

누적열 방지 및 비닐 접착품질 향상을 위한 온도 제어형 임펄스 셀러 (Impulse Sealer)의 개발

김인수^{1,2} · 김성민² · 서종철^{1*}

¹연세대학교 과학기술대학 패키징학과

²(주)가성팩

Development of Temperature Controlled Impulse Sealer for Preventing Cumulative Heat and Improving Sealing Quality

Insoo Kim^{1,2}, Sung Min Kim², and Jongchul Seo^{1*}

¹Department of Packaging, Yonsei University, 1 Yonseidae-gil, Wonju, Kangwon-do, 26493, Korea

²Gasungpak Co., Ltd., 70-26 Dongmakgol-gil, Chowol-eup, Gwangju-si, Gyeonggi-do, 12731, Korea

Abstract The general Impulse Sealer has a problem of sealing quality because continuously sealing process results in an undesirable temperature rise, which may accumulate the heat during the operation. In order to address such a drawback, the controlled sealing temperature method can be effectively utilized compared with the general controlled time method. As such, a temperature sensor with capability of detecting the sealing temperature was installed, and a separate PCB was manufactured to control the sealing temperature by measuring and calculating the detected temperature. The temperature changes during the temperature rise and maximum temperature after continuously operation were investigated using an Impulse Sealer system. Next, the results obtained from experiment were compared with each other. As such, the maximum temperature was 70.3°C, whereas 8.9°C was recorded as control temperature. It implies that this controlled temperature system prevented the undesirable temperature rise, thereby causing a consistent sealing quality.

Keywords Impulse sealer, Cumulative heat, Temperature control, Time control

서 론

산업용 포장방법으로 식품이나 전자제품의 부품 등을 보관 및 운송하기 위해서 제품을 플라스틱백(Plastic Bag)에 담고, 입구를 열접착으로 밀봉하게 된다. 이를 위하여 시장에서 널리 사용되는 것이 임펄스 셀러(Impulse Sealer)이며, 그 활용 영역이 식품에서부터 첨단산업 분야까지 안 쓰이는 곳이 없다 할 정도로 다양하다. 임펄스 셀러는 제조업체마다 다양한 제품들이 존재하고 있으나, 그 형태나 구동의 원리 그리고 접착 시 가열과 압착을 하는 방식은 모두 동일하다. 일반적으로 임펄스 셀러는 동종의 열가소성 플라스

틱 필름, 합성수지 등을 열과 압력을 가하여 붙여 주게 된다. 플라스틱 필름을 열접착하기 위한 종래 기술의 임펄스 셀러는 선형의 열선(Heating Element)이 하부 실링바에 부착된 상태로 배치되고 상부에는 이러한 열선에 대하여 승강하는 상부 실링바(Sealing Bar)가 배치된다. 이때, 열접착되는 피접착물인 플라스틱 필름은 그 접착부위가 열선과 실링바 사이에 배치되고, 열선 상에 배치된 피접착물에 대하여 실링바가 하강하여 압착됨과 동시에 히터에 미리 설정된 시간동안 순간전류(Impulse Current)가 공급됨으로써 열선의 발열과 실링바의 압착력으로 피접착물이 열접착되는 원리다.^{1,2)} 종래 기술의 임펄스 셀러의 동작의 원리는 아래 Figure 1과 같다.

