

환원성 분위기하의 열부하에 의한 철강재 균열특성

산업과학기술연구소 장인화
이창희
장태웅

1. 서언

일반적으로 철강재에 열부하가 국부적으로 가해지는 경우, 열부하를 받는 부위의 열팽창이 열부하를 받지않은 부위에 의해 구속되므로서 결과적으로 소성변형과 잔류응력이 발생하게 된다. 그림 1은 용접작업중의 온도와 응력 변화를 도식적으로 보여주는 그림으로서 국부가열에 의한 소성변형과 잔류응력의 발생을 잘 설명해 주고 있다.[1]

고로는 철광석으로부터 선철을 생산하는 설비로서, 그 내부에는 고온의 환원성가스가 흐르고 있다. 이러한 고온의 환원성가스는 적절한 내화물로서 외벽을 이루는 철판과 격리되어 있으나, 여러가지 요인에 의하여 가스가 철판에 직접 닿으면 철판에는 국부적인 열부하가 발생하여 용접시와 비슷한 현상이 나타난다. 본 연구에서는 고로철판의 국부가열에 의한 변형 및 균열 기구에 대하여 살펴보기로 한다.

2. 균열 및 변형기구

그림 2는 국부적열에 의해 손상된 고로철판이다. 외관적으로 국부적열에 의한 손상은 변형과 균열로 구분된다. 변형은 각종 하중에 의한 형상변형과 두께변화로 다시 구분된다. 고로의 경우 형상변형으로는 내압에 의한 부풀음변형이 발생하며, 두께변화로는 적열부위와 비적열부위의 온도차 및 내외면의 온도차에 기인하는 소성변형에 의해 주로 내표면의 두께가 증가한다. 이러한 내표면의 국부적인 두께증가는 용접에서와 같이 내표면에 인장잔류응력을 발생시키며, 앞서 언급한 형상변형에 의한 응력과 함께 내표면에 높은 응력상태를 구성하게 된다.

한편 그림 3은 적열발생부위의 조직으로서, 모재조직이 내표면에 가까워지면서 적열에 의한 열부하와 환원가스에 의한 침탄으로 심하게 변형되어 있다. 즉 가장 큰 열부하와 침탄작용을 받는 내표면에서는 조대화된 cementite(Fe_3C)가보이며 두께방향으로 진행하면서 cementite조직은 점차 감소하고 pearlite, pearlite+ferrite조직이 보이고 있다. 내표면의 경도는 최대 400(Hv)이상이며, 조대화된 cementite의 경우 미소경도시험결과

650(Hv)로 나타나 내표면이 매우 취화되어 있음을 알수있다.[2]

이러한 내표면의 취화역에서는 앞서 살펴본 높은 응력상태 하에서 균열이 발생하게되며, 이러한 균열은 개공부 등의 응력집중부에서 현저하다. 고로의 경우 주기적인 적열에 의해 균열선단에는 다시 침탄이 일어나기 때문에 일단 발생된 균열은 응력cycle에 의한 순수 피로균열보다 훨씬 빠른속도로 진행하게된다.(그림 4)

3. 손상저감대책

이상에서 살펴본 환원성 분위기하에서의 국부적열에 의한 변형 및 균열손상 기구를 정리해보면 그림 5와 같다. 이러한 변형 및 균열손상을 저감시키기 위해서는 손상요인을 제어하는 것이 가장 효과적이다. 국부적열에 의한 손상의 경우 온도상승에 따른 강도저하, 침탄증대, 그리고 소성변형 등이 손상요인이다. 적열부 외면에서의 공기 또는 물에 의한 냉각은 내외면 온도차 상승을 초래하여 소성변형을 증가시키기는 하나, 온도상승에 따른 강도저하 및 침탄증대를 감소시키므로써 손상을 저감하는 가장 효율적인 방법이다.

그림 6은 냉각에 의한 침탄깊이의 감소효과를 보여주는 도표로서, 내표면의 온도가 100 °C 감소하는데 따라 C wt %가 0.8 %이상으로 침탄되는 깊이가 대략 1/3로 감소함을 알수있다.

