

전해 인프로세스 드레싱법을 이용한 압연 ROLL의 고능률 정압연삭특성

Highly Efficient Constant Pressure Grinding of Roll on Rolling Machine
Using ELID Method.

이 득 우* 大 森 整
D. W. Lee, H. Ohomori
(한국기계연구원) (일본이화학연구소)

1. 서론

최근, 제품의 다양화, 생산성향상 등의 요구에 의해 소성가공 분야인 압연가공에 있어서도 절삭가공에서와 같이 고능률, 고정도가공이 주목되고 있다. 특히 압연성형품의 경우, 압연 후 재가공을 행하지 않고 압연만으로 최종 제품화하는 경향이 증가하고 있으며, 이를 통해 제품의 고품위화, 고생산성화를 이루고 있다. 그런데 압연가공에서는 압연중 물면에 흠집이 발생하거나, 설리지가 압연롤에 부착하는 등 물면의 요철로 압연품의 표면정도를 나쁘게 하는 요인이 발생하고 있다. 이를 제거하기 위한 재래의 방법으로는 물을 압연기에서 분해하여 전용의 연삭기에서 가공후 재조립하는 것으로 작업의 효율성, 생산성, 가공정도의 저하 등의 문제점을 가지고 있다. 그러므로 최근에는 압연가공중 물을 동시 연삭함으로써 물면의 흠집을 제거하는 온라인 롤 그라인딩(On-line Roll Grinding:ORG)법의 개발이 이루어지고 있다. 이는 압연물면의 흠집을 고능률로 제거하는 것에 의해 롤 보수,유지의 효율화 및 자동화를 이루는 것이다.[1] 그러나 ORG에 기존의 연삭법을 적용할 경우 물면의 고품위화 가공, 즉 경면가공 등에는 한계가 있었다.

그러므로 본 연구에서는 온라인 압연롤 그라인딩(On-line Roll Grinding:ORG)법에 전해인프로세스드레싱법(ELID)을 적용하여 압연롤의 경면가공을 수행하고 최종적으로 경면압연을 수행함으로써 압연품의 고부가가치화를 이루고자 한다.[2] 이를 위해 ELID법을 적용한 ORG를 제작하여 압연기에 설치하고 정압연삭으로 압연롤의 경면가공을 실현하며, 압연시 발생하는 흠집을 고능률로 제거하기 위한 가공능률 평가를 중심으로 검토하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

압연기의 기상연삭반(On-line Roll Grinder)을 이용한 롤 외주연삭에 ELID(Electrolytic In-process Dressing)연삭법을 적용한 실험장치의 외관을 그림 1에 나타내었다. 실험장치는 5형-2/4단 압연기에 본 실험을 위해 제작된 기상연삭반을 설치한 것으로 컵형 스톨을 사용하고 있다.

그림 2는 ELID장치를 부착하여 전해인프로세스연삭을 수행하는 개략도를 보여주고 있으며, 컵형스톨의 상부단면을 이용하여 연삭을 수행하고, 하부단면에 ELID전극이 부착되어 연삭가공중 전해를 통한 드레싱을 행하고 있다. ELID전원은 직류

필스전원으로 (+)극이 스톨에 공급되고, (-)전원이 ELID용 전극에 연결된다. 전해조건으로는 공급전압 60V, 공급전류12.9A, 필스전원의 ON,OFF시간 $\tau_{on}2\mu s, \tau_{off}2\mu s$ 로 설정하였다.

기상연삭반은 LM가이드를 사용한 X,Z축 슬라이드위에 연삭축헤드가 설치되어 있다. 스톨의 절입은 정압방식으로 공기압 실린더에 의해 일정한 압력으로 연삭력을 가할수 있도록 제작되어 있으며 압연롤의 축방향의 이송은 1축제어용 NC제어장치를 부착한 서보모터에 의해 이루어 진다. 정압방식의 연삭가공력은 최대 50Kgf까지 설정 가능하다.

사용한 스톨은 주철파이버본드cBN스톨($\phi 50 \times W5, \#600, \#1200, \#4000$, 집중도100)과 코발트본드cBN스톨($\phi 50 \times W5, \#600, \#1200, \#4000$, 집중도100), 청동본드cBN스톨($\phi 50 \times W5, \#600, \#1200, \#4000$, 집중도100)이다.

