

(포항)냉연 New AGC 적용기술

김철종*, 이동선**, 박남수***
냉연부, 포항제철소, (주)포항종합제철*, **
전기제어설비부, 포항제철소***

Application of New AGC to the Cold Rolling Mills of Pohang Works

C.J.Kim*, D.S.Lee** and N.S.Park***
Cold Rolling Department, Pohang Works, POSCO*,**
Electrical Control Maintenance Department, Pohang Works, POSCO***

Abstract

As the customer demands thickness quality stricter, new techniques of automatic thickness control(AGC), is adopted to continuous cold rolling mills. The cold rolling mills of Pohang Works have revamped the existing conventional AGC systems into a new AGC system that controls the thickness at all-stands automatically by the mass flow AGC based on the measurement of strip-speed and thickness between mill stands. The No.2 Cold Rolling Mill has adopted the New AGC system since Oct. 1995, and The No.1 Cold Rolling Mill since June. 1999. Thanks to the New AGC system, precise control of thickness is possible not only at constant rolling speed region, but also during line speed up and down. This report describes application techniques of the New AGC system and performance of the system.

Key words : Conventional AGC, Mass Flow

1. New AGC 적용 배경

냉연 수요자들의 두께 품질에 대한 요구는 갈수록 엄격해지고 있으며, 이에 대한 냉연 Mill들의 두께품질에 대한 개선 의지도 강해, 폭방향 두께 품질에 대해서는 6 High 압연기의 도입 및 Work Roll 및 중간 Roll Shifting을 통해 고정도의 폭방향 두께 품질뿐만 아니라 실수율 향상의 효과도 얻고 있다. 수요자들이 원하는 두께 엄격재의 두께 정도는 $\pm 1.5\%$ 수준으로 이에 대응한 중심선 길이방향 두께 편차는 $\pm 0.5\%$ 이내를 달성해야 한다.

종전의 (포)냉연에 적용됐던 AGC(Automatic Gauge Control) 형태는 No.1 및 Final Stand에 집중돼 있었으며, 중간 Stand에서는 두께제어보다는 장력제어를 실시토록 구성되어 있었다.

그러나 수요자들의 두께 요구수준에 맞추기 위해서는, 종래의 AGC 제어방법 및 Hardware로는 불가능하다고 판단되어 새로운 형태의 두께제어 방식을 채용할 것을 검토하였으며 전 Stand 두께제어가 가능한 Mass Flow AGC가 효율적이라고 판단되어 이를 도입하였다. 이를 위해 각 Stand 전후방에 판속계를 설치하고 판소공과 판두께를 공급한 Mass Flow가 항상 일정하도록 압연기의 롤간격을 조정하는 Mass Flow AGC를 실현시켜 정속구간은 물론이고 가감속 구간에서도 두께제어가 정밀하게 이루어질 수 있게 되었다. 아래 Table 1에 두께 엄격재 및 작업 방법에 대해 간략히 소개한다.

Table 1 Description of Thickness Tolerance for High Quality

Mill	Product	Customer's Demand	Remarks
PIC	D&I (Drawn&Ironed)	- Thickness Deviation : Total $\pm 1.4\%$ - 30~40mm Edge Trimming(in Recoilin	- W/R Shift - H/C Profile(50um)
P2C	EG VTR DECK	- Thickness Deviation : $\pm 1.5\%$ (Center~Edge 60mm)	- IMR Shift Control

2. (포)냉연 New AGC 적용 현황

2.1 New AGC 적용 전, 후 현황비교

2.1.1 Hardware 비교

Table 2와 같이 P2C(포항 2냉연)의 경우, Push-up System이나 Motor 응답성에 대한 개조없이 판속계를 전 Stand에 설치하여 신 AGC를 구현했으며, PIC(포항 1냉연)의 경우는, 판속계를 전 Stand에 설치하고 동시에 Push-up System과 Motor Drive System에 대한 신예화 투자로 신 AGC 적용에 따른 두께 제어 효과를 극대화시키고자 하였다. 이로서 Roll Gap 및 Speed 제어 응답성이 10배 정도 향상되었으며, 전 Stand 간에 X-Ray 두께계를 설치하여 두께를 측정할 수 있었다.