국내의 임펄스 셀러는 다양한 형태로 다양한 산업에 공급 및 사용이 되어지고 있다. 하지만, 대부분의 제품은 오래된 방식인 저항치를 조절하는 아날로그 타입의 제어를 이용하여 접착의 시간을 조절하는 방식을 채택하고 있다. 디

*Corresponding Author : Jongchul Seo
Department of Packaging Yonsei University, 1 Yonseidae-gil,
Wonju-si, Gangwon-do 26493, South Korea
Tel : 82-33-760-2697
E-mail : jcseo@yonsei.ac.kr

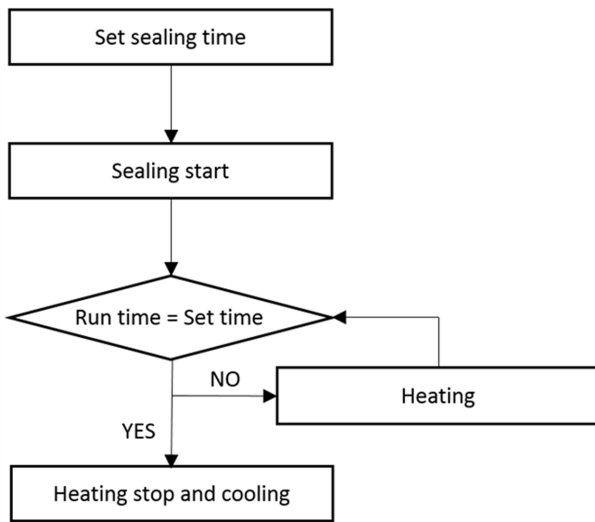


Fig. 1. Flow chart for normal time control method.

지텔 방식을 적용하는 제품도 있지만, 직관적인 사용방법을 이유로 아날로그가 더 큰 시장을 형성하고 있다. 아날로그 방식의 최대 단점은 온도 시스템의 변화를 주더라도 온도 제어가 불가능하다는 단점이 있다. 최근에는 자동화 장비 혹은 대형 장비의 경우 PLC 제어를 통한 온도제어를 하는 임펄스 썰러 방식이 간혹 만들어지고 있기도 하다.²

또한, 특정 온도를 설정하게 되면 실링바가 그 온도까지 가열이 되어 설정된 온도를 유지시켜 백(bag)을 접착할 수 있는 직열식 썰러(Constant heat sealer)가 개발되어 응용되고 있다. 하지만, 본 직열방식의 경우 항상 실링바가 뜨거워져 있는 상태로 작업자의 안전상 위험과 함께 적용 가능

한 포장재의 재질에 한계가 존재한다.

해외의 임펄스 썰러는 중국산과 대만산이 주를 이루고 있으며, 국내의 일반적인 아날로그 방식과 크게 다르지 않다. 다만, 미국의 Toss Machine Components, Inc사에서 온도 조절이 가능한 임펄스 썰러 전용의 제어기(Controller)를 개발하여 미국 내 시장과 유럽 시장에 공급을 하고 있다.³⁾ Figure 2(a)에 보이는 것처럼 하나의 모듈 형태로 접착시의 최대 온도와 접착 시간 그리고 냉각 시간을 제어 할 수 있는 형태로 프로그램이 구성이 되어 있다.³⁾ TOSS사의 컨트롤 박스는 이것 하나로만 모든 작동이 되는 것이 아니라, Figure 2(b)와 같이 복잡하게 구성이 되어야 한다. 주요 구성요소로는 CT(Current Transformer), 전용 열선과 그에 대한 구성품(Heating sealing band)이 필요하며, 이는 순수한 온도제어만을 위한 구성이며, 기계의 동작을 위해서는 별도의 제어 PCB 혹은 PLC가 필요하다. 본 제품은 기술적인 부분에서는 선도적인 위치를 점하고 있으나, 부가적인 부품이나 전용 열선과 그에 대한 구성품이 필요하며, 기계 작동에 대한 제어는 별도로 구성이 되기 때문에, 회로가 복잡하게 되며, 가격 또한 상당히 올라가는 구조이다.

