

후판압연의 백업롤 변형해석 및 마모특성 분석

서재형[#] · 고성현¹ · 문창호¹ · 천명식¹ · 박해두¹

Roll deformation and wear analysis of backup roll in heavy plate mill

Jae-Hyung Seo, Sung-Hyun Gho, Chang-Ho Moon, Myung-sik Chun, Hae-Doo Park

Abstract

Control of back-up roll deformation and wear profile in plate rolling is important not only for enhancement of the structural precision of mill, but also for improving the yield and rolling operation. In the heavy plate mill, there have been strong demands for upgrading back up roll operation technology. In order to satisfy these demands, it is essential to develop the backup roll deformation analysis models and wear profile prediction models. This paper gives a general description of the backup roll deformation and wear model, simulation result for deformation analysis and wear profile.

Key Words : Plate Mill, Rolling, Crown, Flatness, Work Roll, Back-up Roll, Bender

1. 서 론

제철 프로세스에 있어서 후판압연 공정은 선박, 건설, 산업용 기계, 파이프 등에 필요한 후강판을 대상으로 조선, 해양구조물, 발전, 수압철관, 고압용기, line-pipe, 건축, 교량등에 필요한 후판제품을 생산한다.

후판 제조공정은 가역식 압연기(reverse mill)를 사용하여 슬라브(slab)로부터 후판(plate)을 제조하는 열간압연 공정으로 정의할 수 있으며 판 형상이 양호하다는 대전제하에 압연패스 마다 최대의 압하량을 주어 최소의 패스회수에서 압연을 완료하는 것을 특징으로 한다.

근래, 제품 size의 확대, 후판제품에 대한 고강도, 고인성화의 요구로 후판의 치수, 내하중성, 고강성 및 압연공정의 대형화가 진행되고 있다. 이러한 후판압연 설비의 대형화와 함께 진행되고 있는 항목으로 압연시 판압연을 직접 수행하는 워크롤(work roll, 작업롤)과 백업롤(back-up roll, 보

강롤)의 중요성과 안정성을 들 수 있다.

최근, 고객사의 치수정도에 대한 엄격한 요구로 인해 후판압연의 형상제어, 즉 판 크라운 및 평탄도 제어가 중요한 이슈로 대두되고 있으며 후판 형상제어의 가장 기본이 되는 부분이 최적의 롤 운용 및 압연기에의 채용시 워크롤과 백업롤의 정합성을 결정하는 것이다 [1].

본 연구에서는 이러한 롤 운용의 중요성을 고려하여 특히 후판압연에 있어서 백업롤에 의한 롤 변형특성을 분석하고 후판 형상제어에 있어서 백업롤의 중요성 및 장시간 사용시 발생하는 백업롤의 마모특성에 대한 내용에 대해서 분석결과를 간략히 소개한다.

2. 후판압연 백업롤

후판압연에 사용되는 열간압연기는 일반적으로 가역식 4단 압연기(reversible 4 high mill)이며 상, 하부 백업롤과 상, 하부 워크롤로 구성되며 좌, 우 압연기 하우징에 의해 백업롤과 워크롤이 지지되는 구조로서 그 구성을 Fig.1에 나타낸다.

1. 포스코 기술연구소 PICO-II

#. 포스코 기술연구소 PICO-II, fortran@posco.com

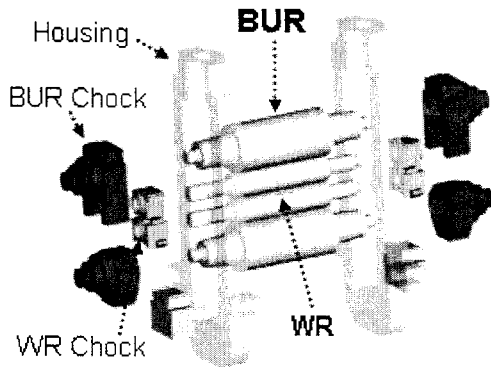
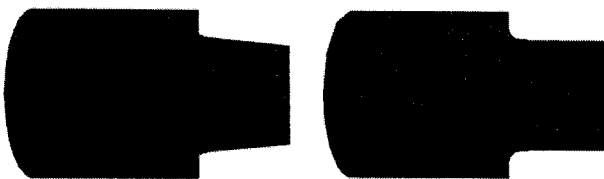


Fig.1 Reversible 4-high mill in plate mill

압연롤의 기능적인 측면에서 워크롤은 직접 압연판과 접촉하여 압연판의 치수 및 형상을 가공하는 역할을 수행하며 백업롤은 워크롤과 접촉하면서 워크롤에 작용하는 힘을 지지하기 때문에 내마모성, 내사고성이 요구된다.