Table 2 Comparison of Hardware in Pohang Cold Rolling Mill

Items		P2C('95.10)		PIC('99.6)	
		Before	After	Before	After
Speedmeter		-	Entry,Exit Of Each Stand (5EA)	-	Entry,Exit Of Each Stand (6EA)
Push-up Response Time		8.0 Hz	-	2.3 Hz	20 Hz (Hyrop-F)
Motor	Type	DC	-	DC	AC
	Control Type	Digital	-	Analogue	Digital
	Response Time	4 rad/sec	-	4 rad/sec	40 rad/sec
Thickness Gauge		-X-ray:#1 Entry #4 Exit - γ -ray:#1,2,3 Exit	-	-X-ray:#5 Exit - γ -ray:#1 Entry, Exit #5 Exit	-X-ray:Entry, Exit Of Each Stand (7EA)

2.1.2 AGC Software 비교

Table 3은 PIC의 경우 Conventional AGC와 New AGC의 제어종류 및 제어수단을 비교한 것이다. Mass Flow를 이용하여 전 스탠드에서 속도변화에 대한 장력변동을 ATR(Automatic Tension Regulator)로 제어하는 New AGC과는 달리, 기존의 AGC에서는 No.1 Stand 및 Final Stand 출측두께만을 제어 목표로 하고 스탠드 간 장력 제어는 ATL(Automatic Tension Limit Control)로 한다. Fig.1은 Conventional AGC중 BISRA AGC, Feed Back(Monitor) AGC에 대해 제어 Block를 나타낸 것이다.

Table 3 Comparison of AGC Type

Conventional AGC			New AGC		
AGC Name	Actuator	Target	AGC Name	Actuator	Target
#1STD BISRA, FF, FB, REC	#1STD Roll Gap	#1STD Exit Thickness	#1STD BISRA, FF, FB, REC	#1STD Roll Gap	#1STD Exit Thickness
#2,3,4STD (Without Control)	-	-	#2,3,4,5STD Mass Flow	#1,2,3,4STD Speed	Exit Thickness Of Each STD
#5STD FB	#4STD Speed	#5STD Exit Thickness	#2,3,4,5STD ATR, Non-Interactive	#2,3,4,5STD Roll Gap	Inter-stand Tension
ATL	Roll Gap Of Each Stand	Inter-stand Tension	(Dull Roll Applied) #5STD Mass Flow #5STD ATR, Non-Interactive	#3STD Speed #4STD Speed	#5STD Exit Thickness #4~5STD Tension