한편, 현재 가장 많이 사용되는 시간제어 방식의 임펄스 썰러는 장시간 사용 시 실링바의 온도가 상승하여 동일한 실링시간에서도 사용횟수가 증가함에 따라 실링온도가 올라가는 문제를 가지고 있다. 이는 결과적으로 실링 품질에 대한 저하 및 일정한 품질유지가 어려운 문제가 발생된다. 특히 열에 민감한 폴리에틸렌(PE) 혹은 폴리프로필렌(PP) 계열의 플라스틱 백(bag)의 접착 시 단시간에 포장품질의 저하가 오기 때문에 시간제어 방식의 임펄스 썰러의 사용

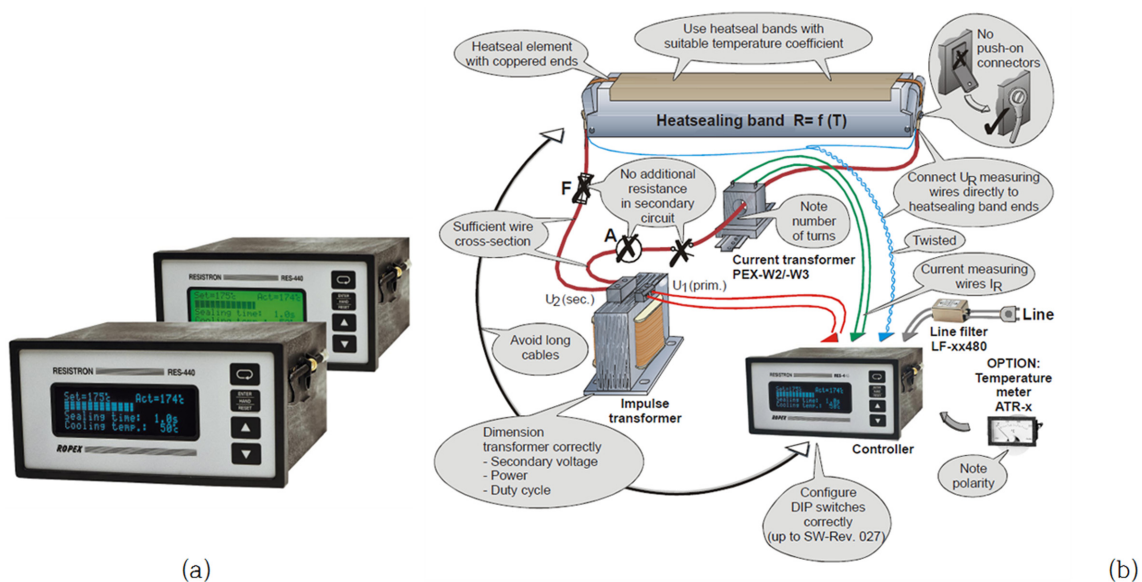


Fig. 2. (a) Control control box and (b) circuit configuration and components for temperature control (produced by TOSS Machine Components, Inc. (USA)).

이 용이하지 않다. 이러한 문제는 추가적인 기계의 고장을 일으킬 수 있는 잠재적인 원인을 제공하기도 한다.

이러한 현재의 임펄스 셀러의 문제점을 해결하기 위하여 본 연구개발에서는 누적열(Cumulative Heat)을 제어하고 최소화하기 위하여 기존의 시간제어 방식을 온도제어 방식으로 개선하여 그 효과를 검증하였다. 본 기술은 기술적 수요와 시장의 요구가 수년 동안 지속되었지만, 기술의 난이도로 인해 국내 제조사들이 아직 개발을 하지 못한 기술이다. 따라서, 본 연구개발을 통한 순간온도 제어방식의 임펄스 셀링 방법이 시장에 활용이 되었을 때 관련 산업의 기술성, 생산성, 그리고 포장품질 향상이라는 목적을 동시에 기대할 수 있으며, 관련 타 포장기와 산업 분야에 응용 및 적용이 가능하다.

