

# 포항2열연 조압연스탠드(RM) 유압연시스템의 개발과 적용

김철희, 조준길\*, 유문석\*, 한영환\*\*  
RIST 설비기술, POSCO 열연부\* 가람기공\*\*

## Application of hot rolling oil lubrication on RM stands at Pohang Hot Rolling Mill No.2

C.H. Kim, J.K. Cho, M.S. Yoo and Y.H. Han  
RIST, POSCO, Karam machinery co.

### Abstract

Application of hot rolling oil lubrication technology was broadened to the field of RM stands of Hot Rolling Mill at Pohang works. The primary object was to improve the quality of the strip surface and the rolls by oil lubrication in hot rolling process. Prior to the actual field application preliminary test was conducted to evaluate the effect of hot rolling oil lubrication at RM stands.

From the test, it has been found that the use of oil lubrication tends to prevent the progression of the heat cracks and thereby increases the quality of the strip surface and the wear life of the rolls.

New hot rolling oil lubrication system was applied to the RM stands VSB, R1, R2, R3, R4 and edger rolls.

With the introduction of a rolling lubricant, the quality of the strip surface and rolls was improved and overall roll dressing has decreased. Also there has been a improvement of productivity from the long roll life.

Key Words: Hot Rolling Oil Lubrication, Hot Strip Mill, RM(Roughing Mill), Rolling lubricant

### 1. 서론

강판의 열간압연공정에서의 윤활은 적절한 마찰계수의 제어를 통한 압연하중의 절감(전력원단위의 절감), 롤마모의 감소(롤원단위의 절감), 강판표면의 품질향상, 롤교체주기의 연장으로부터의 생산성의 향상 등을 목적으로 행해지고 있다. 이제까지의 열간윤활압연(이하 油壓延)은 주로 마무리압연공정밀(Finishing Mill Stands)에서만 행해져 왔으나 최근 보다 엄격해져가는 강판의 표면품질에 대한 수요자의 요구를 만족시키기 위하여 상위 공정인 조압연공정밀(Roughing Mill Stands)에서 부터 유압연하는

것이 필요하게 되었다.

이는 조압연공정에서 발생한 강판의 표면흠은 마무리압연후에도 소멸되지 않고 그대로 잔존하기 때문인 것으로 알려져 있기 때문이다. 또한 RM에서 부터 FM까지 전 열간압연공정에서 윤활압연이 행해짐으로써 유압연효과를 보다 향상시킬수 있기 때문이다.

본 연구에서는 RM스탠드에 대한 유압연을 새롭게 적용함에 있어서의 예비 현장실기 평가시험과, 이를 토대로 RM의 전스탠드(VSB, R1-R4, Edgers)에 대한 유압연장치를 개발, 적용한 결과를 보고한다.

## 2. RM스탠드 유압연시스템의 개발과 적용

### 2.1. 유압연(열간윤활압연)

유압연은 압연시 롤표면에 분사된 압연유를 고온의 압연판재와 압연롤사이의 롤바이트틈새에 공급하여 윤활을 행함으로써 마찰계수를 낮추어 압연동력을 절감하고, 롤마모를 감소시키는 등의 목적으로 행해진다. 열간압연에서도 윤활효과가 나타나는 이유는 마찰조건이 비록 1000℃ 이상의 고온극한조건임에도 불구하고 접촉시간이 1/100초 이하로 매우 짧기 때문인 것으로 알려지고 있다. 그림1은 유압연의 효과를 개괄적으로 나타낸다. 원래 압연동력의 절감 등의 목적으로 시행되던 유압연은 최근 들어 스케줄 프리압연기술을 달성하기 위한 중요한 요소기술의 하나로 인식되고 있다.

