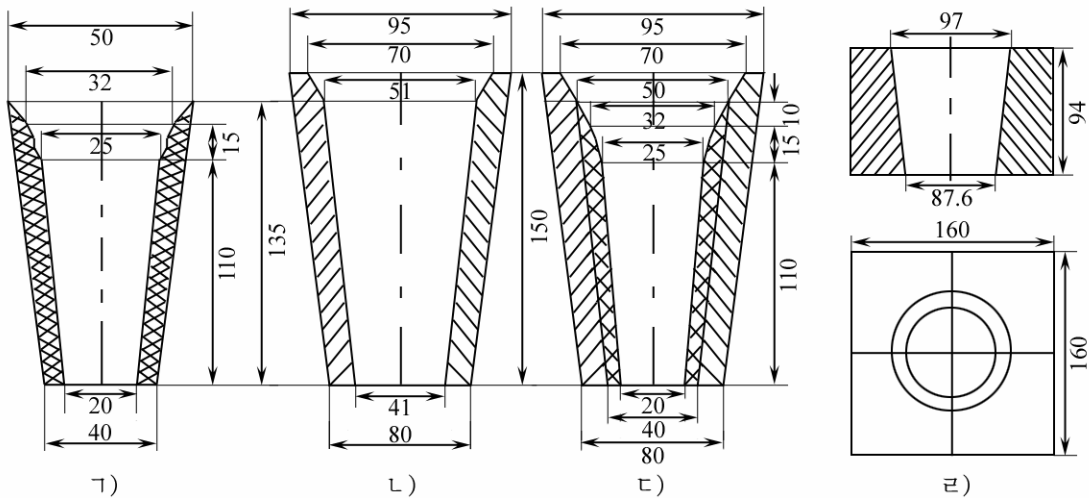


그림. 노즐의 구조

㉠) 이산화지르코늄끼움노즐, ㉡) 알루미나질노즐본체, ㉢) 이산화지르코늄끼움식노즐조립도, ㉣) 중간남비노즐등지벽돌

2. 중간남비노즐의 제조방법

1) 노즐의 화학적조성과 립도분포

노즐의 화학적조성 이산화지르코늄끼움노즐은 ZrO_2 , CaO , C 를 기본조성으로 하는 ZCG 질노즐이다. 여기서 ZrO_2 은 쇠물과 강속의 비금속산화물에 대한 내침식성이 매우 높다.

ZrO_2 함량이 70%이하이면 내침식성이 좋지 못하며 93%이상이면 열팽창률이 높아져 쇠물주입초기에 균열이 생기기 쉽다.

CaO 는 ZrO_2 의 안정화제로서 그 함량이 3%이하이면 안정화효과가 떨어지며 6%이상이면 열팽창률이 높아져 깨지기 쉽다.

C 는 내화물의 열전도도를 높이는것과 함께 열팽창률을 낮추어 내화물의 내열성과 내박리성을 개선시키는데 그 함량이 2%이하이면 개선효과가 적고 10%이상이면 그 일부가 산화되어 내화물속에 기공을 형성시켜 이산화지르코늄을 침식시킨다.

이러한 특성을 고려하여 이산화지르코늄끼움노즐의 화학적조성을 ZrO_2 92.5%, CaO 5%, C 2.5%로 하였다.

이산화지르코늄끼움노즐의 립도분포 이산화지르코늄끼움노즐의 립도를 선행연구결과 [1]에 기초하여 표 1과 같이 설정하였다.

알루미나질노즐본체의 립도분포 알루미나질노즐본체는 알루미늄함량이 60~70%인 가소점토나 샤모트 등을 리용하여 만들수 있다.

가소점토를 리용하는 경우 알루미나질노즐본체의 립도분포는 표 2와 같다. 여기서 생원료는 결합제이다.

표 1. 이산화지르코늄끼움노즐의 립도분포

립도/mm	1~0.5	0.5~0.088	<0.088	<0.088(생원료)
함량/%	30	20	40	10

표 2. 알루미나질노즐본체의 립도분포

립도/mm	2~0.5	<0.5	<0.5(생원료)
함량/%	25	25	50

2) 중간남비노즐의 제조방법

중간남비노즐제작공정은 크게 이산화지르코니움끼움노즐과 알루미나질노즐본체제작공정으로 되어있다.

이산화지르코니움끼움노즐의 제조방법 이산화지르코니움끼움노즐제조공정은 이산화지르코니움원료를 안정화시키는 공정과 노즐제조공정으로 구분된다.

