Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 24, No. 8 pp. 136-142, 2023

https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.8.136
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

텐션 레벨러 제로 포인트 수동 설정 및 인터메쉬 계산 방법 해석

나영종
현대제철 열연 2팀

Manually Set Tension Leveler Zero Point and Intermesh Calculation Method Analysis

Young-Jong Na
Hyundai-Steel Hot Rolling 2 Team

요 약 최신 트렌드를 보면, 금속판의 기능을 본질적으로 결정하는 제강, 압연, 열처리 기술이 놀라운 정도로 발전하고 있는데 여기에 뒷받침되는 냉간 압연의 교정 공정도 이전보다 높은 수준의 기술이 요구되고 있으며, 높아진 수요가의 기준에 따라 교정 능력도 크게 발전하고 있다. 또한 스트립의 고강도 면에서 높은 인성이나 높은 용접성도 겸비하고 있고, 자동화에 대응할 수 있는 높은 치수 정밀도나 평탄도 등의 고기능을 많이 요구하고 있다. 스킨 패스의 텐션 레벨러는 금속 박판의 평탄도에 대한 요구가 높아짐에 따라 발전해온 판재의 형상을 교정하는 압연 설비이다. 또한 텐션 레벨러는 압연 영구 변형 제거 면에서 가장 교정 효과가 높고 고속 교정이 가능하여 보편적으로 사용되고 있는 교정 장치이다. 교정의 원리에는 여러 요소의 교정 메커니즘이 필요하지만, 그중에 가장 기초가 되는 롤 제로 포인트 설정이 기본 인자이며, 제로점 수치가 정확해야 인터메쉬 값도 정확하게 도출된다. 또한 롤 제로잉은 설비 구성이나 종류에 따라 수동 또는 자동으로 입력되며, 압연 작업 시 롤에 전가되는 압하력과 소성가공에 수반되는 잔류 응력 및 평균 롤 사용량을 예측할 수 있다. 본 논문에서의 요지는 제로 포인트 수동 설정 및 텐션 레벨러의 각 포지션별 인터메쉬 계산 방법의 정형화된 수치를 이론적으로 풀이하여 해석한다.

Abstract According to the latest trends, steelmaking, rolling, and heat treatment technologies, which essentially determine the function of metal plates, are developing to an astonishing degree, and the calibration process of cold rolling, which is supported by this, requires a higher level of technology than before, and calibration capabilities are also greatly developing according to the standards of increased demand.,In addition, it has high toughness and high weldability in terms of high strength of the strip, and it requires a lot of high functions such as high dimensional precision and flatness that can cope with automation.,The tension leveler of the skin pass is a rolling facility that corrects the shape of the plate that has developed as the demand for the flatness of the metal thin plate increases.,In addition, the tension leveler is the most commonly used calibration device because it has the highest calibration effect and high speed calibration in terms of rolling permanent deformation removal.,The principle of calibration requires a calibration mechanism of several elements, but the most basic of them is the roll zero point setting, and the zero point value must be accurate to derive the intermesh value accurately.,In addition, roll zeroing is manually or automatically input depending on the equipment configuration or type, and it is possible to predict the rolling force transferred to the roll during the rolling operation, the residual stress accompanying the plastic processing, and the average roll usage.,The main point of this thesis is to theoretically solve and analyze the standardized numerical values of the zero point manual setting and the intermesh calculation method for each position of the tension leveler.

Keywords : Intermesh, Manually, Plastic Working, Rolling, Tension Leveler, Zero-point

*Corresponding Author : Young-Jong Na(Hyundai-Steel Hot Rolling 2 Team)
email: nyj328@naver.com
Received May 30, 2023 Revised July 6, 2023
Accepted August 10, 2023 Published August 31, 2023

1. 서론

1.1 텐션 레벨러(Tension leveler) 개요

텐션 레벨러의 국내 도입은 1960년대 후반부터 본격적으로 도입이 시작되었으며, 근래에 들어서는 레벨러 설비의 발전과 성능이 향상되어 저탄소강부터 ~고탄소강 및 박판에서 후판까지 멀티 교정이 가능하고, 형상 교정 설비로서 유용하게 사용되고 있으며, 현재는 교정의 필수 설비가 되었다. 교정의 역사는 오래되어 그 이론적 바탕이되는 수많은 자료가 존재하고있지만, 본 논문에서는 그동안 기재되지 않은 제로 포인트 수동 설정 방법 및 텐션 레벨러의 각 포지션별 인터메쉬 계산 방법의 연구를 이론으로 명시한다[1].