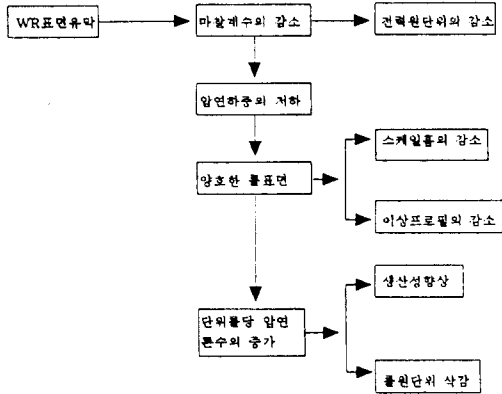


Fig.1 Effect of hot rolling oil lubrication

### 2.2 RM의 유압연효과 현장평가시험

포항2열연의 RM의 전스탠드에 대하여 유압연을 행하기에 앞서 실기에 대한 현장평가시험을 실시하여 유압연에 따른 효과를 조사하였다.

#### 2.2.1 시험장치

그림2에 보이는 바와 같이 현장에서의 이동, 설치, 제어가 용이한 간이형 유압연시험장치를 제작하였다. 수평롤용 분사노즐헤드는 R1(2Hi)의 작동을 입증한 Wiper와 압연판재 사이에 형성되는 물표면에 분사하도록 설치하였다. 또한 옛저들의 경우 R2(4Hi)의 구동축(DS)과 작

동롤축(WS)측에 물냉각수에 의한 간섭을 피하는 위치에 설치하이 옛저를 하부롤 표면에 분사하였다.

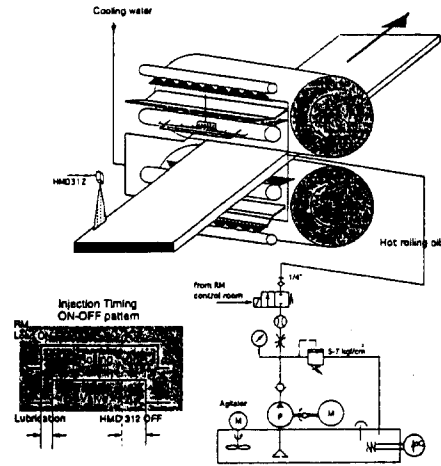


Fig.2 Oil lubrication supply unit for the field test

그림3에 보이는 분사노즐헤드의 기름+물혼합기구는 냉각수를 캐리어로 하여 압연유와 냉각수의 혼합을 분사되기 바로 직전에 난류혼합노즐에 의해 강제혼합하면서 동시에 롤표면에 분사하는 Water injection 방식을 채택하였다.

분사범위는 협폭,광폭압연에 관계없이 롤의 폭방향 전표면에 균일하게 분사하도록 설계하였다. 압연유의 농도는 실제 사용분사조건을 고려하여 0.1% ~1.0%의 범위에서 조정가능하도록 하였다.

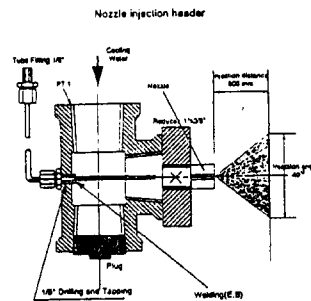


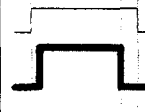

Fig.3 Spray nozzle header and Oil-water mixture mechanism

## 2.2.2 시험조건 및 방법

시험조건을 표1에 나타낸다. 분사타이밍 설정과 분사압연유농도는 판재의 슬립으로 조업에 지장을 주는 일이 없으면서 한편 적절한 윤활효과를 얻을 수 있는 시간과 농도로서 설정하였다.

RM에서의 고온강판과 물과의 접촉조건은 FM과는 다르며 특히 슬립이 발생할 위험이 많기 때문에 분사농도의 설정 및 분사타이밍의 설정에는 많은 주의를 기울였다.

Table 1. Test conditions

	수평롤	엣저롤
기름농도	0.5%	0.5%
분사방법	Water injection	Water Injection
분사타이밍	Rolling  (0.5-1.0)S (1.5S) Lubrication	Rolling  (0.5)S (3S) Lubrication

## 2.2.3 시험결과

### 1)R1(2Hi)수평롤

표2에 시험결과를 정리하여 나타낸다. 롤표면의 거칠기는 무윤활인 경우에 비해 매우 양호하며, 특히 Heat Crack의 발생 및 진전속도가 매우 완화됨으로서 선삭량이 감소하여 상당한 롤마모의 감소효과를 얻었다. 결과적으로 기존의 롤교체주기를 2배이상 연장사용할 수 있음으로서 생산성 증대를 크게 기대할 수 있음을 알 수 있었다.

