

열처리로 승온 상태 모니터링을 통한 분위기 온도 최적화 방안

이정훈^{1,2*}, 이로운², 홍승택²

¹한국산업기술대학교 컴퓨터공학과, ²한국생산기술연구원

Study on the optimization of ambient temperature through monitoring of heat treatment furnace temperature rise

Jeong-Hoon Lee^{1,2*}, Ro-Woon Lee², Seung-Taek Hong²

¹Division of Computer Engineering, Korea Polytechnic University

²Korea Institute of Industrial Technology

요 약 열처리 공정은 긴 공정시간, 전문 인력 부족, 근로자 위험지대 감시 등 현장의 요구가 다양하며 특히 승온 과정 시 목표 온도 값과 내부 분위기 온도 차로 인해 내부 열처리 시편 상태에 대한 불확실한 요소가 있으므로 본 논문에서는 중점 연구방법으로 내부 열원 값의 변화율에 대한 모니터링을 기반으로 목표 온도 값을 예상해서 출력과 온도를 자동으로 제어하는 최적화 제어 방안 적용 전 후를 비교하는 실험적 방법으로 열처리 공정을 비교 조사하여 적용 전 알루미늄 7056 시편의 열처리 소준(표준화) 공정에서 120℃를 목표로 30분간 진행하고 이를 센서를 통해 수집된 데이터 조사방법을 통해 목표온도보다 12.6℃ 낮은 107.4℃로 효율이 저하(89.5%)되는 문제점을 발견하고 이후 소프트웨어적 알고리즘을 통해 내부 온도의 회귀적 변화를 예측해 가열과 감온을 자동적으로 조정하는 열처리로 분위기 온도 최적화 방안을 적용함에 있어 실시간 내부 온도 데이터를 센서컨트롤러의 프로토콜에 따라 미들웨어에서 송수신하여 해석하고 이를 원격의 서버에 저장함과 동시에 회귀적으로 목표온도를 예측하여 실시간으로 온도 제어를 진행함으로써 최종적으로 내부 분위기 온도를 동 시간에 목표온도인 120℃에 수렴토록 개선해 100%의 목표 효율에 근접되는 실험 결과를 확인하였고 이 결과를 통한 최적화 방안을 적용해 향후 열처리 내부 온도 제어 분야에 다양하게 활용 될 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract In the heat treatment process, the problems in the field are diverse, such as long processing times, a lack of professional manpower, and monitoring hazardous areas to protect workers. In particular, during temperature increases, there are uncertain factors about the internal state of the heat treatment specimen due to the difference between the target temperature and the specimen's internal ambient temperature. As a research method, a test for heating 7056 aluminum to 120 degrees for 30 minutes was conducted for a standardization process based on monitoring the change rate of the internal heat source value. To improve this process, we applied a heat-treatment furnace ambient-temperature optimization method that automatically adjusts heating and temperature reduction by predicting the regressive changes in the internal temperature. The improved internal ambient temperature converged to the target temperature of 120℃ at the same time, achieving 100% target efficiency. Based on the results, we expect that this optimization method can be applied in various fields for heat-treatment internal-temperature control in the future.

Keywords : Heat Treatment, AI, IOT, Ppuri Industry, Processing Monitoring

본 논문은 한국생산기술연구원 "Add-on 모듈 탑재를 통한 지능형 뿌리공정 기술개발(KITECH EO-21-0009)" 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jeong-Hoon, Lee(Korea Institute of Industrial Technology.)

email: kokonut@kitech.re.kr

Received June 21, 2021

Accepted August 5, 2021

Revised July 15, 2021

Published August 31, 2021

1. 서론

1.1 연구의 배경과 필요성

열처리는 국가 뿌리산업 진흥법에 따른 6대 뿌리산업 중 하나인 열처리 공정기술을 총칭한다. 주로 금속재료의 표면과 내적 성질의 개량을 위해서 필수적인 공정으로 자동차, 조선, 전기전자 부문에 활용되는 금속소재 성능을 결정하는 역할을 담당한다[1].

