

열연 공정의 Expert System 응용

백 기남* 최 승갑* 전 윤식* 김 기홍*
* 산업 과학 기술 연구소

An Application of Expert System for Hot Rolling Process

K.N. Paek* S.G. Choi* Y.S. Chun* K.H. Kim*
* Research Institute of Industrial Science and Technology

ABSTRACT

In this paper, computer control system is introduced for the reheating furnace in steel making process, and in order to support computer system and process operation, the configuration of expert system application is demonstrated briefly, which is under development.

1. 서론

철강 process에서는 electronics를 중심으로 한 기술 진보에 맞추어 자동화나 computer를 이용한 시스템화에 관한 새로운 기술 도입에 적극적으로 대처해 왔다. 그 중 AI의 한 분야인 Expert System의 응용은 성력화와 설비·조업의 개선을 위하여 철강 process의 새로운 시스템화 기술·제어 기술로서 최근 주목을 모으고 있다.

본 연구에서는 철강 process의 제품화 단계인 열연 공정의 가열로 연소 제어 모델에 대한 계산기 제어의 개요와, 조업 지원 시스템으로 개발중인 on-line real-time Expert System에 관하여 소개한다.

2. 가열로의 계산기 제어

2.1 가열로의 개요

철강 process에서의 압연 라인은 에너지 소비가 대단히 큰 공정이며, 그 중에서도 소재를 가열하는 가열로(reheating furnace)는 압연 라인 소비 에너지의 약 절반을 차지하고 있어 에너지 대책상 매우 중요할 뿐만 아니라, 소재의 단순 가열 설비 차원을 넘어 제품 품질의 요인을 결정하는 요소로 작용하고 있고, 특히 최근의 다 품종 소량 생산 및 품질의 고급화 추세에 따라 고도의 조업 기술을 요구하고 있다.

가열로는 노의 장입속으로부터 예열대, 가열대, 균열대 등 3개의 제어대로 구성되며, 강재의 온도 θ_{in} 으로 장입되어 추출 목표 온도 θ_{out} 까지 가열된다. 추출 목표 온도에는 목표 평균 온도와 목표 균열도(강재 내부의 최고·최저 온도 차)가 있어, 가열로 제어시 이 두가지를 만족시키도록 승온 pattern을 결정하게 되며, 가열로의 개략 구성을 그림 1.에 나타내었다.

2.2 가열로 연소 제어 모델

가열로의 소비 에너지를 최소화하고 강재의 추출 목표 온도와 추출 시각을 적중시키기 위하여 가열로 계산기 제어용 모델은 다음과 같이 크게 4부분으로 나눌 수 있다.

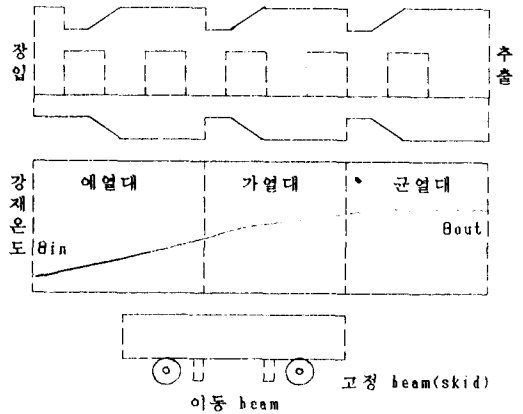
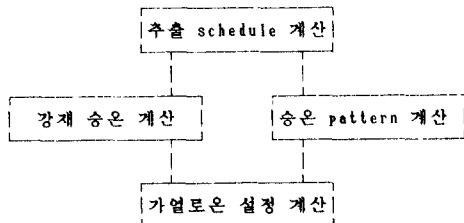


그림 1. 가열로의 구성 및 승온 pattern

(1)추출 schedule 계산 : 각 강재의 노내 위치, 추출 시까지의 남은 시간 계산 및 추출 schedule의 시각 예측을 행한다.

(2)강제 승온 계산 : 강제 내부 온도를 skid부와 비 skid부에 대하여 장입시 온도를 초기치로한 2차원 근사 열전도 방정식의 차분해를 구한다.

(3)승온 pattern 계산 : 각 강재가 가지고 있는 가열 제약 조건을 만족하고, 소비 에너지가 최소가 되도록 최적 대별 노온을 결정한다.

(4)가열 노온 설정 계산 : (3)의 최적 승온 pattern에 대하여 현재의 설정 노온을 유지하면서 일정 시간 경과 후의 편차가 최소가 되도록 현 설정 노온의 보정치를 계산한다.

3. 가열로 계산기 제어에의 Expert System 응용

3.1 계산기 시스템의 구성

가열로 연소제어 AI 처리는 PROLOG 및 AI 수법에 의한 AI 처리부와 수식 모델을 주제로 한 비 AI 처리부에 의하여 실현된다. AI 처리는 PROLOG로 기술된 추론부, rule부 및 FORTRAN으로 기술된 타 기능 resource와의 interface부로 구성되며, 비 AI 처리부로부터의 처리 요구에 따라 이동되어 각종 결정 처리·판단 처리를 행한다.