### 2)Edger Roll

Adamite재질인 엣저롤의 경우에도, 윤활압연을 실시한 결과 Heat crack의 크기는 지름이 평균 5mm 정도에서 3mm 정도로 작아지고 보다 매끄러운 표면형상으로 변화하였다. 결과적으로 수평롤과 마찬가지로 마모가 대폭 줄어들어 기존의 롤교체주기를 30%이상 연장사용가능한 효과를 얻었다.

표에서 보는 바와 같이 압연동력의 감소는 2~8%로 FM의 10~20%에 비해 그다지 크지 않았다. 이는 압하율이 FM에 비해 비교적 낮기 때문으로 보인다.

그림6에 엣저롤 표면의 변화를 비교하여 나타낸다.

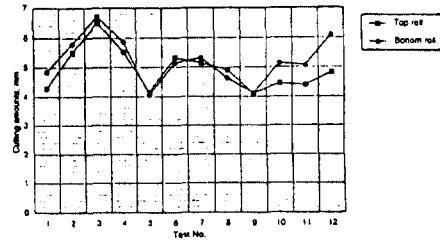
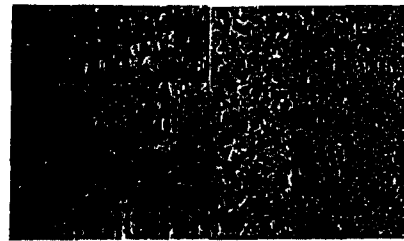
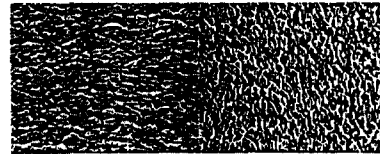


Fig. 4 Effect of oil lubrication for the horizontal roll (R1-2Hi, comparison of cutting depth)



unlubricated                      lubricated

Fig. 5. Horizontal roll surface variation with and without lubrication



unlubricated                      lubricated

Fig. 6 Comparison of the worn surface of the edger roll with and without lubrication.

Table 2. Test results

	수평률	엣저률
마모절감율	20%	40%
롤교체주기의 연 장	2배 이상	30% 이상
압연동력	-	2 ~ 8%
롤의 살표면상태	매우 양호	매우 양호

### 2.3 RM스탠드 유압연시스템

#### 2.3.1 시스템의 구성

그림7에 포함2열연밀의 레이아웃과 RM 스탠드용 유압연시스템의 배치도를 나타낸다. RM스탠드는 최초에 슬라브의 폭을 죽이는 VSB 에서 부터 시작하여 R1(2Hi), R2(4Hi, 정역운전)와 R3, R4(4Hi) 로 구성된다. 유압연공급장치는 배관작업상 VSB, R1스탠드용, R2용, R3 및 R4용의 3시스템으로 분산하여 배치하고, 전체 시스템의 제어 및 감시는 RM 주운전실에 설치한 제어패널에서 행하도록 구성하였다.

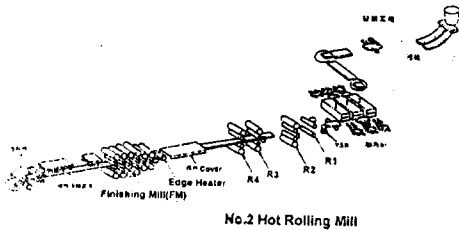


Fig. 7 Layout of the hot rolling mill No. 2 at Pohang works and RM stands

그림8, 9에 유압연시스템의 압연유과워유니트와 제어패널을 나타낸다.

압연유 과워유니트는 압연유 저장탱크와 압연유공급 유압제어유니트로 구성된다. 압연유의 분사타이밍 및 유량제어는 유압펌프를 구동하는 AC모터의 속도를 제어함으로써 얻는다. 압연유의 공급은 1 l/h ~ 11 l/h의 유량변속범위를 가지고 있다. 과워유니트는 유량레벨, 유온의 자동제어 기능과 압연유 공급상황감시기능을 갖추고 있다.