재료 및 방법

2.1. 실험 장비, 재료 및 방법

본 실험을 위해 Figure 3에 사양으로 제작된 (주)가성팩에서 생산하는 ESSV-45EW이라는 모델을 사용을 하였으며, 본 장비에는 온도제어가 가능한 PCB를 별도로 제작하여

장착하였다. 별도로 제작된 PCB는 온도제어와 함께 시간 제어도 가능하게 제작되어 하나의 장비로 온도제어와 시간 제어가 가능하다. 온도제어를 위해 별도로 제작한 PCB에 온도 검출을 위한 프로그램이 적용되었으며, 열선의 온도를 검출하는 센서는 Figure 4(a)에서 보이는 박판 센서(Thin film Thermocouple Sensor)로 일본의 안베스엠티사에서 제조한 KSG-40-200-200 제품을 사용하였다.⁴⁾ 센서가 받아들인 값을 읽는 부분은 Analog Device 사의 LTC1050ACN8 IC를 사용하였으며, 프로그램 상에서 센서로부터 읽어들인 전압(Voltage) 값을 온도로 변환하는 프로그램을 구성하였다. 온도를 검출하여 목표온도 도달 시까지 동작 후 다음 과정으로 넘어가는 부분을 간단히 Figure 4(b)에 도식화하였다. 외부에서 온도의 변화를 분석 및 데이터화하기 위해 Graphtec사의 GL220의 Data Logger가 사용되었으며, 샘플링 간격은 100ms이다.

2.2. 실험 내용 및 범위

1) 온도 오차범위 $\pm 10\%$ 이내

본 연구에서는 설정한 온도와 얼마나 근사치에서 최고치의 온도가 형성되는지에 대한 실험으로, 이는 접착의 품질

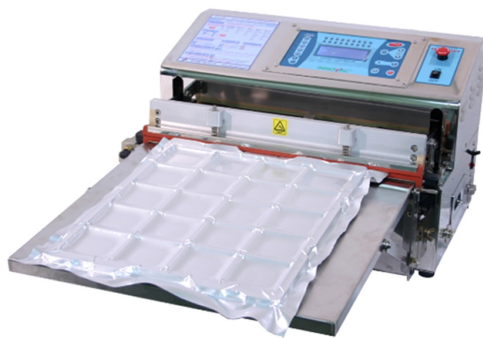
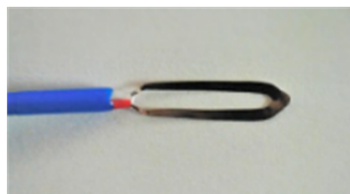
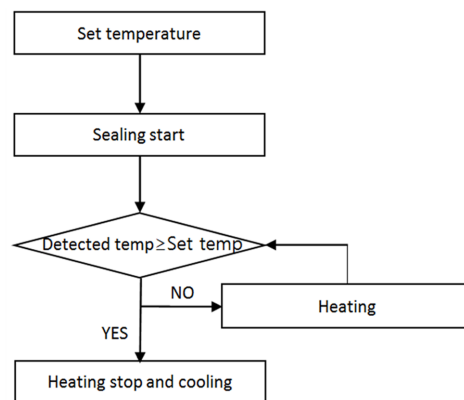


Fig. 3. Experiment equipment specification.

Product	ESSV-45EW
Item	
Power	AC 220V, 1Ph, 50/60 Hz
Power Consumption (Kw)	6.1
Sealing Size (L X W mm)	450X10
Heating Element Material	FeCr
Driving Method	Air Cylinder Driven



(a)



(b)

Fig. 4. (a) Thin film thermocouple sensor and (b) flow chart for temperature control used in this study.

과 직결이 되는 부분이다. 이에 본 연구에서는 120°C 설정 온도에 $\pm 10\%$ 의 오차범위를 설정하였다.

2) 접착부의 누적열 상승 비교 분석

기존 시간제어 방식의 열접착 방식은 수차례의 사이클이 지난 후 접착부의 온도가 자연적으로 상승이 되는 누적열 현상이 발생되어 동일한 시간의 가열시간을 적용하더라도 최고 도달 온도가 상당히 높아지는 문제가 발생이 된다. 수차례 반복에 따른 온도의 변화를 온도제어 방식과 시간제어 방식에 대한 비교 분석을 실시하였다.