금속판 교정기의 역사가 긴 만큼 현재 다양한 형식의 교정기가 존재한다. 대표적으로 스킨패스 밀,텐션 레벨러, 롤러 레벨러 이 3종류로 크게 구별한다. 또한 교정 공정도 이전보다 고도의 기술이 요구되고 있고, 그 요구에 따라 교정 설비도 크게 발전하는 추세이다. 텐션 레벨러는 인장에 벤딩을 겹치면 단순 인장의 경우에 비하여 작은 장력으로 재료가 신장 한다는 성질을 이용한 것이다. 롤러 레벨러는 반복 벤딩만을 주고 주로 판재의 굽힘을 교정하기 위한 것에 비하여 텐션 레벨러는 워크 롤에 판재를 감는데, 충분한 길이 방향으로의 장력을 작용시켜 판재의 edge wave 와 center grow longer등의 부분적으로 늘어지는 형상도 쉽게 교정한다.

교정에 앞서서 레벨러 뿐만 아니라 설비의 모든 롤들은 제로 포인트(zero-point)가 정확해야 정밀한 인터메쉬 값을 적용할 수 있기 때문에 제로점과 인터메쉬는 서로 연관되어 상호 작용을 하고 있다. 본 논문에서는 텐션 레벨러 롤의 수동 제로 포인트 설정 방법 및 각 유닛의 인터메쉬 계산 방법을 해석하여 풀이하는 것을 목적으로 하였다[2-5].

2. 본론

2.1 제로 포인트(zero-point) 설정

제로 포인트의 의미는 상.하부 워크 롤과 패스 라인(pass line)이 서로 접촉된 점을 의미 한다. 제로 포인트 조정은 워크 롤의 높이 조정과 평형 상태를 나타낸다. 워크 롤과 백업 롤의 교체 작업 후, 롤 위치 표시기는 교정되어 있어야 된다. 또한 인터메쉬 값은 “0”(zero)으로 설정되어야 한다. 이 조정은 레벨 링 후 플레이트의 평탄도에 크게 영향을 미치므로 조정 시에는 세심한 주의가 필요하다. 따라서 정확도 조정은 백업 롤을 지지하는 정확도로부터 영향을 가져오므로 백업 롤 지지의 정확도에도 주의가 필요 하다.

2.2 제로 포인트 수동(manual) 조정 방법

Fig. 1 제로 포인트 조정 순서는 아래와 같다.

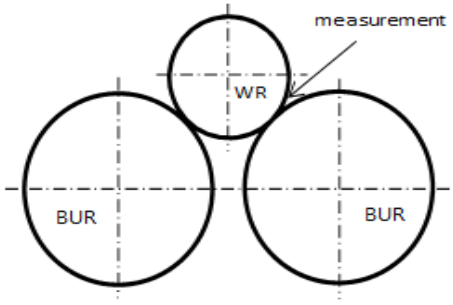


Fig. 1. Roll zero point adjustmentt Measurements using thickness gauges

a) 백업 롤 지지대에 백업 롤을 정확히 설치하고, 먼지나 외부의 영향을 받지 않도록 주의해야 한다.
b) 백업 롤을 설치한 후 워크 롤을 놓고 워크 롤과 백업 롤 사이의 간격을 확인한다.
c) 두께 게이지를 이용하여 반드시 측정 해야된다.
d) 측정 시에는 백업 롤의 양 끝이 반드시 측정 되어야 한다. 롤 표면의 양쪽 끝이 10mm의 둥그스름한 모양을 가지고 있는지 확인해야 한다.
e) 한 열에 배치된 80% 이상의 백업 롤의 간격은 0.04mm 보다 작아야 한다.
f) 간격 확인 후 손으로 워크 롤을 돌려보고 백업 롤과의 접촉 상태를 확인한다.