그림9에 보이는 중앙제어장치 패널은 압연유의 분사농도설정, 운전상황표시, 감시 및 경보기능을 갖추고 있다.

그림9에 보이는 중앙제어장치 패널은 압연유의 분사농도, 운전상황의 표시 및 감시, 경보기능을 갖추고 있다.

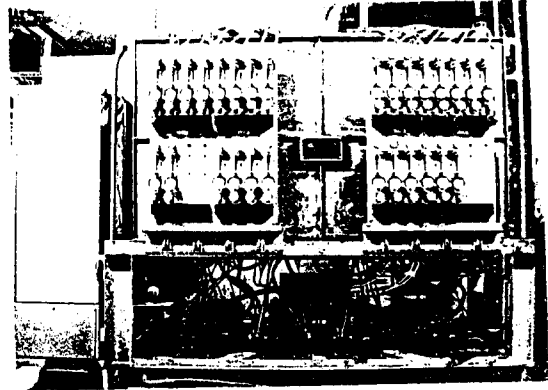


Fig. 8 Hydraulic unit of the RM rolling oil lubrication system.



Fig. 9 Control panel of the RM hot rolling oil lubrication system

#### 2.3.2 시스템의 회로

그림10에 RM유압연시스템 가운데 R2(정역운전)시스템의 유압회로를 대표적으로 나타낸다. 시스템의 특징으로서, 각각의 분사노즐에 대하여 각각의 펌프가 대응하도록 하고 기름과 냉각수가 혼합되어 분사되는 위치를 분사직전에서 행하도록 함으로써 고응답성 및 압연판재의 크기(협폭, 광폭)에 따라 분사양식을 변화시킬

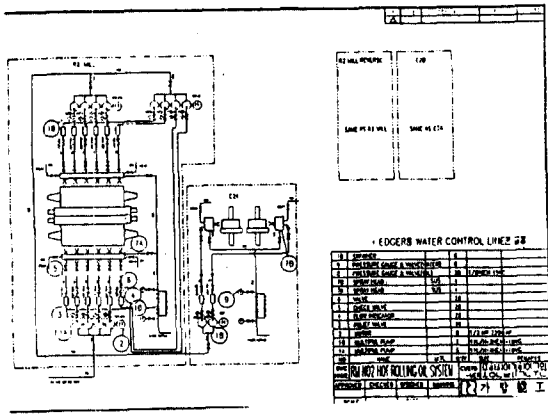


Fig. 10 Hot rolling oil lubrication hydraulic circuit (R2 system)

수 있도록 설계하였다. 또한 이 방식은 마모가 가장 심하게 발생하는 양단 모서리부에 대한 별도 분사와 상부하부롤에 대한 분사유량을 임의로 조정할 수 있도록하여 상하부 롤의 마모 편차를 균일하게 유지하도록 고려하고 있다. R1(2Hi)의 경우에는 직접 작동롤에 압연유를 분사하도록 하고, 4Hi인 R2, R3, R4는 보강롤에 분사한 다음 작동롤에 전사되도록 하였다. 이와 같이 보강롤(Backup Roll)의 출측상부에 설치한 분사노즐헤드로 부터 분사된 압연유는 회전과 함께 작동롤에 전사되어 최종적으로 롤 바이트에 공급되도록 하였다.

### 2.3.3 각스탠드에서의 유압연효과

RM에서의 유압연의 목적은 주로 롤의 살표면이 거칠어지는 것을 방지함으로써 강판의 표면 품질을 확보하는데 주안을 두고 행하여 각스탠드에 대한 효과를 조사하였다.

#### 1) VSB:

VSB Roll의 살표면이 거칠어지는 것을 방지하기 위하여 롤표면에 대한 윤활을 실시하여 양호한 롤표면을 얻을 수 있었다.

#### 2) R1

Adamite재의 2Hi Roll에 대하여 유압연을 실시한 결과 살표면거칠음과 늘어붙음을 현저하게 억제되어 표면이 상당히 양호하였으며, Heat

crack의 발생이 억제되어 롤선삭량이 감소되어 마모가 억제되는 효과를 얻었다.