열처리를 통하면 소재의 변형이 진행되고 그 진행조건에 따라 원하는 조직과 특성을 소재가 가질 수 있도록 조절할 수 있다. 이러한 특징을 종합해 보면 열처리는 소재를 대상으로 열을 가하거나 열을 빼앗음으로 원하는 성질을 가질 수 있도록 조절하는 기술적 개입으로 정의할 수 있다.

소재에 열처리를 진행하는 종류로는 열원을 가해 조직을 표준화된 상태로 만드는 소준(표준화), 연하게 만드는 소둔(불림), 치밀하게 만드는 소려(뜨임), 강하게 만드는 소입(담금질) 등이 있다. 이러한 소재 변화의 작용 모두 열을 가하거나 빼앗는 일련의 열처리 작업을 통해 진행된다. 열처리는 챔버와 같은 밀폐된 공간에서 열처리를 진행하는 단속(Batch) 공정과 다양한 설비를 활용해 소준, 소둔, 소려, 소입 등을 이어서 진행하는 연속(Continuous) 공정으로 나뉜다. 단속공정의 경우, 열처리를 진행하는 밀폐 챔버는 열원과 내화제로 구성되어 있고 내화제는 보온, 단열재의 역할을 하고 있다.

열처리에 사용되는 열원은 니켈과 크롬을 활용해 전기저항을 발생시키는 전기로 뿐만 아니라 그래파이트, 고주파유도, 전자빔, 플라즈마 등 다양한 열원을 사용한다. 이외에도 열처리의 열원 상태를 파악하는 온도측정기인 열전대와 전자 계전기 역할을 하는 컨트롤러를 통해 전자적 제어가 가능하도록 구성되어 있다.

금속 소재마다 용해되는 온도 값이 상이하기 때문에 이에 따라 활용하는 열처리로의 열원이 달라진다. 본 논문에서는 철의 용융점인 1,420도 보다 낮은 용융점을 갖는 합금을 대상으로 열처리를 진행하는 전기로 방식을 기반으로 열원 제어를 효율화 할수 있는 방안을 연구하였다. 전기저항을 통한 열처리 공정에서 빈번히 발생하는 문제점은 사용자가 원하는 특정 온도 값으로 전기저항을 통해 열원을 승온 시켰을 때 전기로 내 분위기 온도가 목표 온도 보다 높거나 낮게 되어 대상 소재의 성질에 영향을 주는 변수가 발생한다는 점이다. 이를 조정하기 위해 수동으로 소재의 온도변화를 측정해 가면서 열처리로를 운영하기엔 열처리 공정의 특성상 실험자가 지속 관찰하

기 어렵고 실험자가 열원에 근접해야 된다는 안전적인 문제까지 발생 할 위험성이 있다. 본 논문에서는 회귀적 방법으로 열원 상승에 따른 온도 데이터를 센서 통신을 통해 프로그램이 모니터링 하면서 목표 열원값과 실제 열처리로 내부의 온도가 최적화 되게 조정하게 하는 소프트웨어적인 접근 방안을 제안코자 한다.

본 논문의 구성은 1장에서는 연구의 배경 및 연구동향에 대해 논하며, 2장 본문에서는 모니터링 시스템과 프로그램 개발에 대해 구조적으로 설명하고 기존 기계적 열처리 승온 제어의 한계점을 조사한 후 제안된 최적화 방안의 알고리즘과 이를 적용하여 열처리로 내부 분위기 온도 최적화 방안을 검증하였다. 3장 결론에서는 연구결과에 대한 활용방안과 기대효과를 기술하였다.