표 1에 연삭실험시스템의 제원을 나타내었다.

1. 압연기	5형 - 2/4 단 압연기[大野製作所(株)]
2. 연삭장치	機上研削装置(ORG) [자체제작]
3. ELID연삭	연삭스톨 CIFB-cBN스톨($\phi 50 \times W5, \#600, \#1200, \#4000$, 집중도100)[新東부레타(주)] CB-cBN, BB-cBN스톨($\phi 50 \times W5, \#600, \#1200, \#4000$, 집중도100)[富士다이소(株)]
	ELID 전원 EPD-30ST[新東부레타(주)]
	연삭액 AFG-M.50배[NORITAKE Co. Ltd.]
4. 피삭재	압연 롤 $\phi 127 \times L80 : SUJ2$
5. 기타	연삭능률측정 와전류식변위센서 EX-201[KEYENCE Co.] 분해능 0.4 μm
	표면거칠기 서보테스트[MITSUTOYO Co.]
	연삭력측정 TCLP-50KA[東京測器研究所(株)]

2.2 실험방법

본 연구에서는 압연롤의 연삭능률을 평가하기 위해 플랜지연삭에서 각종스톨의 가공능률에 대해서 살펴보고, 트레이스연삭에서 가공정도의 변화에 대해서 조사했다. 플랜지연삭중 법선방향의 연삭저항과 연삭제거량을 가공중 연속적으로 측정할수 있도록 측정시스템을 구성하였으며, 그의 개략도는 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보듯이 법선방향 연삭저항은 기상연삭반에 설치한 하중계에 의해 측정하고, 압연롤의 연삭제거량은 압연롤 직경의 변화를 압연기본체에 설치한 와전류식 변위센서에 의해 측정했다. 플랜지연삭에 있어서 그 측정결과에 대해 그

림 4.5에 나타내었으며, CIBF-cBN #600 스톨에 의한 ELID연삭에서의 부가하중과 연삭제거량의 가공시간에 따른 변화를 보여주고 있다. 결과에서 보듯이 부가하중은 4.8kgf로 가공중 변화가 없어, 정압가공이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 연삭폭 25mm로 20분간 가공한 결과, 공작물의 연삭제거량은 2.5mm³/min으로 거의 일정하게 이루어지고 있음을 분수 있다.

트래버스 연삭가공 후 압연롤의 형상은 연삭기에 다이알게이지를 설치하여 등간격으로 10곳에서 측정하였다. 표면거칠기는 압연롤을 적당히 회전시키며 중앙부 3곳을 측정하여 평균하였다. 압연롤면의 표면거칠기는 검출부를 직접 압연롤 위에 탑재하여 측정이 가능한 표면조도계를 사용하여 측정하였다.

가공실험은 먼저 스톨을 초기 전해드레싱을 실시한 후 가공조건과 ELID조건을 설정하여 행했다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 플랜지연삭에 의한 압연롤의 정압연삭능률의 평가

그림 6은 컵형스톨에 있어서 각 스톨의 전해성을 조사할 목적으로 트루잉직후의 스톨의 뚜게와 전해드레싱후의 전해층을 제거한 후의 스톨의 뚜게를 측정하여 그 차이를 구하여 나타내었다. 결과에서 청동본드스톨은 90 μ m, 코발트본드스톨은 40 μ m, 주철본드스톨은 10 μ m 정도의 전해층이 측정되었으며, 청동본드스톨은 전해가 쉽게 일어나며, 주철본드스톨은 전해가 어렵다는 것을 알 수 있었다.