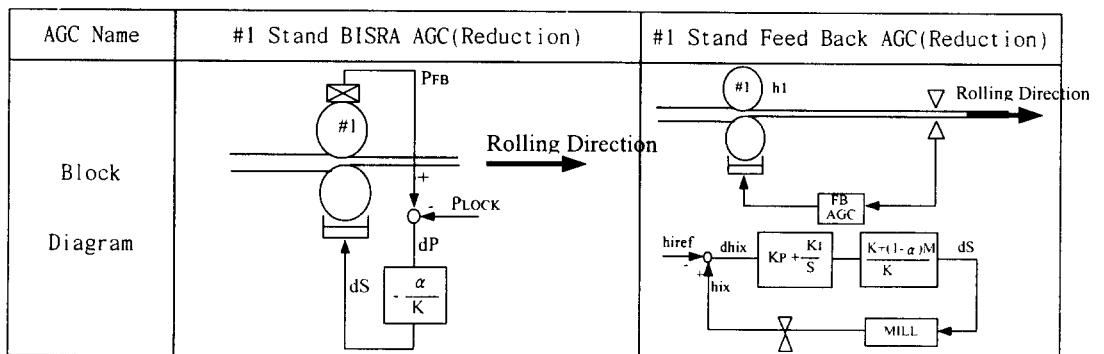


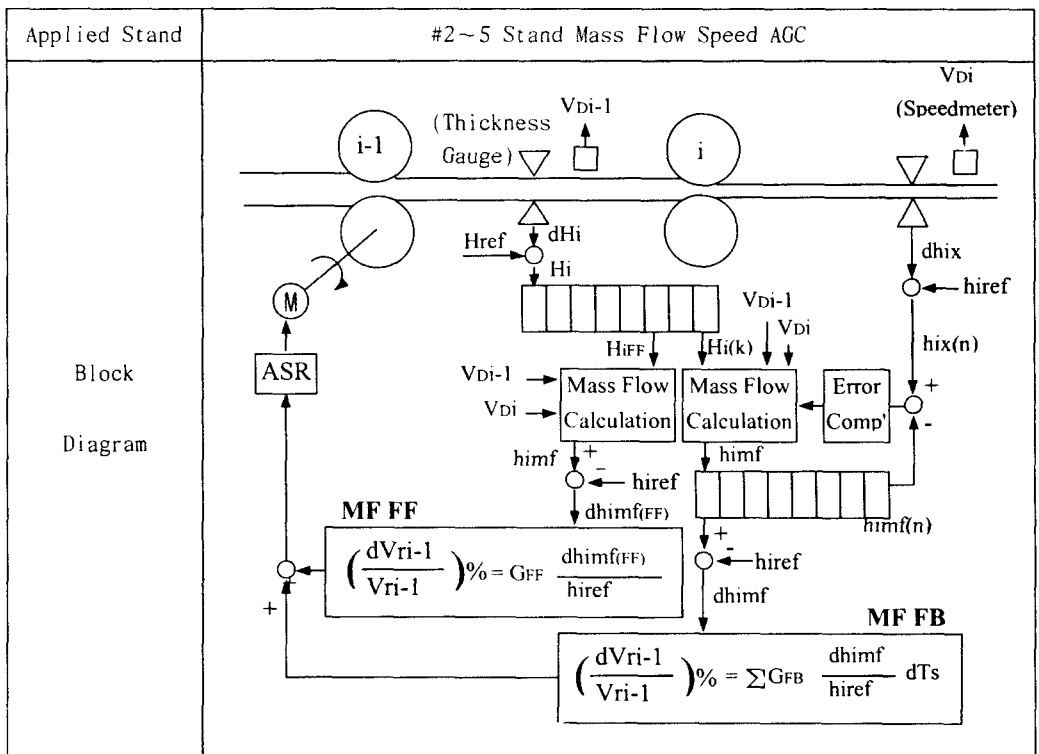
Fig.1 Application Method for Conventional AGC

No.1 Stand BISRA AGC는 No.1 Stand 통관시 또는 FGC(Flying Gauge Control) 완료시 결정된 Lock-on 하중으로 실 압연하중을 Feed Back하여 Lock on 하중과의 편차로써 BISRA Gain α 와 Mill 강성 K와의 관계식에 의해 롤갭편차를 계산하여 제어하는 방식이며, 그 특징으로는 모재 재질편차 제어에 효과적이며, 전송시간지연이 거의 없어 응답성이 빠르다. 이번에 New AGC 적용시 BISRA Logic을 AGC PLC에 구현하지 않고 유압압하 제어장치인 Hyrop에 구현하므로써 응답성을 대폭 향상시켰다. [PLC(20ms)→Hyrop(수ms)]

No.1 Stand Feed Back AGC는 출측두께에서 검출한 두께를 설정치와 비교하여 두께편차의 절대치를 "0"로 만들도록 적분제어하는 것이며, 그 특징으로는 목표두께에서 벗어난 두께편차를 제어하나, Stand로 부터 두께계까지 이송시간지연이 있다.

Fig.2 는 New AGC 적용시의 Mass Flow AGC 제어 Block이다.