1.2 선행연구 및 연구동향

열처리 자동화 공정은 긴 열처리 공정시간과 열원에 따른 위험성 등으로 IOT(Internet of Things)를 활용한 스마트공장 개발이 적용이 활발히 진행되는 분야다. 특히 온도 값, 탄소 입력량, 매질변화 이미지 등의 다양한 데이터를 기반으로 공정조건을 설계하고 적용하는 모델링 소프트웨어 분야가 발달되어 있다. 또한 인공지능 기반 머신러닝을 활용한 지능형 관리시스템이 열처리 장비와 관리 소프트웨어에 적용되는 추세다[2].

이러한 공정관리 시스템은 앞서 말한 기계학습 기반 다양한 기법을 통해 원하는 조성과 조건을 찾아내고 유연하게 공정을 통제하는 방향으로 발전하고 있다. 다만, 열원을 컨트롤 하는 컨트롤러의 다양성과 열처리로 처리 방법의 복잡성 등으로 실무에 적용하는 데는 시간과 노력이 상당히 소용되는 편이다. 특히 CNN, DNN 등과 같은 고급 인공지능 기술을 활용하여 지능적 공정을 연결한다고 하더라도 내부 알고리즘을 모르는 상태에서 단편적인 특정 조건만 만족하는 적용 제한의 한계도 종종 마주치게 된다. 특히 센서나 온도 데이터를 대량의 단위로 수집한다 하여도 그 데이터 간의 회귀적 연결 없이는 의미 없는 정보량만 증대하게 될 뿐이다. 따라서 이를 방지하기 위해서는 인공지능 등을 활용한 첨단 소프트웨어적인 접근방법과 별개로 열처리를 통한 소재의 변화상태, 즉 소입, 소려, 소둔, 소준을 이해하고 각각에 최적화된 공정방법이 제시된 공정 지능화 시스템이 필요하다. 열을 활용한다는 측면에서 영상 비전 등 열화상 이미지 데이터를 활용해 소재 변화를 모니터링 하는 객체인식[3] 및 통신모듈과 보안이 접목된[4] IOT 운영시스템을[5] 활용되고 있다. 2,000도 내외의 열원을 비파괴적인 영상처리

방법으로 감지할 수 있고 인공지능 학습을 활용해 오브젝트의 종류와 상태를 파악할 수 있는 장점[6]이 있다. 다만, 열원에 대한 오차범위가 열전대를 활용한 방법보다 다소 높고 주변 공간의 열원에 영향을 많이 받을 수 있으며 센서 자체를 분석하고 해석할 수 있는 프로그램이 별도로 필요하다는 점에서 제한적으로 사용 되고 있다.

2. 본론

2.1 열처리 장비 모니터링 구조 및 프로그램

본 논문에서는 활용한 전체 시스템은 전기저항을 통해 열원을 발생하는 전기 열처리로와 열전대 온도센서 및 이를 제어하는 컨트롤러와 통신을 통해, 설정 또는 기록된 레지스트리 값을 읽어 데이터베이스에 저장하는 구조로 구성되어 있다. 전기 열처리로 컨트롤러는 Hanyoung NUX 의 NP200 기종을 활용하였다. NP200은 프로그래머블 온도 컨트롤이 가능한 기종으로 30개의 패턴과 300개의 세그먼트를 활용하여 온도를 제어할 수 있다. 하나의 패턴에 최대 99개의 세그먼트를 사용할 수 있지만 총 활용 가능한 세그먼트는 300개 이내로 구성해야 한다. 또한 임베디드 MCU를 통해 샘플링 주기를 100ms로 고정도를 가질 수 있도록 구성되어 있다. 특히 사용자가 프로그래머블 할 수 있는 레지스트리 입출력을 통해 기기제어가 가능한 구조다.

열처리 장비 컨트롤러와 통신은 RS422/485 컨버터를 활용해 TX/RX 통신을 진행했다. RTS auto 토글을 지원하는 컨버터를 활용해 신호제어 시 수신, 송신 부분에 있어 RS485신호를 모니터링하기에 용이하도록 구성했다. 기본 통신은 RS485를 활용한 반2중 방식으로 구성하여 병렬로 된 장치와 연결 가능하지만 본 논문에서는 열처리로 1대의 제어를 기본으로 하여 중단 간 1:1 대응으로만 구성했다. 통신 파라미터는 9,600 Baud Rates BPS로 선택했는데 본 논문 실험에 있어 전송 바이트 수가 초당 1,200byte를 초과하지 않을 것으로 예상해 기본 속도로 설정했다.