그림11에 무윤활압연과 윤활압연시의 롤의 살표면을 비교하여 나타낸다.

#### 3) R2

4Hi Roll의 살표면거칠음과 늘어붙음을 억제하고 마모를 줄이며 또한 강판표면의 품질향상을 목적으로 Backup Roll윤활방식을 실시하였다. 그림12에 무윤활압연과 윤활압연시의 롤의 살표면을 비교하여 나타낸다.

#### 4) R3, R4

2Hi Roll의 살표면거칠음과 늘어붙음을 억제하고 마모를 줄이며 또한 강판표면의 품질향상을 목적으로 Backup Roll윤활방식을 실시하였다. 그림13에 무윤활압연과 윤활압연시의 롤의 살표면을 비교하여 나타낸다.

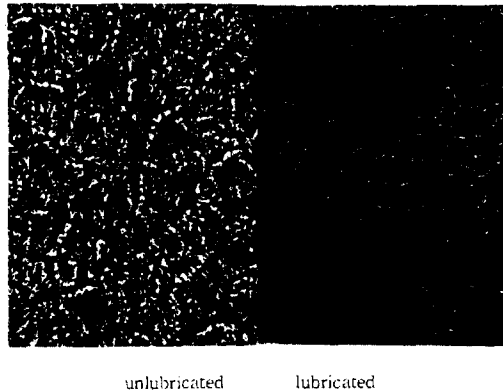


Fig. 11 Roll surface profile variation with and without lubrication (R1)

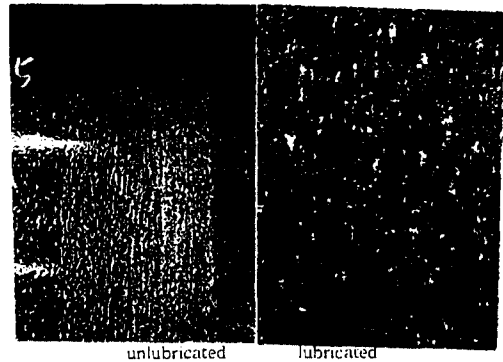


Fig. 12 Roll surface profile variation with and without lubrication(R2)

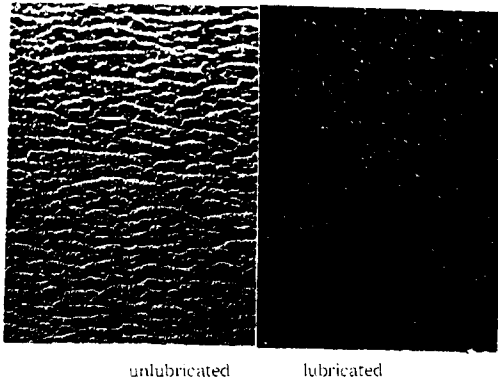


Fig. 13 Roll surface profile variation with and without lubrication.(R3)

### 3. 결론

강판의 열간압연공정에 있어 RM스탠드에 대한 윤활압연(유압연)을 행하기 위해, 현장실기 평가시험을 실시하여 그 효과를 파악하였다. 이를 토대로 RM의 전스탠드(VSB, R1-R4, Edgers)에 적용하기 위한 열간윤활압연장치를 새로 개발하여 현장적용함으로써 소기의 성과를 얻을 수 있었다.

향후 열간윤활압연효과를 보다 극대화할 수 있는 방안과 판재의 종류, 폭, 압연조건에 대응하는 최적윤활조건 설정, 강판의 표면품질향상을 주목적으로 하는 열간압연유에 대한 검토등이 필요한 것으로 생각된다.

### 참고문헌

1. 김철희, "유압연 최적사용기술 개발", 산업과학기술연구소, 1996.
2. 김철희, "미니밀에 있어서의 유압연기술개발", 포항산업과학연구원, 1997.
3. "壓延におけるトライボロジー", 日本鐵鋼協會, 第148/149回 西山記念技術講座, 1994
4. C. L. Robinson and F. J. Westlake, "Roll lubrication in Hot Strip Mills", CEL/PH/1/73
5. William L. Robert, " Hot Rolling of Steel", Marcel Dekker, Inc., 1983