그림 7.8은 #600의 주철본드스톨,코발트본드스톨, 청동본드스톨에 의한 ELID정압연삭특성을 살펴보았다. 그림 7은 안정적인 가공상태에서의 ELID전류,전압의 변화를 나타내었고, 그림 8은 공작물제거율과 부가하중의 관계를 나타내었다. 주철본드, 코발트본드, 청동본드스톨, 각각의 최대부가하중은 8kgf, 11kgf, 10kgf 까지 가능하고, 연삭능률은 5kgf에서 주철본드와 코발트본드스톨의 경우 3mm³/min가 얻어졌으며, 청동본드스톨의 경우 0.5mm³/min가 얻어졌다. 코발트본드스톨에 의한 ELID연삭이 주철본드스톨에 의한 ELID연삭보다 전해성이 양호하기 때문에 높은 부가하중까지 안정적인 가공이 실현되었다. 청동본드스톨에 의한 ELID연삭에서는 본 실험의 전해조건이 너무 초과하여 본드재의 과용출이 발생하였으며, 절연피막의 유지가 어려워 가공능률은 오히려 저하하였다. 또한 전 가공에서 외부진동의 영향을 크게 받고 있으며, 외부진동에 의해 절연피막의 탈락이 쉽게 발생하여 가공이 불안정하게 되었다.

그림 9는 #600,#1200,#4000의 주철본드스톨에 의한 ELID정압연삭특성을 살펴보았다. #600, #1200, #4000 스톨 각각의 연삭능률은 5kgf의 부가하중에서 3mm³/min, 1mm³/min, 0.2mm³/min정도로 연삭입자 크기에 따라 연삭특성을 알 수 있다. 연삭입자의 크기가 작을수록 경면가공이 가능하고, 부가하중이 큰 영역까지 안정적으로 가공을 실현할 수 있었다.

이는 가공정도와 가공능률이 ORG의 요구조건에 적합하도록 연삭입자의 크기를 결정하기 위한 자료로 사용 가능하다.

본 실험에서 ELID법에 의한 정압 압연롤연삭에서는 진동 등의 외부조건이 가공능률에 미치는 영향이 매우 크며, 전해랑이 초과한 경우에는 절연피막이 가공능률에 장애가 됨을 알 수 있었다. 그러므로 압연롤의 고능률가공을 실현하기 위해서는 피

막의 조절이 중요함을 알 수 있었다.

3.2 트래버스연삭에 의한 압연롤의 정압연삭면의 평가

그림 10은 트래버스연삭에 있어서 #600,#4000주철본드스톨, #600코발트본드스톨과 청동본드스톨에 의한 ELID연삭에 있어서의 부가하중과 표면거칠기의 관계를 나타내었다. 연삭거리는 76mm, 이송속도는 30mm/min으로 하여 30분간 가공한 결과이다. 플랜지연삭의 결과에서부터 예측할 수 있었던 것과 같이 코발트본드스톨에 의한 가공면이 가장 표면조도가 좋게 되었고, 청동본드스톨에 의한 가공면이 거칠게 되는 것을 알았다. 그러므로 청동본드스톨의 경우 전해에 의한 과용출을 억제하기 위한 전해 전류의 조절이 필요하다. 또한 압연롤의 정압연삭가공에서는 부가하중에 따른 표면거칠기의 변화가 거의 없음을 알 수 있었다. #4000주철본드스톨의 경우 Ra 20nm의 가공정도로 압연롤이 경면상태를 나타내었다. 그러나 부가하중이 10kgf이상에서는 플랜지연삭에서와 마찬가지로 진동등에 의해 연삭이 불가능하였다.

그림 11은 #600주철본드스톨을 사용하여 부가하중을 변화시킬 경우 압연롤의 형상변화를 나타내었다. 20회 이상 연삭가공을 수행하여도 형상이 거의 변화되지 않았다. 따라서 정압연삭가공에서는 압연롤의 형상을 수정 가공하는 것이 어렵다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

ELID법을 적용한 ORG에 의한 압연롤의 정압연삭으로 고능률가공 및 경면가공을 수행한 결과 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 가공정도와 가공능률이 ORG의 요구조건에 적합하도록 ELID연삭조건을 결정하기 위한 실험자료를 제시하였다.
- 2) ELID정압연삭에서는 코발트본드스톨이 주철본드스톨 및 청동본드스톨에 비해 높은 부가하중까지 안정적인 가공이 실현되었다.
- 3) ELID연삭에서는 절연피막의 유지가 가공정도 및 가공능률 향상에 중요하다.
- 4) 정압연삭에서는 롤의 형상수정이 어렵다.