통신 프로토콜은 아스키문자를 기반으로 상호 통신하는 방식을 활용하였으며 Check-Sum 계산이 가능한 통신 방식을 활용하였다. 명령 구조의 프로토콜은 열처리 장비 컨트롤러 제조사인 Hanyoung NUX 사의 NP200의 프로토콜 구조를 따랐으며 주요 프로토콜 구조는 표 1과 같다.

Table 1. NP200 Controller Protocol

(Source: Hanyoung Nux)

Start	Address	Command	Data	Error Code	End	
STX(0x02)	1~99	각 Command 참조		Check Sum	CR (0x0D)	LF(0x0A)

컨트롤러와 통신으로 연결된 임베디드 장치는 솔내 시스템의 PHPOC 보드를 활용하였다. TCP, UDP, SMTP 등 다양한 네트워크 프로토콜과 패킷 암호화가 가능한 라이브러리를 제공하며 스크립트 기반 프로그램 작성으로 유연하게 프로그래머블이 가능한 프로세서를 가지고 있다. 특히 웹서버 기능도 포함하여 송수신 상 HTTP/S 프로토콜을 활용 할 수 있도록 구성 되어 있어 편리하게 컨트롤러와 통신한 내용을 전송 및 관리 할 수 있었다.

이 밖에도 아날로그 분해능이 4096으로 센서의 아날로그 전력 정보를 읽고 해석하는데 적합한 기능을 가지고 있다. PHPOC와 확장 가능한 실드는 자체 개발한 RS232 확장보드를 활용하여 전자적 신호처리 뿐만 아니라 릴레이를 활용한 전기적 제어가 가능하도록 설계되었다. 본 논문에서 활용한 범용 비동기화 송수신(UART) 통신은 RS232/422/485가 가능한 구조지만 RS232 변환 칩을 가진 컨트롤러와 통신하는 조건 상 RS232 기반 3.3v~5v 의 전압으로 관리하여 모니터링 및 명령 제어를 진행하였다.

열처리로 컨트롤러를 원격에서 제어하기 위해 C#기반의 언어를 활용한 응용프로그램을 개발하여 구현하였다. 프로그램은 비동기 통신 이벤트를 처리할 수 있도록 구성하였다. 컨트롤러와 원격 통신 방식은 Hanyoung Nux에서 제공한 Pc link 프로토콜에 따라 16진수로 구성된 데이터 값을 직렬 화하여 데이터 패킷을 송수신하는 구조를 활용하였다. 수신된 데이터는 원격의 데이터베이스와 3-Tire 구조로 중계 미들웨어 프로그램을 활용하여 송수신 할 수 있도록 구성하였다. 미들웨어 응용프로그램을 웹서버에서 응용되는 프로그램을 활용하였기 때문에 Rest-Full 방식으로 비동기적인 데이터 통신이 가능한 네트워크 프로그램으로 개발하였다. Fig 1는 전체 프로그램의 순서도다.

다만, 본 논문에서는 실험적 구현을 위해 Post 방식의 전송방식을 채택하고 별도의 암호화 또는 인증서 기반의 HTTPS 프로토콜을 사용하지는 않았다. 향후 보안 인증서를 적용 시에도 기본 데이터 송수신 구조는 변하지 않는 구조로 설계하였다. 수신된 열처리로의 설정온도, 내