3) 접착품질

온도제어의 목적은 우수한 접착품질을 유지하기 위한 것으로 실험과 동시에 접착품질을 확인하기 위해 나이론(NYLON) 재질의 진공백(Vacuum bag)를 사용하여 접착품질의 변화를 육안으로 관찰하였다. 실험에 사용되는 백(bag)의 구성은 다음과 같다. NYLON 15 μm + LLDPE 35 μm 으로 구성이 되며, 두 가지의 플라스틱 필름 원단을 합지(접착)하기 위해 T-die 방식을 활용하여 PE 20 μm 를 접착제층(Tie Layer)을 활용하여 합지하였다.

2.3. 평가항목 및 평가방법

1) 평가항목

본 실험에서 평가항목으로 반복 동작 시 누적되는 온도

(°C), 온도 오차율(%), 반복 시행에 따른 접착 안정성(Cycle)으로 설정하였다.

2) 평가방법

개발 목표치를 반복 동작 시 누적열은 50°C, 온도 오차율은 $\pm 10\%$ 로 정하였으며, 접착 안정성은 연속작업 10회 이상으로 정하였다. 온도 오차범위와 누적열의 평가 방법은 앞서 언급한대로 GL220의 Data Logger를 사용하였으며, 접착 안정성은 육안으로 확인하였다.

본 연구개발에서 사용한 온도제어 방식 및 시간제어 방식 임펄스 쉐러의 작업조건은 아래 Table 1과 같다.

최초 시작온도는 온도제어와 시간제어 방식의 실험에서 30°C $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 로 설정하였으며, 접착시간은 최초 작업 시 온도제어 설정 온도는 120°C와 근사치 도달 온도에서 적합하게 잘 붙는 시간인 0.4 sec로 설정을 하였다.

결과 및 고찰

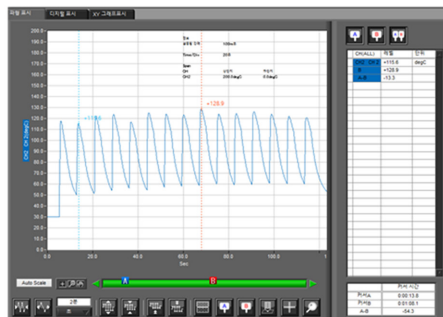
3.1. 최저 및 최고점의 온도 오차율

1) 온도제어 시 최고 도달 온도의 오차율

본 실험에서는 온도제어 시 각 회차별로 최고점의 온도가 설정된 온도와의 차이를 비교분석하는 실험을 실시하였으며, 그 결과는 Figure 5와 Table 2에 나타내었으며, Figure 5에는 데이터로거에서 수집된 그래프에서 정확한 온

Table 1. Working condition for different temperature control of impulse sealer

Item	Sealing temperature (°C)	Sealing time(sec)	Cooling time(sec)	Interval time(sec)	Number of task (number)
Temperature control	120	-	2.5	4	15
	-	0.4	2.5	4	10



Times	Min temp	Max temp	Times	Min temp	Max temp
1	30	117.7	9	58.5	128.9
2	50	115.6	10	60.1	123.9
3	51.2	122.1	11	59.1	124.5
4	54.1	123.6	12	59.7	126.2
5	55.8	116.7	13	60.6	123.7
6	54.5	125.1	14	60.6	121.9
7	57.2	123.9	15	59.8	120.9
8	58	123.3			

Fig. 5. Temperature profile during the temperature control.