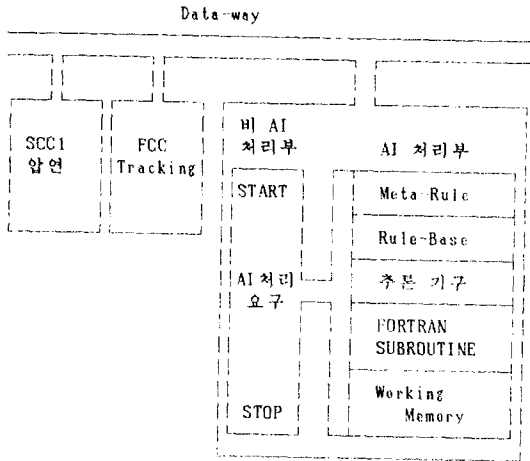
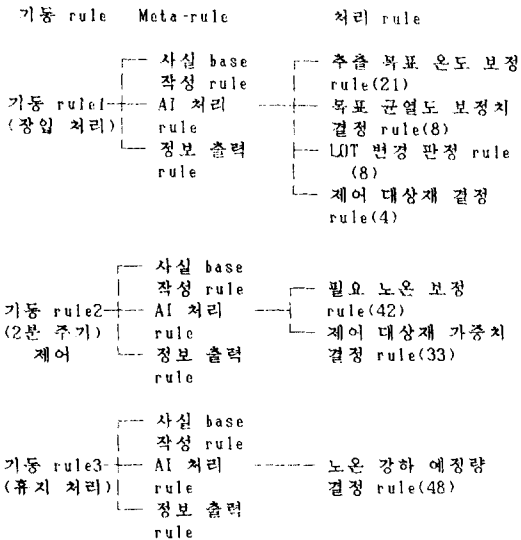


그림 2. AI 처리 기능 관련도

3.2 Rule의 체계



기동 rule은 기능 단위 최상위 rule로 입력 처리 rule-추론 처리 rule-출력 처리 rule을 순차적으로 기동시킨다. 추론 처리 rule-block의 상위 rule인 meta-rule은 각 추론 처리의 순서와 처리 loop를 관리하고, 처리 rule은 각 처리 단위에 추론을 행하기 위한 rule군을 나타내며 operator의 지식, 제어 해석 결과등을 지식화한 것이다. 각 rule은 IF-THEN 형을 취하고 있으며 PROLOG로 기술되어 상기의 처리 기능에 의하여 실행된다. 기동 rule 및 meta-rule은 기본 처리 기능으로 원칙적으로 변화가 없으나, 처리 rule은 추가 또는 삭제로 처리의 고급화를 이룩한다.

3.3 추론 기능

기본적인 추론 처리는 PROLOG가 가지고 있는 후향 추론 기능에 의하여 전체의 추론 처리는 하기의 순으로 순차 처리한다.

- (1) Meta-rule의 입력 처리에 의하여 추론을 위한 사실 rule을 working-memory상으로 올려 놓는다.
- (2) 각 rule-block을 hit하여 사실 rule을 조건부로 하는 production rule에 의하여 전향 추론을 행한다.
- (3) 중간 결과를 working-memory상에 쓰고 다른 rule-block의 조건부로 link하여 추론을 진행한다.
- (4) 추론 결과를 working-memory상에 쓴다.
- (5) Meta-rule의 출력 처리 기능에 의하여 working-memory상의 추론결과를 외부로 출력한다.

4. 결론

철강 process의 열연 공정에 Expert System 응용의 첫 단계로 에너지 다 소비 공장이며 강재의 품질에 영향을 주는 가열로에 대한 계산기 제어의 개요와 조업 지원 시스템으로 개발중인 on-line real-time Expert System의 구조 및 기능에 대하여 소개하였다.

국내의 철강 process에 Expert System의 응용은 아직 초기단계에 있으나 새로운 시스템화 기술 및 제어 기술로서 점차 확대 발전되어 전 공정에 걸쳐 도입·개발될 것으로 전망된다.

5. 참고 문헌

- (1) Y. Tsunozaki et al., "An Expert System for Blast Furnace Control at Fukuyama Works," NIPPON KOKAN TECHNICAL REPORT Overseas No.51, pp.1-10, 1987.
- (2) 湯井 勝彦 他, "高爐プロセス操業監視支援における知識システムの適用," 計測 制御, Vol.26, No.8, pp.62-69, 1987.
- (3) J. Yamasaki et al., "Application of Knowledge Engineering in Steel Industry," 日本 機械 學會誌 第90卷 第820號 pp.36-41, 1987.
- (4) 谷藤 眞也 他, "知識 工學を用いた鐵鋼 加熱爐 燃燒 制御," T. IEE Japan, Vol.107-C, No.8, pp.758-765, 1987.