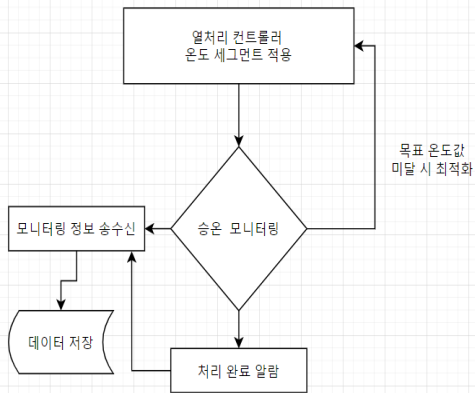


Fig. 1. Program flow chart

부온도, 전기적 출력상태 등의 센서 정보는 미들웨어 응용프로그램과의 통신을 통해 클라우드 서버 내 데이터베이스에 저장될 수 있도록 구성되었다. 활용한 데이터베이스는 오픈소스 기반 MariaDB를 사용했다. GPL v2 라이선스 기반으로 성능면에서 우수하며 유지보수에 있어 자유로운 배포가 가능한 데이터베이스를 선택했다. 또한 데이터베이스에 적용된 값을 설정 및 모니터링 할 수 있도록 프로그램을 설계 했다. 열처리 컨트롤러가 세그먼트 단위로 처리하기 때문에 각 세그먼트를 분할하여 구성하고 데이터를 송수신 할 수 있도록 구성했다.

Fig 2.은 본 논문을 위해 열처리로 센서 데이터를 기반으로 모니터링을 할 수 있도록 개발된 프로그램이다.

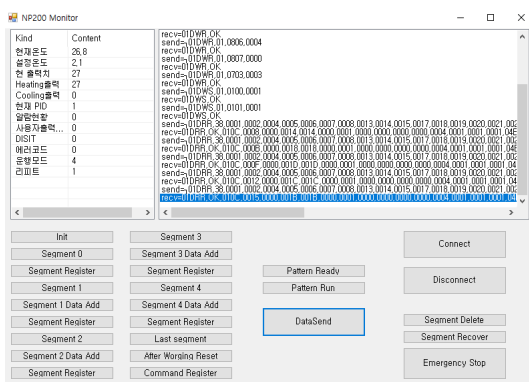


Fig. 2. Heat treatment furnace data monitoring program

2.2 컨트롤러 승온 제어

본 논문은 컨트롤러의 승온 상태를 계속 모니터링 하면서 가장 최적의 열원 제어를 하는데 있다. 따라서 가장

이상적인 열원 제어 상태에 있어 단 시간에 목표 열값에 도달하는 것보다 전체 분위기 온도와 열원 승온 상태의 동기화에 중점을 두었다. 열처리로 승온 컨트롤러의 온도 값이 목표 값에 도달한다 해도 열처리 내부 분위기 온도가 이보다 높거나 낮은 온도값을 가지게 된다면 이로 인해 열처리를 진행하는 시편 등 합금 재료에 영향을 줄 수 있다. 따라서 이를 제어하기 위해 실시간 모니터링을 통해서 열처리 내부 온도변화를 기록하였다. 실험 환경은 알루미늄 7056의 소준(표준화)을 목적으로 비교적 저온 상태에서 열처리를 진행하는 상황에서 열처리 내부의 분위기 온도를 모니터링 프로그램을 통해 기록하였다.

실험결과를 관찰한 결과 알루미늄 7056 소재를 대상으로 30분간 열원을 120℃로 승온 되도록 설정하여 가동 했을 때 열처리로 내부 분위기 온도가 목표온도에 비해 12.6℃가 낮은 107.4℃를 기록해 열처리로 내부의 온도 값이 설정 목표 온도 값에 미달하여 효율이 저하(89.5%)되는 것으로 관찰되었다.

Fig 3는 열처리로의 기계적 승온에 따른 내부 분위기 온도 변화를 그래프로 표현한 그림이다.