2.3 워크 롤 상부 표면의 평행도 측정

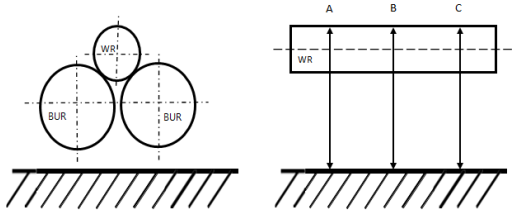


Fig. 2. parallelism measurement
Roll parallelism must not exceed tolerance

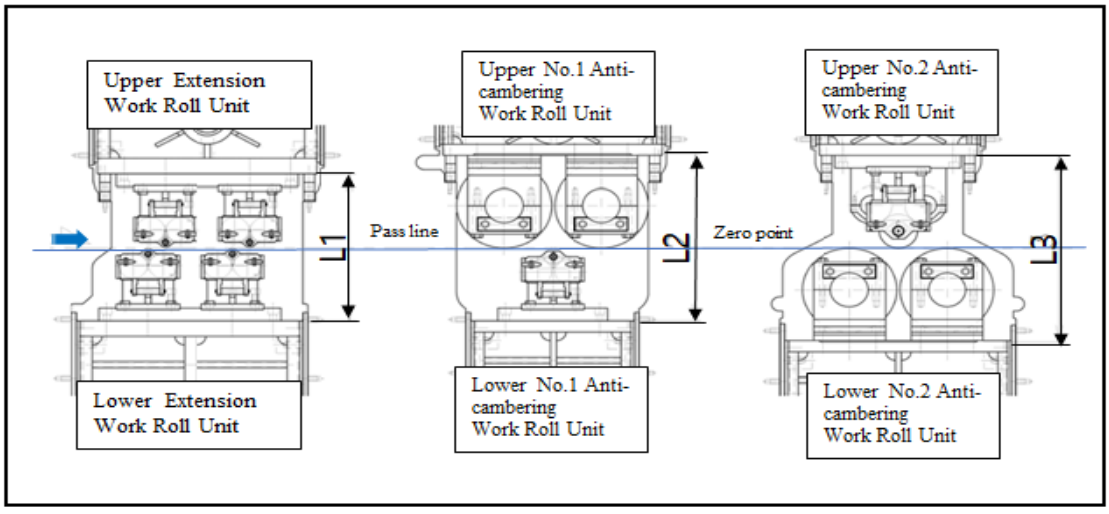


Fig. 3. tension leveler zero point adjustment.
The top roll and the part in which the bottom roll comes in contact with each other are read from the zero point.

a) Fig. 2 는 세 지점(A.B.C)의 평행도를 측정하고 상.하부 롤의 실측값으로 기록한다.각 롤의 평행도는 기준값인 0.05/1000mm 사이가 되어야 한다.

b) 모든 롤을 설정한 후 상.하부 롤을 원위치 시킨다.

c) Fig. 3 은 인터메쉬가 "0"(zero)이 될 때까지 웜 잭을 이용하여 각 롤 프레임 유닛(unit)을 올린다. 웜 잭은 각 frame 하부에 있으며, 3개소 모두 개별 조정을 하여 설정한다.

d) 내측 마이크로미터를 이용하여 내부 기준면의 상부에서 바닥 롤 프레임 (L1, L2, L3) 사이의 거리를 측정한다.

e) 일반적으로 롤 외경은 조업자가 Level.1 (L1) PLC (Programmable Logic Controller) system에 직접 입력하게 되면, 인터메쉬는 저장된 데이터에 의해 자동으로 적용된다. 또한 제로 포인트 측정은 롤 외경 값이 변경되었을 뿐만 아니라, 레벨러 상.하부 유닛의 각 어셈블리의 변형 또는 워크 롤 및 백업 롤 교체 시에도 확인이 필요하다. 근본적으로 "0" 점이 틀어지면 인터메쉬의 개념은 사라진다.