참고문헌

- 1) Y.Imagawa, S.Mori, S. Kondou, Y. Yosimura "Development of Inline-Roll-Grinder", ABTEC'94 Conference, 1994, pp.295
- 2) T.Ken, I.Takahashi, H. Ohomori, T. Nakagawa"Constant Pressure Grinding of Roller on Rolling Machine (ELID Mirror Surface Grinding and the Effect on Rolling)", Journal of JSGE, Vol.37,No.5,1993,pp.51
- 3) H. Ohomori "Electrolytic In-process Dressing(ELID) Grinding Technique for Ultraprecision Mirror Surface Machining", International Journal of JSPE, Vol.26, No.4 1992, pp.273
- 4) D.W.Lee, H.Ohomori, I.Takahashi, T.Nakagawa "Highly Efficient and Highly Accurate Cylindrical Grinding of Steel Materials Using ELID Method", ABTEC'94 Conference, 1994, pp.59

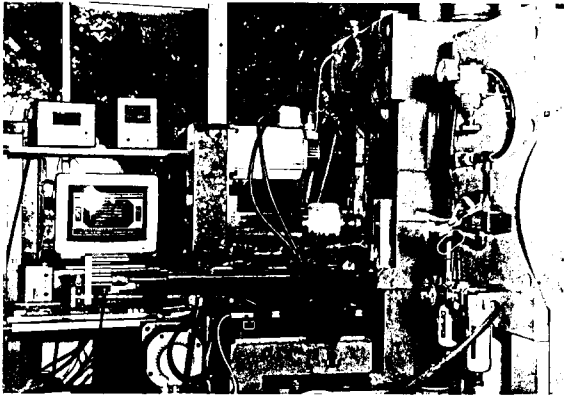


그림 1. 실험장치의 외관

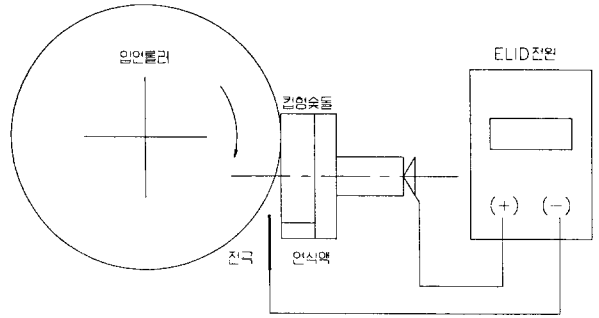


그림 2. ELID연삭법의 개략도

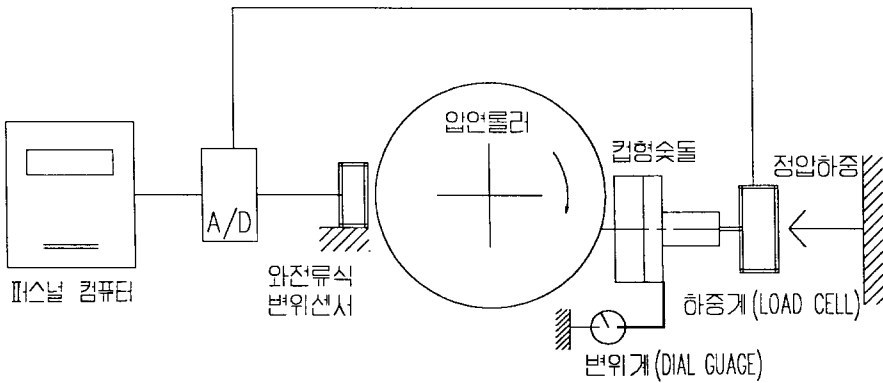
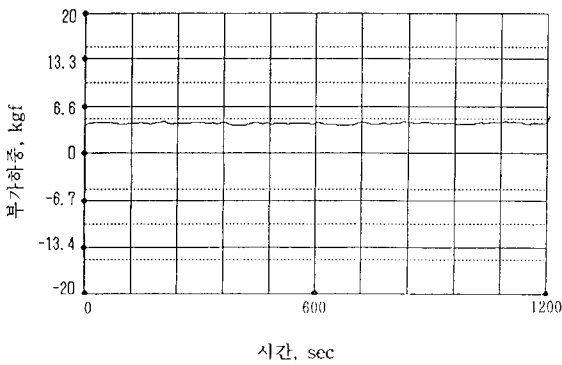
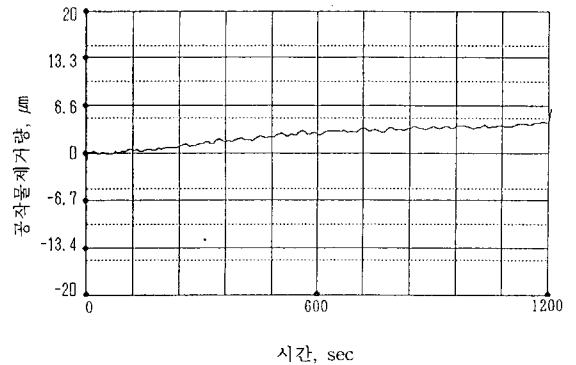