안정화공정에서는 우선 산화칼슘을 5% 첨가한 이산화지르코니움원료를 불밀분쇄기나 진동분쇄기에서 0.088mm이하의 크기로 혼합분쇄하고 여기에 점결제로 밀도가 1.27g/cm³인 아류산팔프페액을 4~6% 섞고 일정한 형타에서 100MPa의 압력으로 성형하여 반제품소재를 만든다. 이것을 24h동안 자연건조시키고 150℃에서 1h정도 가열건조시킨 다음 1 600℃에서 1h정도 소결한다. 이때 립방형과 단사형이 80 : 20의 비율로 공존하는 부분안정화이산화지르코니움소결체가 얻어진다.

끼움노즐제조공정에서는 이 소결체를 분쇄하여 골재를 얻고 표 1에서와 같이 립도조성을 맞춘다. 여기에 립상흑연(고정탄소 97%) 2.5%와 단사이산화지르코니움 10%, 점결제로 액상페놀수지(고정탄소 45%) 5%를 넣어 혼합하여 노즐원료를 얻는다. 이것을 끼움노즐형타에서 150MPa의 압력으로 성형한 다음 24h동안 자연건조시키고 150℃에서 20h동안 가열건조시킨다. 다음 1 600℃에서 3~5h동안 소결하고 1 300~1 350℃에서 2h동안 시효한 후로안에서 팽각시켜 노즐소결체를 얻는다.

알루미나질노즐본체의 제조방법 가소점토를 분쇄하여 표 2에서와 같이 립도조성을 맞추고 여기에 아류산팔프페액을 6%정도 넣고 혼합하여 일정한 시간동안 숙성시킨다. 이것을 노즐본체형타에서 100MPa의 압력으로 성형하고 건조시켜 1 500℃에서 4h동안 소결한다.

끼움노즐을 고온내화성점착제인 립산알루미니움점결체로 알루미나질노즐본체에 결합시키고 400℃에서 1h정도 경화시킨다.

3. 이산화지르코니움끼움노즐시편의 물리적특성

이산화지르코니움끼움노즐제조방법에 따라 형타(Φ 50)에서 150MPa의 압력으로 성형하고 1 600℃에서 2h동안 소결하여 만든 높이가 20mm인 ZCG(ZrO₂-CaO-C)노즐시편의 물리적특성은 표 3과 같다. 여기서 내열성은 1 300℃에서 진행한 물팽각회수로 평가하였다.

노즐시편의 물리적특성

표 3. ZCG노즐시편의 물리적특성

값들은 고질합금강편속조피용노즐의 질적지표[2]들을 충분히 만족시킨다.

겉보기밀도/(g·cm ⁻³)	기공률/%	누름세기/MPa	내열성/회	선줄음률/%	
				가로	세로
4.95	14.5	98	4	3	4

맺 는 말

중량테루강 편속조피용중간남비노즐원료로 이산화지르코니움을 선정하고 이산화지르코니움끼움노즐을 알루미나질노즐본체에 결합시킨 2중구조의 중간남비노즐을 설계하였다. 끼움노즐과 알루미나질노즐본체의 조성과 립도분포, 제조조건을 밝히고 ZCG노즐시편의 물리적특성을 측정하여 중량테루강 편속조피용노즐의 질적지표를 만족시킨다는것을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 장광남 등; 위대한 령도자 김정일동지께서 김일성종합대학에 불멸의 령도자육을 옮기신 50돐 기념 전국과학토론회 논문집(물리 원자력), 김일성종합대학출판사, 217~218, 주체100(2011).
[2] S. Devic et al.; Ironmaking and Steelmaking, 30, 1, 57, 2003.

주체105(2016)년 10월 5일 원고접수

Manufacture of Tundish Nozzle for the Continuous Casting of the Heavy Rails Steel

Pak Chang Hun, Jang Kwang Nam

We selected ZrO_2 as the material of the tundish nozzle for the continuous casting of the heavy rails steel and designed the tundish nozzle of double structure in combination with the ZrO_2 inserted tundish nozzle and the alumina nozzle main body.

We established the constitution, the particle size distribution and the manufacturing conditions of tundish nozzle and the alumina nozzle main body, and measured the physical characteristics of the ZCG nozzle sample. As a result, we conformed that this nozzle can be effectively used in the production of the heavy rails steel.

Key words: continuous casting, heavy rails, tundish nozzle, ZrO_2