2.4 텐션 레벨러 롤 구성 및 명칭

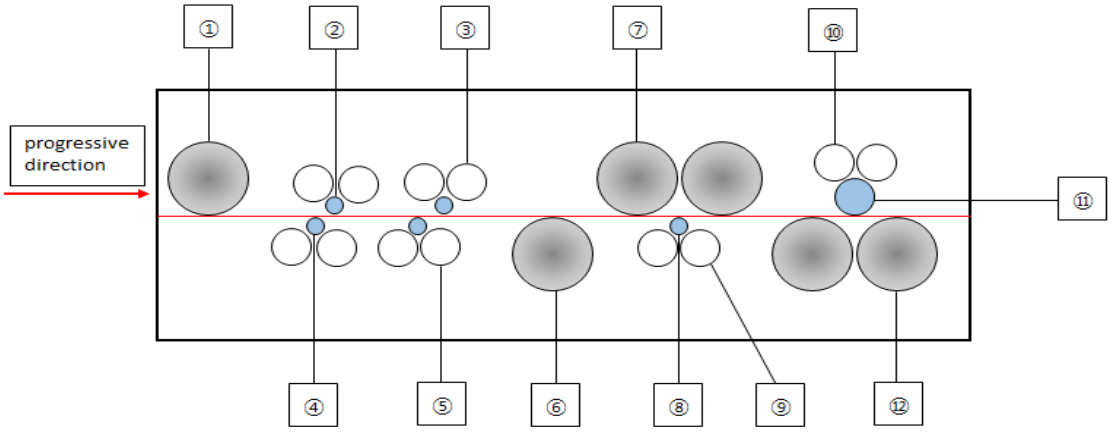


Fig. 4. tension leveler configuration schematic diagram
The total number of rolls is 24, and the configuration position is 12.

▷ Fig. 4 의 롤 구성 및 명칭은 아래의 Table 1과 같다.

Table 1. roll configuration and name

no	Roll name	position
1	No.1 Deflector Roll	
2	Upper Extension Work Roll	Extension
3	Upper Extension Back-Up Roll	
4	Lower Extension Work Roll	
5	Lower Extension Back-Up Roll	
6	No.2 Deflector Roll	
7	No.1 Anti-Cambering Deflector Roll	No.1 Anti-Cambering
8	No.1 Anti-Cambering Work Roll	
9	No.1 Anti-Cambering Back-Up Roll	
10	No.2 Anti-Cambering Back-Up Roll	No.2 Anti-Cambering
11	No.2 Anti-Cambering Work Roll	
12	No.2 Anti-Cambering Deflector Roll	

2.5 종래 기술의 문제점

텐션 레벨러의 롤을 지지하는 브라켓(bracket)과 롤넥(neck)을 연결해주는 카트리지(cartridge)의 크랙(crack) 발생에는 여러가지 요인이 있지만, 대표적으로 인터메쉬의 차이로 인한 벤딩의 과부하에서 오는게 대부분이다. 또한 종래의 인터메쉬 설정에 있어서 교정된 스트립의 형상을 보고 웨이브를 판단하는 기준 편차로 인하여 롤에 전가되는 과부하가 롤 교체 주기를 앞당기는 결과를 초래하게 되었다. Fig. 5 는 변칙적(random)인 롤의 국부적인 손상을 보여준다[6].

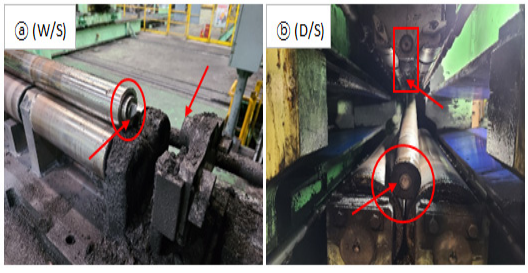


Fig. 5. ⓐ The connection part is dropped due to a cartridge crack of the w/s lower roll, and ⓑ is in a state where one roll is dropped due to a cartridge crack of the d/s upper roll and drops downward.

2.6 연구의 이론적 배경

텐션 레벨러의 롤을 교체하거나, 롤의 변형 및 손상으로 인한 제로 포인트가 틀어지거나 스트립(strip) 웨이브의 형상 교정에 문제가 발생하면, 제로 포인트 수동 설정 및 인터메쉬 set-up을 위한 수식 이론을 필요로 한다. 때문에 이를 전문화된 표준 이론을 연구하여 체계적인 기술의 평준화를 고착하기 위함이다.

인터메쉬는 Roll이 서로 맞물려 있는 거리이며, 이론적 계산 방법은 이를 기반으로 한 제로 포인트 및 패스라인 값을 대입해 최종적인 각 유닛별 인터메쉬 계산 방법을 산출 하였다[7-9].