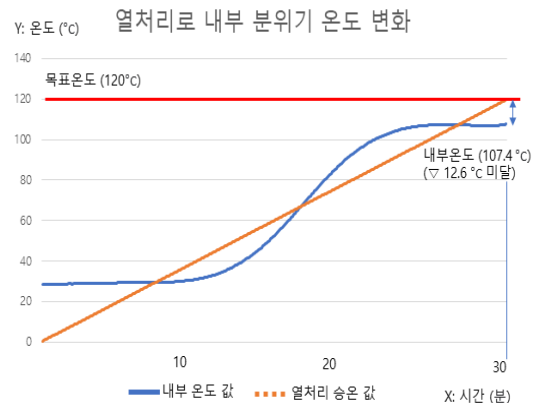


Fig. 3. Previous Internal temperature change in heat treatment furnace

열처리 과정에서 소재 자체에 영향을 주는 종속변수가 온도이기 때문에 소재 조직 안정화를 위해선 실제 열처리로 내부 온도 값이 공정시간 내 계획된 목표 온도 값에 수렴해야 한다. 하지만 기존 매뉴얼 적으로 진행되는 승온 방식은 기초 온도부터 선형적으로 증가되는 방식으로 동작하고 있어 열처리 내부 분위기 온도를 조절하기에는 기계적 한계점을 가지고 있었다. 본 논문은 기존 기계적 열처리 승온 방식에 비해 열처리 내부 분위기 온도의 추이를 보고 소프트웨어가 자율적으로 승온 처리를 최적화

할 수 있도록 고안하였다. Fig 4는 기존 방식과 제안 방식을 구분한 그림이다.

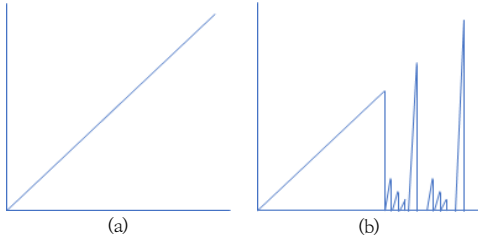


Fig. 4. Temperature rise control through monitoring
(a) Conventional heating method
(b) Proposed Optimization Temperature Raising Method

본 논문에서는 열처리로의 승온 변화와 열처리로 내부 분위기 온도 간 조절을 센서 데이터 중심으로 모니터링을 하면서 프로그램이 자율적으로 승온을 진행해 최적화된 온도 변화율을 만드는 것을 목표로 했다. 즉 목표 온도 값 주변 이하 값까지 온도를 일차 상승시키고 분위기 온도가 목표 온도에 근접 할 경우 단계적 승온을 단시간에 진행해서 가능한 분위기 온도와 열원 온도간의 차를 최소화 시키는 방법으로 열원 제어 프로그래밍을 구성하였다. 특히 열원의 출력을 조절해 가며 열원과 열처리로 내부의 분위기 온도의 격차를 최소화 하도록 프로그램을 설계하였다. 프로그램에서는 5초 간격으로 모니터링 되는 열처리 내부 온도를 모니터링 하면서 온도 상승률을 수치적으로 해석하도록 했다. 기본 알고리즘은 현재 온도 변화율이 목표 시간이 되었을 때 목표 온도 값 이하라고 계산되면 가열을 진행하고 목표 온도 값을 초과 할 것으로 예측되면 온도를 하강 시키는 등 조절할 수 있도록 프로그램이 자율적으로 판단하도록 했다. 즉, 만약 현재온도가 90℃, 목표 온도가 120℃ 이며 5초당 0.5℃가 변화했고 10분이 남았다면 가동 종료 5분이 되는 시점에 이미 내부 온도는 120℃를 초과하게 될 것으로 예측됨으로 전기로 출력을 일시적으로 저감 시키는 방식으로 소프트웨어 작동하게 된다. Eq. (1)은 이러한 작동 방식을 수식으로 표현한 그림이다.

$$\begin{aligned} & \text{if} \left(\left(\sum_{t=1}^{\alpha} (t_2 - t_1) \right) / \alpha \right) \times (p_2 - p_1) \geq \text{Max} \\ & \quad \searrow ^\circ\text{C} \text{ (감온)} \\ & \text{else} \\ & \quad \nearrow ^\circ\text{C} \text{ (승온)} \end{aligned} \quad (1)$$

Where, t denotes measure number, α denotes

maximum measure number, t_2 denotes measured temperature, t_1 previous measured temperature, p_2 denotes measured tick, p_1 denotes previous measured tick, Max denotes target temperature

본 논문은 이러한 모니터링 방식으로 내부 열원을 조정해가며 내부 분위기 온도와 목표온도를 최적화 하는 방식으로 실험을 진행했다.