기존에 백업롤은 워크롤 대비 간과되어 왔었지만 근래 들어 압연기의 대형화 및 강압하에 의한 후판형상의 문제가 대두되면서 그 중요성이 다시 제기되고 있다. 특히 후판압연의 경우 저온압연재 및 고강도 강종의 도입으로 압연하중이 증대되면서 판변형 및 판형상의 문제점이 나타나고 있는데, 이러한 문제에 대한 근본적인 해결방안으로써 최적의 백업롤 운용을 통해 안정적인 백업롤 마모 프로파일을 생성하고 이를 통해 압연시 워크롤과의 안정적인 접촉을 달성하여 압연롤 변형을 최적으로 유지하는 것이 중요하다.

일반적으로 백업롤은 Fig.2 에 나타난 것과 같이 barrel 부와 neck 부의 구조로 구성되며 neck 부의 형상은 taper 형과 normal 형의 구조를 가진다.



(a) taper type neck (b) normal type neck

Fig.2 Back-up roll barrel and neck

본 연구에서는 taper 형 백업롤을 대상으로 백업 변형해석 및 마모 프로파일 거동을 분석하였다.

3. 후판 백업롤 변형해석

후판 백업롤의 변형해석을 위하여 백업롤과 워크롤에 대하여 3 차원 유한요소해석을 수행하였으며 변형해석에 사용한 압연조건을 Table.1 에 나타낸다. 각각의 압연조건은 백업롤과 워크롤의 조합에 따라 동일하게 적용하였다.

Table1. Rolling conditions and roll conditions

| | |
|-----------------------------|---------------|
| Backup roll diameter, mm | 2,200 ~ 2,400 |
| Work roll diameter, mm | 1,100 ~ 1,200 |
| Roll force, ton | 3,000 ~ 9,000 |
| Work roll bender force, ton | 100 ~ 400 |
| Plate width, mm | 1,500~4,500 |

백업롤 최대직경, 워크롤 최대직경인 경우와 백업롤 최소직경, 워크롤 최소직경의 경우에 대하여 3 차원 해석결과를 수행한 예를 Fig.3 에 나타낸다.

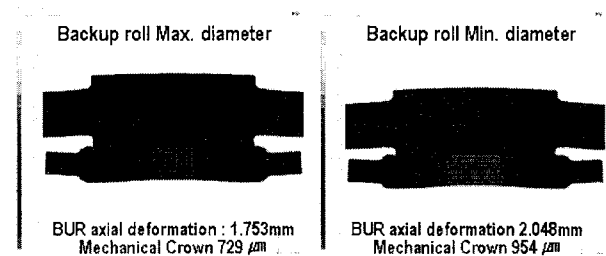


Fig.3 Backup roll and work roll deformation

최대 백업롤 직경 2,400mm, 최대 워크롤 직경 1,200mm 에서 압연하중 9,000ton, 벤더력 400ton 의 압연조건에서의 백업롤 축심 변형량은 1.753mm 이며 mechanical crown 량은 0.729mm 으로 계산되었다.

최소 백업롤 직경 2,200mm, 최소 워크롤 직경 1,100mm, 압연하중 9000ton, 벤더력 400ton 압연조건에서 백업롤 축심 변형량은 2.048mm, mechanical crown 량은 0.954mm 로 계산되었다.

Fig.3 의 최대, 최소조건에서 나타난 것과 같이 기존의 워크롤 변형에 대한 해석뿐만 아니라 백업롤 변형에 전체 롤변형에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

3. 후판 백업롤 변형해석 및 마모프로파일

후판 백업롤의 변형특성 뿐만 아니라 백업롤의 마모특성도 압연 통판성 향상 및 치수, 형상제어에 미치는 영향이 매우 크다 [2]. Fig.4에 워크롤과 백업롤의 마모profile의 일반적인 패턴을 나타낸다.