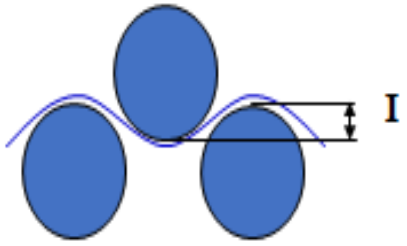


Fig. 6. roll intermesh measurement

2.7 패스 라인(Pass line) 정의

Fig. 7 은 패스 라인의 기준을 설명하는 예시이며, 각 롤 지름의 값을 대입해서 계산하면 된다.

- 정의 – 전.후면 feed roller와 하부 work roll의 차이
- 패스 라인 구하는 식은 아래와 같다. Eq. (1)

$$\text{lower work roll wear} + \frac{\textit{lower back-up roll wear}}{2} \quad (1)$$

피드 롤은 압연기 전.후에서 압연재의 통판이 원활하게 이루어 지도록 이송 시켜주는 롤이며, 패스 라인 값은 하부 work roll의 높이와 피드 롤(feed roll)의 높이의 차이 값과 같다고 보면 된다. 또한 압연기(rolling mill) 하부 work roll의 패스 라인과 피드 롤의 수평이 되어야 평행이 이루어져 스트립 통판에 간섭이 없다[10].

- measurement method (example)

① Pass line = 25mm

② maximum pressure drop

= Pass line x 2

= 50mm

③ Roll pair

= top roll diameter - bottom roll diameter

300 - 298 = 2mm

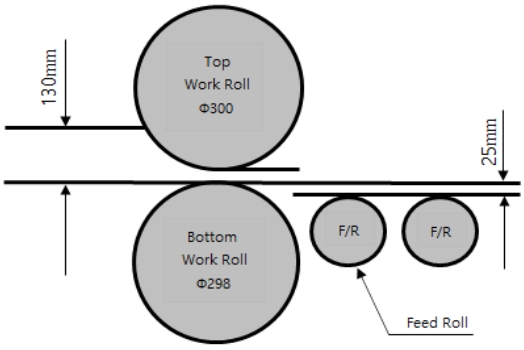


Fig. 7. pass line schematic diagram

인터메쉬 계산 방법은 Fig. 3,4 및 Fig. 6,7을 참고하여, 좌측의 각 유닛(unit)부터 차례로 계산식을 도식하여 해석한다. 롤 제로 포인트와 패스 라인 설정이 정확한 상태임을 가정하에 인터메쉬 계산 방법은 다음과 같다.

3. 인터메쉬 계산 방법

3.1 익스 텐션 롤 유닛

Extension roll unit 계산 공식 Eq. (1)