2.3 제어 최적화 결과

기존 실험과 동일 조건에서 알루미늄 7056 소재를 대상으로 알루미늄 소준(표준화)을 위한 열처리 과정을 30분간 진행한 결과 소프트웨어적으로 최적화 과정을 적용한 결과 내부 분위기 온도 값이 목표 값인 120℃에 수렴하여 목표효율을 충족시키는 결과를 얻었다. 실험 과정에서 열처리로의 기계적 출력 증가에 따라 온도 예측 변화율이 순간적으로 높게 추정될 수 있기 때문에 5회 정도의 데이터 측정 후 최대, 최소값을 제거 하고 중간 값을 산정해서 예측하는 방법을 활용하였다. 내부 분위기 온도 최적화를 위한 소프트웨어의 자율적 온도 변화 값을 센서 통신을 통해 데이터베이스에 기록하였고 이에 따라 최적의 열처리 제어 시나리오를 적용할 수 있도록 프로그램을 적용 했다. 그림 Fig 5는 소프트웨어 자동제어 승온 방식에 따른 열처리로 내부온도 변화를 그래프로 작성한 것이다.

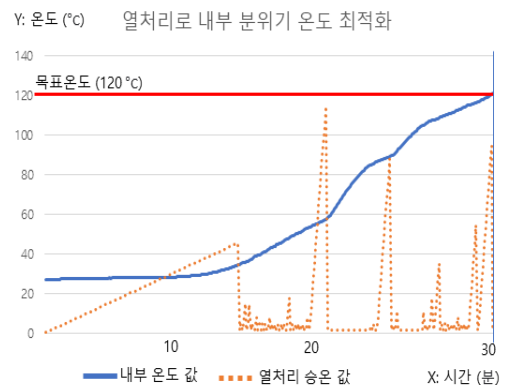


Fig. 5. Results of heat treatment furnace internal temperature optimization

결과에서 보듯이 본 논문에서 제안된 소프트웨어 적인 온도 최적화 방안은 기존 기계적 선형 승온 방식에 비해

열처리 적용 시간 내 목표 온도 값에 미달 또는 초과하지 않으며 목표한 최종 온도 값에 수렴하는 결과를 보여주고 있다.

다만 내부 온도 출력을 제어하는 것에 따라 가열 조건의 상승 하강이 자주 되는 변화가 나타나는 것을 볼 수 있어 이러한 변화에 민감함 소재에 따라선 기존 매뉴얼 방식을 활용하는 것도 고려해야 할 것으로 보인다. 그러나 일반적으로 내부 온도 값이 소재의 녹는점보다 높아질 경우에는 소재 자체가 상변이 될 수 있고 낮은 경우에는 소재 자체 열처리가 제대로 되지 않기 때문에 본 논문에서 제안한 모니터링 승온 최적화 방식을 활용하는 것이 유용할 것으로 사료한다.

3. 결론

본 논문에서는 열처리 장비 승온 상태 모니터링을 통한 최적화 시스템을 제안하였다. 공정기술 중 열처리 공정과 실험은 긴 공정시간, 전문 인력 부족, 근로자 위험지대 접근 감시 등 다양한 현장의 요구사항이 있다. 특히 열처리 내부 상황에 대한 모니터링을 통해 열원에 대한 효율적 처리를 고려한 공정설계를 진행하기가 현실적으로 어려운 상황이다. 본 논문에서 제안된 방식을 통해 열처리 공정 모니터링의 효율화를 위한 열원 제어 방식은 다양한 분야로의 응용도 가능할 것으로 사료한다. 특히, 근간의 화두가 되는 딥러닝 등 인공지능을 활용한 자율 공정 지원 시스템으로 발전한다면 열처리 전반 공정처리 기반 연구에 도움이 될 것으로 예상된다.