Fig.4 Wear profile of work roll and back-up roll

Fig.4에서 나타낸것과 같이 워크롤과 백업롤의 마모profile은 서로 다른 패턴을 나타낸다. 이러한 이유는 일반적으로 후판압연시 워크롤이 단기간에 다양한 치수의 후판재와 접촉하면서 복잡한 롤 마모 profile을 나타내는 것과 달리 백업롤은 장시간에 걸쳐서 워크롤과 접촉하면서 롤 barrel 방향에 균일한 마모 profile이 발생하기 때문이다.

Fig.5에 후판압연에서의 백업롤 마모 profile을 자세히 나타내며 전술한 것과 같이 워크롤과 접촉하면서 백업롤 barrel부에 균일한 마모 profile이 형성되는 것을 알 수 있다.

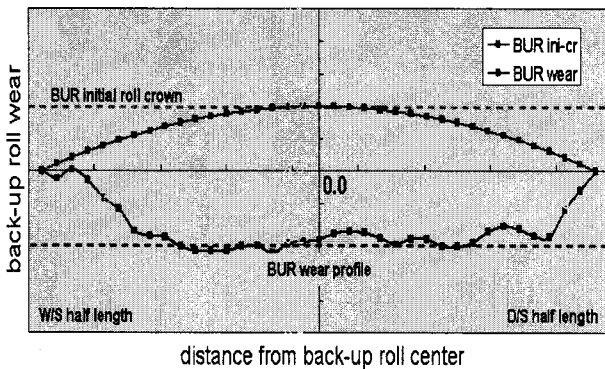


Fig.2 Total roll deformation calculation method

최근, 후판압연에 있어서 강압하에 따른 백업롤의 대구경화가 필수적이기 때문에 기존의 백업롤 조직보다 치밀한 조직의 백업롤이 채용되고 있다. 따라서, 백업롤의 마모 profile의 변화는 기존의 백업롤과 동일하다고 할지라도 장시간에 걸친 마모의 변화가 달라지고 있기 때문에 장주기 백업롤 마모 profile의 예측과 관리가 후판압연시의 치수, 형상정밀도에 중요한 인자로 되고 있다[3].

본 연구에서는 후판압연에 있어서 워크롤 중심의 롤변형 및 마모 profile의 분석연구에서 탈피하여 다양한 압연조건에서의 백업롤에 발생하는 롤 변형 및 장시간에 걸친 롤 마모 profile의 거동을 고찰하였다. 이것은 후판압연시 치수 및 형상제어 정도를 향상시키고 다양한 후강판 압연시의 압연 통판성을 개선하기 위한 가장 기본적이면서 중요한 작업의 일환이다[4]. 따라서, 압연조건별 백업롤 탄성변형 예측용 엄밀해석 모델을 개발하였으며 백업롤 마모 예측모델을 개발하여 후판치수 및 형상제어에 실기 활용하고 있으며 백업롤의 마모 및 치수변동에 대응하여 롤 변형모델과 마모 예측모델의 개선을 수행중에 있다.

5. 결론

후판압연시 치수형상제어를 위한 백업롤 변형 예측모델을 개발하였으며 장주기 백업롤 마모특성을 예측하기 위한 백업롤 마모 profile 예측모델을 개발하였고 압연조건별 변형 및 마모특성을 검토하고 예측모델을 보완하고 실기적용 하였다..

실기적용을 통한 결과의 정량적인 평가 및 다양한 압연조건에서의 엄밀해석을 통해 복잡한 압연상황에 대응할 수 있는 고정도의 수식모델 개발 및 판형상 특성에 대한 상세한 평가는 이후의 과제에서 연구예정이다. 또한, 실기적용 결과를 바탕으로 on-line 적용성이 우수한 고정도 수식모델로의 level-up을 도모하는 중이다.

참고 문헌

- [1] I.Beverley, 1999, Developing the use of high speed steel work rolls in the hot strip mills of British steel, Roll conference 2000, pp. 83~90.
- [2] I. MCCorry, 1999, The development of a cast 5% chromium back up roll, Roll conference 2000, pp. 293~300.
- [3] Koe Nakajima, 1985, New Plate Mill Draft Scheduling System for Crown and Flatness Control, Transactions ISIJ, vol.25, pp.213
- [4] Vladmir B. Ginzburg, 1993, High Quality Steel Rolling, Marcel Dekker, Inc., pp.451~485