Fig.2 Mass Flow Speed AGC



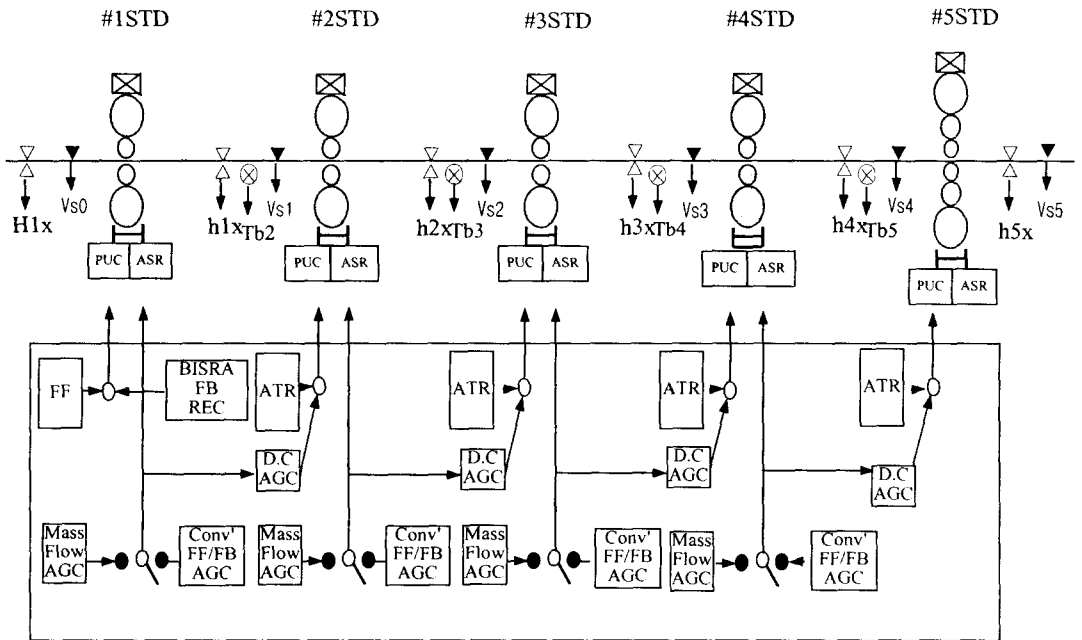
Mass Flow 계산을 통해 Roll 속도 제어에 의한 두께제어 원리는 i Stand 출측두께가 dhi 만큼 두께계 검출되었을 경우 Mass Flow식에 의해 전방스탠드의 롤속도를 감속하여 두께편차를 제거하며, 이 제어의 영향으로 $i-1$ 와 i Stand 사이의 장력이 커지면 ($\tau_{bi} + d\tau_{bi}$) 장력일정제어(ATR)가 동작하여 i Stand의 롤갭을 close하여 장력을 원 위치 시키는 것이다. ($\tau_{bi} - d\tau_{bi}$)

그 특징으로는 Stand 전후방의 판속계 및 판두께를 이용하여 Mass Flow 일정법칙을 두께제어에 실현함으로써 고정도의 두께제어가 가능하다.

Fig.3은 PIC의 경우 New AGC 적용후의 전체 Block Diagram이다. Fig.3에서 압하 비간섭 제어가 적용되는데 예를 들면 압연 가속시 해당 Stand 출측 두께는 얇게 되며, Mass Flow AGC는 판두께를 두껍게 제어하기 위해 전방 Stand Roll 속도를 높인다. Roll 속도가 상승하면 장력이 떨어지는데 이 장력변동이 판두께 제어의 외란이 되기때문에, 장력이 떨어지는 정도만큼 해당 Stand 압하 위치를 변경하여 장력 변동을 방지한다.

즉, Mass Flow AGC 제어로 인한 전방 Stand의 Roll 속도 변화량과 입측두께 편차량에 의한 Stand간 장력 변화량을 예측하여 해당 Stand의 Roll Gap을 적정 제어하는 것이다. 또한, Stand 간 장력을 검출하여, 장력 Reference 값과의 편차를 "0"로 만드는 압하장치 동작인 ATR 제어가 실시된다. 그리고, Final Stand에 Dull Roll 적용시 하중 일정 제어를 실시하는데 예를들어, Final Stand 출측두께편차가 두꺼울 경우 → 전방 Stand Roll Speed Down → 장력상승 → Final Stand Roll Gap Close 제어가 되는데, Bright Roll 대신 Dull Roll을 사용하게 되면, Roll Gap 제어에 따른 Final Stand Roll Force가 과다하게 상승하기 때문에 형상제어 등에 악영향을 미친다. 따라서, Dull Roll일 경우 Final Stand에 Mass Flow 제어를 행하지 않고, Final Stand 출측두께를 제어하기위해 No.3 Stand Roll Speed를 제어하게 된다.