그림 3. 측정시스템의 개략도



가공조건 : 숫돌 $\phi 50 \times W5$, #600CIFB-cBN, V2500rpm,
공작물 $\phi 127 \times L80$, SUJ2, Nw20rpm
ELID조건 : 60V, 12.9A, $\tau_{on,off} 2\mu s$

그림 4 정압연삭에 있어서 부가하중의 시간변화



가공조건 : 숫돌 $\phi 50 \times W5$, #600CIFB-cBN, V2500rpm,
공작물 $\phi 127 \times L80$, SUJ2, Nw20rpm
ELID조건 : 60V, 12.9A, $\tau_{on,off} 2\mu s$

그림 5 정압연삭에 있어서 공작물제거량의 시간변화

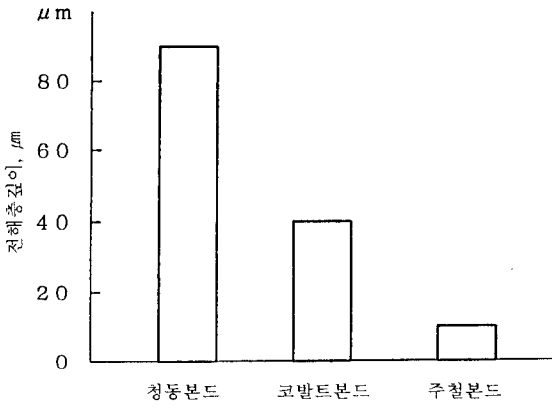
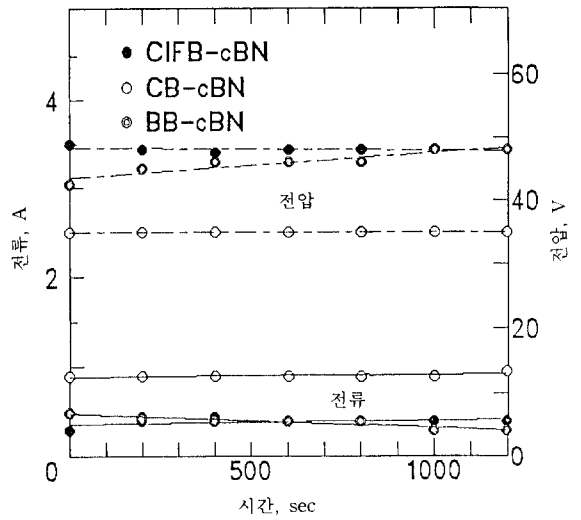
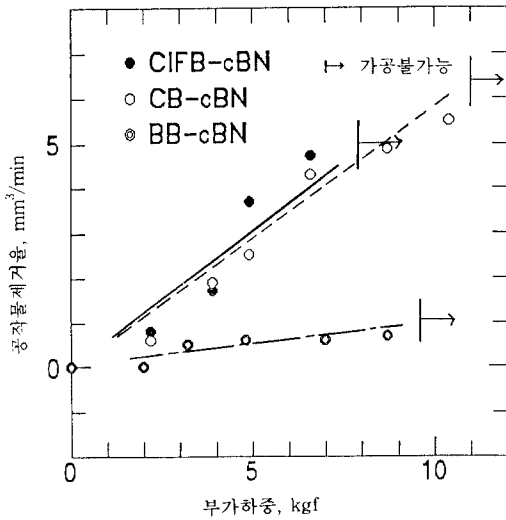