4. 결론

환원성 분위기하에서 국부적열이 일어나는 경우 온도 불균일에 의한 열탄소 성 변형과 환원성 분위기의 공동작용에 의해 일반적인 국부적열시 보다 균열이 매우 빨리 진전함을 알수있다. 한편 국부적열에 의한 변형은 적열부와 비적열부의 온도차이 및 적열부 내외면의 온도차이에 기인하는 소성변형이 원인으로서, 두께의 증가는 적열회수와 적열온도의 함수이다. 이러한 점을 이용하여 森田 喜保는 두께의 증가를 계측하므로써 손상정도를 간접적으로 추정하는 기법을 개발한 바 있으며,[3] 두께증가와 침탄을 동시에 고려하는 손상도 평가가 향후의 과제이다.

참고문헌

- [1] K.Masubuchi, "Analysis of Welded Structures", Pergamon Press, 1980
- [2] 장인화, "POSCO 4고로 shaft적열부철피 열화도조사", RIST내부보고서, 1992
- [3] 森田 喜保, "고로철피의 여수명 예측", 철과강, 1984

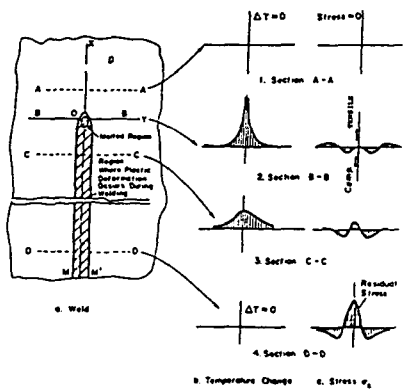


그림 1 용접잔류응력 생성 모식도



그림 2 적열로 손상된 고로철피

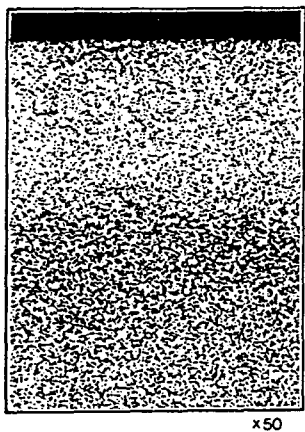


그림 3 적열부 조직

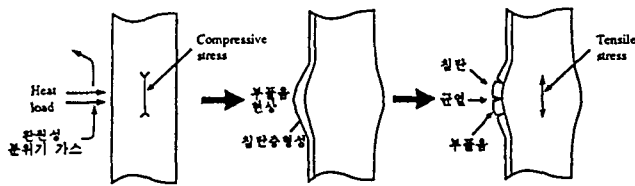


그림 4 변형 및 균열기구

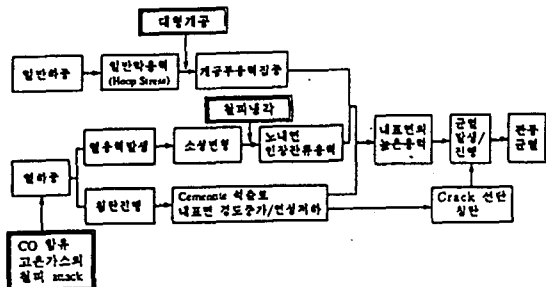


그림 5 변형 및 균열손상 요인도

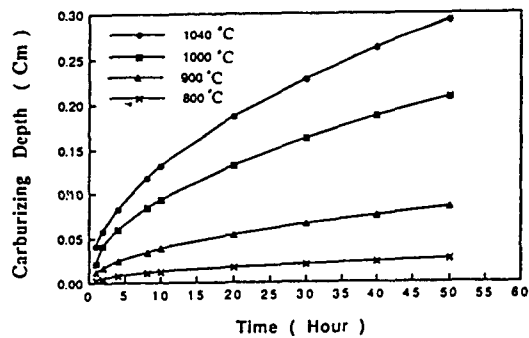


그림 6 냉각에 의한 침탄감소