다만, 본 논문에서는 열원에 따른 온도 변화에 대한 최적 상황을 유도 했을 뿐 열처리 대상 소재인 알루미늄 7056의 조직상태 변화 등에 대한 연구는 부족한 상황이다. 향후 다양한 열원에 따른 효율적 온도제어가 소재 성질의 전반적 향상에 영향을 줄 수 있다면 기존 공정처리 활용 범위가 증대될 수 있을 것이다. 본 논문에서는 다루지 않았지만 좀 더 세분화된 기계학습을 통해 최적화 처리방안을 탐색하는 것도 향후 과제라고 볼 수 있다. 무엇보다 소재부품 산업에 있어 공정기술의 중요성이 날이 증가되는 지금 금속의 성질 변화에 가장 중요한 역할을 하는 열처리 현장에서 활용 가능한 방안으로서 열원 제어 모니터링 방안이 유용한 제안이 될 것으로 기대한다.

References

- [1] Younggun June, "Future Promising Industries and Its Associated Ppuri-Technologies that will Change the World Expected by MOTIE R&D Program Directors(PD)", Transactions of the KSME C Industrial Technology and Innovation, Vol. 1, No. 2, pp.147-152. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.3795/ksme-c.2013.1.2.147>
- [2] Soo-Bin, Jeon, "IoT Middleware for Effective Operation in Heterogeneous Things", The Journal of The Information Science, Vol. 23, No. 9, pp.3-18, Sep 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5626/KTCP.2017.23.9.517>
- [3] Md Foysal Haque, Seo, "Object Localization and Detection Using SALNet with Deformable Convolutional Network", The Journal of KIIT, Vol. 8, No. 1, pp. 27-34, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.14801/jkiit.2020.18.1.27>
- [4] Suk-jin Kim, "A Study of 4G Network for Security System", International Journal of Advanced Culture Technology, Vol.3, No. 2, pp.77-86, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.17703/ijact.2015.3.2.77>
- [5] Myongyeal Lee, "Analysis and Study on Invasion Threat and Security Measures for Smart Home Services in IoT Environment", The Journal of The Institute of Internet Broadcasting and Communication, Vol. 16, No. 5, pp.27-32, Oct 2016.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.5.27>
- [6] S. W. Kwon, I. S. Song, S. W. Lee, J. S. Lee, J. H. Kim, G. M. Lim, J. W. Kwon, "Inappropriate thermal image detection system using machine learning", Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology Vol. 14, No. 2, pp. 102-111 May 2020.
DOI: <https://doi.org/10.21288/resko.2020.14.2.102>

이 정 훈(Jeong-Hoon Lee)

[정회원]



- 2019년 8월 : 한국산업기술대학교 산업기술경영대학원 컴퓨터공학과 (컴퓨터공학 석사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 지식기반기술에너지대학원 컴퓨터공학과 (박사 과정)
- 2015년 12월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 기술원

<관심분야>

소프트웨어공학, 영상처리, 기계학습

이 로 운(Ro-Woon Lee)

[정회원]



- 2012년 6월 : 모스크바 국립 국제 관계대학교 대학원 국제법학과 (국제경제법 석사)
- 2014년 4월 ~ 2019년 9월 : 삼성 전자 러시아 법인 Senior Legal Counsel
- 2019년 10월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 연구원

〈관심분야〉

인공지능, 빅데이터 분석, 스마트팜

홍 승 택(Seung-Taek Hong)

[정회원]



- 2016년 9월 : 모스크바 국립 항공 대학교 대학원 항공우주공학과 (로켓시스템설계 석사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 연구원

〈관심분야〉

AI, 항공우주공학, 로켓, 인공위성, UAV