Fig.3 Schematic Diagram of New AGC



2.2 New AGC 적용결과

P2C의 경우, New AGC 적용후 압연 정속구간에서 뿐만 아니라, 가감속 구간등에서 두께 편차가 개선 되었으며, Fig.4와 Fig.5는 New AGC 적용 전,후의 두께 편차의 개선 실적이다.

Fig.4 Comparison of Thickness Deviation before and after New AGC Adaptation

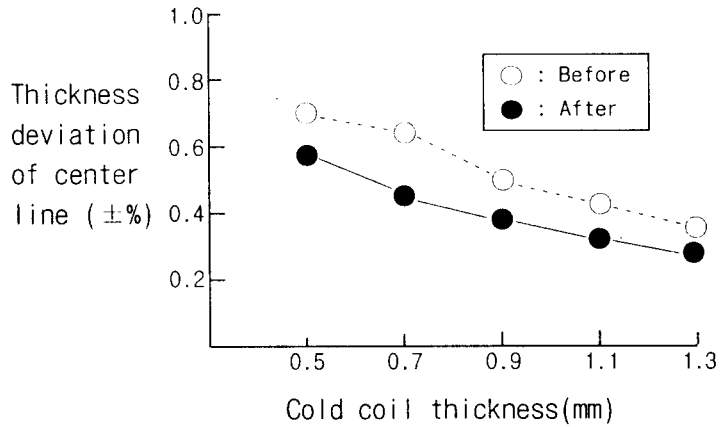
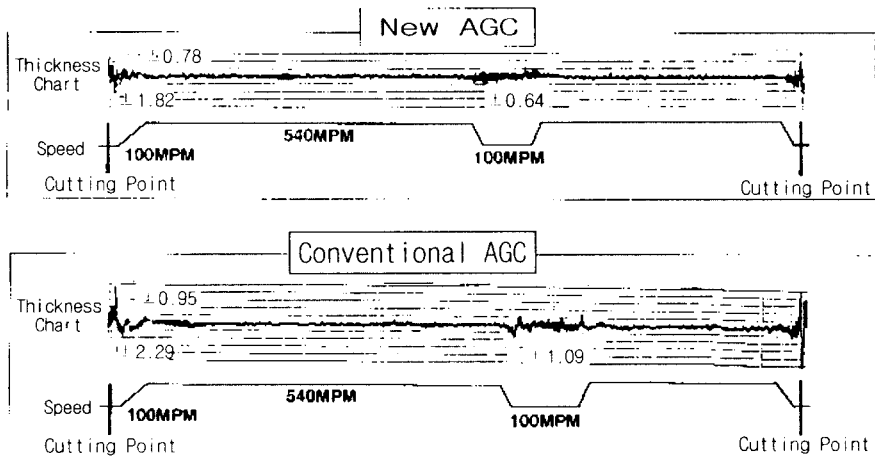


Fig.5 Comparison of Thickness Devication before and after New AGC Adaptation According to Rolling Speed



3. Final Stand Mass Flow AGC 적용시 Roll Force 상승현상

PIC의 경우 압연 Speed Up시 Final Stand의 Roll Force가 급격히 증가하는 현상이 발생되었는데, Final Stand Mass Flow 제어시 Tension Hunting에 의한 ATR 제어(Final Stand Roll Gap 제어)가 계속적으로 실시되기 때문이다. Fig.6은 Final Stand의 압연속도 증가시 Tension 및 Roll Force가 Hunting하는 현상을 나타낸 것이다.

따라서, No.4~5 Stand간 장력의 상승으로 인한 ATR 제어시 Roll Force가 계속 상승함으로써, 정상적인 압연작업이 곤란하여, Fig.7과 같이 ATR의 Up 제어범위를 Reference 대비 30% 초과시 제어 실시토록 조정하였다.