$I_{OE1} = -H_1' + (H_{UE1} + H_{LE1}) + (ABE\text{-}bias)$

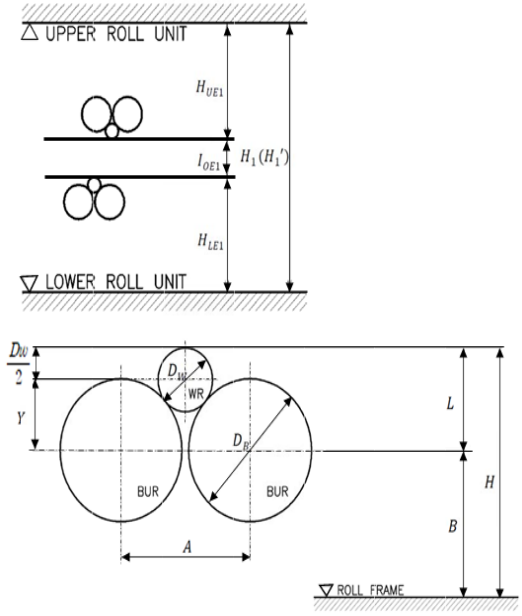


Fig. 8. Extension roll unit calculation method

$$H = L + B(mm) \quad (1)$$

$$L = \frac{D_W}{2} + Y$$

$$Y = \frac{1}{2}\sqrt{(D_W + D_B)^2 - A^2}$$

in which ,

Dw: work roll diameter

Bw: backup roll diameter

L: Backup roll radius and work roll diameter height

B: Height of the backup roll radius from the roll frame

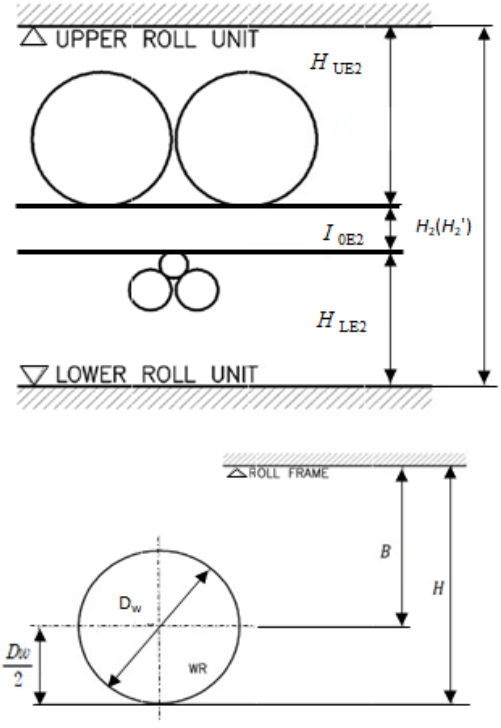
H: Height of work roll diameter from roll frame

A: Distance between backup roll radius and backup roll radius

Y: Backup roll radius and work roll radius height

3.2 No.1 안티 캠버링 롤 유닛

No.1 Anti-cambering roll unit 계산 공식 Eq. (2),(3) $I_{OE2} = -H_2' + (H_{UE2} + H_{LE2}) + (ABE\text{-}bias)$



$$H = \frac{D_W}{2} + B \quad (2)$$

in which,

B: Height of the lower work roll radius from the upper frame

H: Height of the lower work roll radius from the upper frame

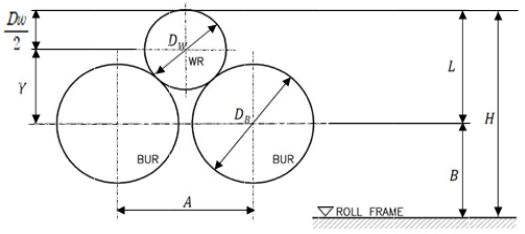


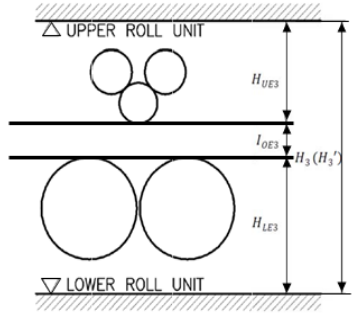
Fig. 9. No.1 Anti-cambering roll unit calculation method

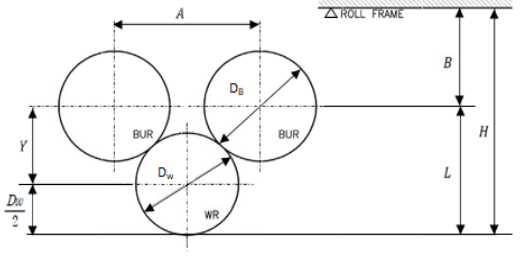
$$H = L + B(mm) \quad (3)$$
$$L = \frac{D_W}{2} + L$$
$$Y = \frac{1}{2}\sqrt{(D_W + D_B)^2 - A^2}$$

3.3 No.2 안티 캠버링 롤 유닛

No.2 Anti-cambering roll unit 계산 공식 Eq. (4), (5)

I_{OE3} = $-H_3'+(H_{UE3}+H_{LE3})+(ABE\text{-}bias)$





$$H = L + B(mm) \quad (4)$$
$$L = \frac{D_W}{2} + L$$
$$Y = \frac{1}{2}\sqrt{(D_W + D_B)^2 - A^2}$$