Table 2. Lowest and highest temperature results for peak temperature in temperature controlled systems

Evaluation item	Starting point temperature (°C)	Number of task (Number)	Temperature difference (°C)[Max-Min]	Temp error rate(%)
Min temperature	115.6	2	-4.4	-3.6
Max temperature	128.9	9	8.9	7.4

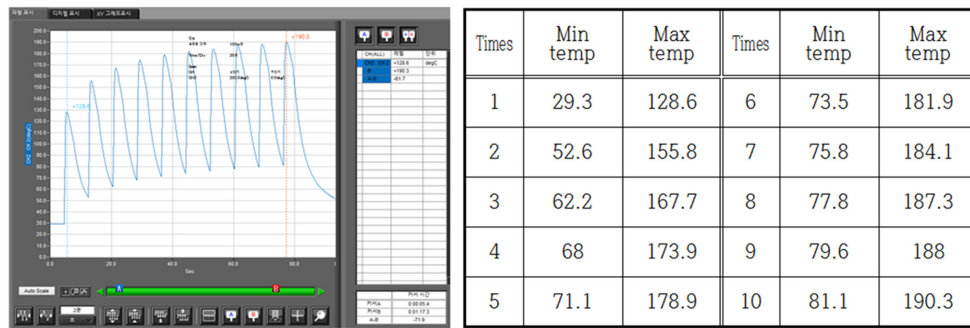


Fig. 6. Temperature profile during the time control.

도를 확인하기 위하여 각 회차별 최저 및 최고의 온도를 함께 표로 정리하였다. 15회 연속 작업 동안 Table 2와 같이 최저 도달온도는 115.6°C, 최고온도는 128.9°C로 측정되었다. 최저온도는 실험 시작 후 2번째 사이클에서 최저 도달 온도를 기록하였으며, 최고 온도는 9번째 사이클에서 최고 온도를 기록하였다. 최저온도는 설정온도에 -4.4°C를 보였으며, 최고온도는 설정온도에 8.9°C를 보였다. 이는 '-'에서 약 -3.6%의 오차를 보이며, '+'에서는 7.4%의 오차를 보이며, 이는 목표치인 $\pm 10\%$ 이내의 범위에서 동작이 되었다.

2) 시간제어 시 최고 도달 온도의 오차범위

본 실험에서는 15회 연속 작업을 하지 못하였다. 그 이유는 위의 Figure 6에서 볼 수 있듯이 접착의 최고온도가

점점 상승하여 10회차 작업 때 190°C를 넘었으며, 진공백 (Vacuum bag)이 녹아버리는 결과가 나온 관계로 10회까지 실험을 한 뒤 중단하였다. Figure 6에는 정확한 온도 확인을 위하여 회차별 최저점의 온도를 함께 정리하였다. 본 실험 결과는 Table 3을 보면 알 수 있듯이, 단 10회만의 작업으로도 60°C가 넘는 최고점의 온도변화를 보여 주었으며, 이는 접착 품질에 큰 영향을 미칠 수 있는 결과이다. 이러한 결과는 기존의 시간제어 방식이 많은 문제점을 가지고 있다는 부분을 보여주는 결과이다.

3.2. 누적열에 따른 최고 온도치의 비교 분석

1) 온도제어 시 누적열 상승의 결과

온도제어 방식에 따른 누적열 평가 결과를 Figure 7과

Table 3. Lowest and highest temperature results for peek temperature in time controlled systems

Evaluation item	Starting point temperature (°C)	Number of task (Number)	Temperature difference (°C)[Max-Min]
Min temperature	128.6	1	+61.7
Max temperature	190.3	10	