Fig.6 Final Stand Rolling Demonstration in Speed-up(Mass Flow)

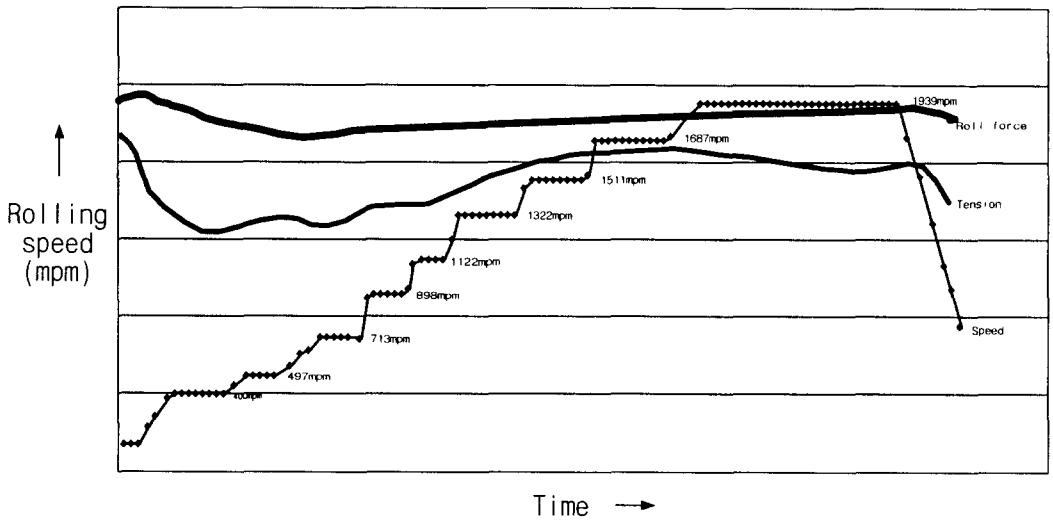
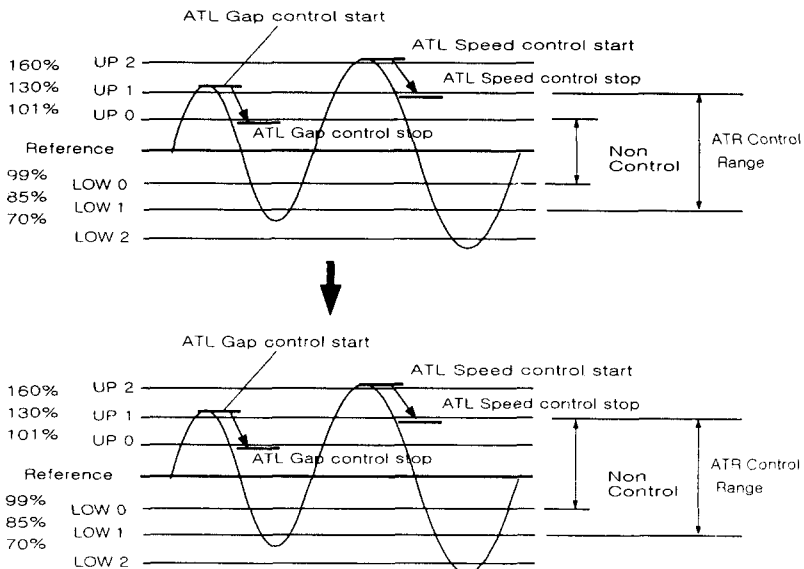


Fig.7 ATR Control Range Between No.4 And No.5 Stand



4. 결 론

이상과 같이 포항 냉연 Mill에서는 New AGC 적용에 의해 길이방향 두께편차에 있어 선진수준의 두께품질을 확보하였으며, 작업성 측면에서도 안정적인 압연작업을 수행케 되었다.

또한, 압연속도의 가감속에 따른 두께 Hunting도 대폭 개선시킬수 있었으며, 실수율 향상에의 효과도 크다고 하겠다.

앞으로 지속적으로 각종 Parameter에 대한 Fine Tunning을 실시하며, 판속계등에 대한 설비 관리 및 실제 운영상의 제반 문제점을 보완하여, 고정도의 두께품질이 안정적으로 유지될수 있도록 노력할 것이다.