in which,

B: Interval between lower frame and upper work roll

H: Height of upper work roll radius from lower frame

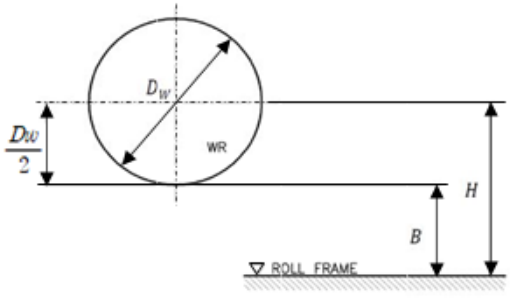


Fig. 10. No.2 Anti-cambering roll unit calculation method

$$H = \frac{D_W}{2} + B \quad (5)$$

4. 결론

종래의 인터메쉬 설정은 정상 상태라는 기준하에 자동으로 인입되는 데이터에 의존하고 있으며, 스트립에 남아있는 잔류 응력을 보고 웨이브를 판단하는 부분이 상이한 눈높이로 인하여 일부 추상적 개념이 수동 개입에 반영되고 있다. 또한 롤에 전가되는 각각의 부하는 측정할 수 없으며, 이로 인하여 롤 사용 주기가 단축되고 롤의 국부적인 손상이 간헐적으로 발생하고 있다. 이에 레벨링 기술의 전반적인 제반여건에 부합하는 구체적으로 뒷받침되는 데이터의 부재를 이론적으로 풀이하여 해석한다.

본 논문에서의 연구는 교정 이론에 걸쳐 보다 실무적으로 접근이 용이하도록, 스킨패스 텐션 레벨러 롤의 정형화된 제로 포인트 수동 설정 방법 및 각 유닛의 롤 인터메쉬 계산 방법에 대한 결과를 골자로 해석 한다. 따라서 교정 전반의 공통적인 기초 수식 이론을 제시한다.

첫째, 전문화된 표준 수식 이론을 연구하여 체계적인

기술 평준화의 고착이 가능하며, 안정된 재화 이론을 기반으로 스트립 평탄도 및 품질 향상이 유지되고, 산출된 수치 데이터는 전산화 및 인터메쉬 자동화에 응용할 수 있다.

둘째, 각 유닛의 롤 평행도 유지로 인한 롤의 국부적인 손상을 막아주고, 관리에 있어서 유용하며 롤에 전가되는 압하력과 소성가공에 수반되는 잔류 응력 및 평균 롤 사용량 수치를 예측할 수 있다.

References

[1] Keizo Abe,"The Latest Technology of the Heavy Plate leveler",Industrial Machinery, Vol.725, February 2011, pp. 28-32.

[2] Toru Aoyama,"Dynamic crown-type thick plate cold leveler",industrial Machinery,Vol.647, August 2004, pp. 35-38.

[3] Y. Misaka, T. Masui, 1978, Shape Correction of Steel Strip by Tension Leveller, Transactions ISIJ, Vol.18, pp. 475-484.

[4] Y. Kimura, M. Ueno, Y. Sodani, 2002, Proc. 44th MWSP Conference Proceedings Vol. XL, Iron and Steel Society, Orlando, Floruda, USA, pp. 1011~1021.

[5] M. G. Kinnavy, 1972, Recent Developments in Tension Leveling, Iron and Steel Engineer Year Book, pp. 605~ 610.

[6] T. Matoba, M. Ataka, T. Jimma, 1995, Calculation Method of Roller Leveling Conditions for Steel Plates, J. Jpn. Soc. Technol. Plast., Vol. 36, No. 418, pp. 1306~1311.

[7] K. C. Park, "Leveling of Aged Low Carbon Steel Sheets in order to Prevent Shape Defects after Stamping" Transactions of Materials Processing, Vol.24, No.4, 2015.
DOI: http://dx.doi.org/10.5228/KSTP.24.4.241

[8] Written by Na Pass Content Research Institute Rolling function, P.730, Samwon Books, 2021, PP. 213.

[9] H. Kano, K. Kenmochi, I. Yarita, 1998, Proc. 7th Int. Conf. on Steel Rolling : Steel Rolling '98(eds. Makuhari), Iron and Steel Institute of Japan, Chiba, Japan, pp. 313~317.

[10] Co-authored by Jo Suyeon and Kim Jongchan. Rolled Functional Field, P.693, Gu Resident, 2012, PP.492.

나 영 종(Young-Jong Na) [정회원]

- 2023년 8월 : 한양대학교 공학대학원 신소재 공학과(공학석사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 현대제철 열연 2팀 재직 중

〈관심분야〉
소성가공, 금속재료