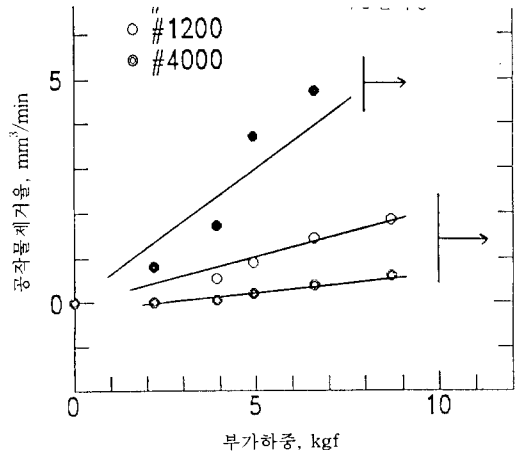
그림 6 ELID연삭에 있어서 전해층의 비교



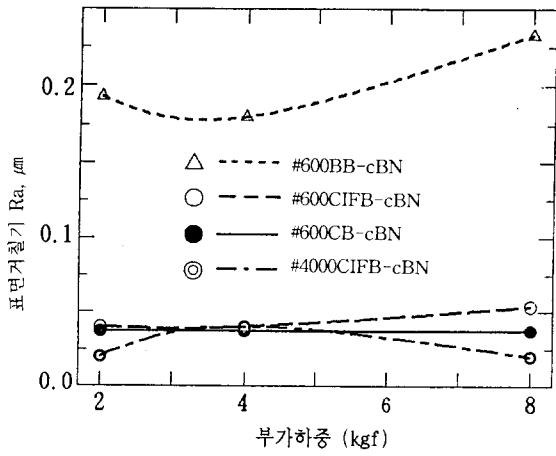
가공조건 : 스톨 $\phi 50 \times W5$, #600, V2500rpm,
공작물 $\phi 127 \times L80$, SUJ2, Nw20rpm
ELID조건 : 60V, 12.9A, $\tau_{on}, off 2\mu s$
그림 7 가공중의 ELID전류, 전압의 변화



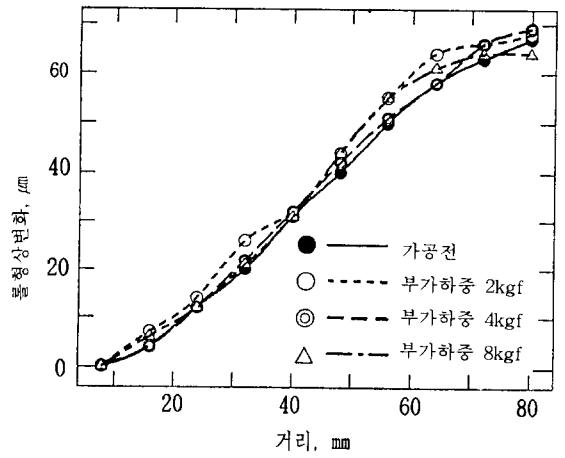
가공조건 : 스톨 $\phi 50 \times W5$, #600, V2500rpm,
공작물 $\phi 127 \times L80$, SUJ2, Nw20rpm
ELID조건 : 60V, 12.9A, $\tau_{on}, off 2\mu s$
그림 8 부가하중에 따른 가공능률의 변화



가공조건 : 스톨 $\phi 50 \times W5$, CIFB-cBN, V2500rpm,
공작물 $\phi 127 \times L80$, SUJ2, Nw20rpm
ELID조건 : 60V, 12.9A, $\tau_{on}, off 2\mu s$
그림 9 부가하중에 따른 가공능률의 변화



가공조건 : 슛돌 $\phi 50 \times W5$, V2500rpm,
 공작물 $\phi 127 \times L80$, SUJ2, Nw20rpm
 ELID조건 : 60V, 12.9A, τ_{on} , off2 μ s
 그림 10 부가하중에 따른 표면거칠기의 변화



가공조건 : 슛돌 $\phi 50 \times W5$, #600CIFB-cBN, V2500rpm,
 공작물 $\phi 127 \times L80$, SUJ2, Nw20rpm
 ELID조건 : 60V, 12.9A, τ_{on} , off2 μ s
 그림 11 트레이스연삭에서의 물형상 변화