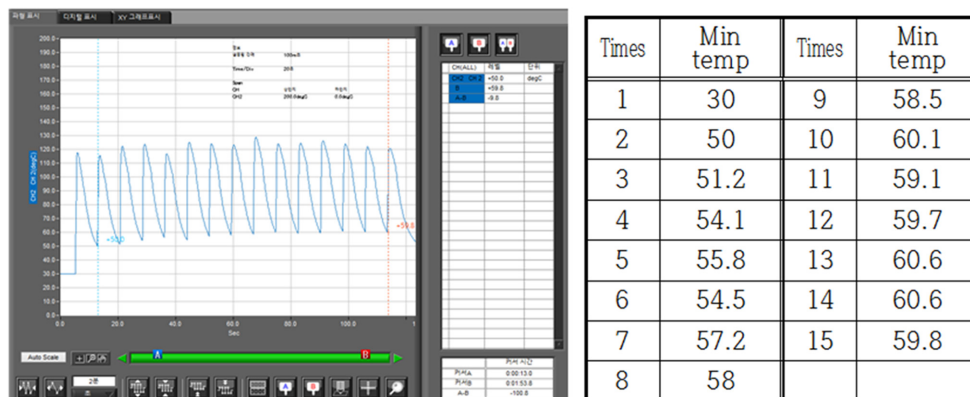


Fig. 7. Change in cumulative heat during temperature control system.

Table 4. Cumulative heat variation in temperature control system

Evaluation item	Starting point temperature (°C)	Number of task (Number)	Temperature difference (°C)[Max-Min]
Min temperature	50.0	2	+10.1
Max temperature	60.1	15	

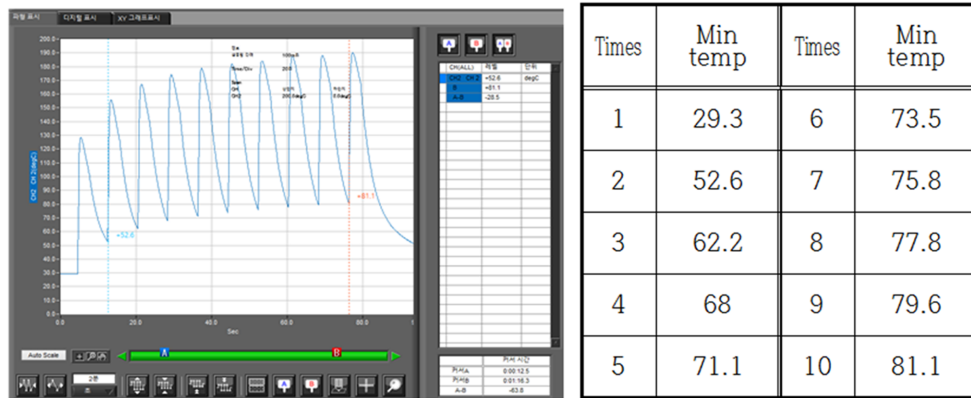


Fig. 8. Change in cumulative heat during time control system.

Table 5. Change in cumulative heat variation of time control system

Evaluation item	Starting point temperature (°C)	Number of task(Number)	Temperature difference (°C)[Max-Min]
Min temperature	52.6	2	+28.5
Max temperature	81.1	10	

Table 4에 나타내었으며, 정확한 온도 확인을 위하여 회차별 최저점의 온도를 함께 정리하였다. 각 사이클 시작의 최저점 온도가 약 10°C 가까이 상승이 되는 것을 볼 수 있다. 다만 온도제어의 경우 시작점의 온도가 상승이 되더라도 최고점의 온도가 일정범위로 유지되기 때문에 본 누적열과는 크게 관계없이 일정한 포장 품질의 유지가 가능함을 의미한다.

2) 시간 제어 시 누적열 상승의 결과

Figure 8과 같이 온도제어의 Figure 7과는 매우 상이한 결과를 보이고 있으며, 그 결과는 아래 Table 5와 같다. 이러한 결과는 Figure 8을 보면 알 수 있듯이, 최고점의 온도가 온도제어 대비 점차적으로 높아지는 것을 확인할 수 있으며, 정확한 온도 확인을 위하여 회차별 최저점의 온도를 함께 정리하였다. 접착부의 각 사이클별 최저점의 온도가 빨리 내려가지 못하는 현상으로 인해 결국 누적열이 초기 대비 28.5°C나 상승하는 결과를 초래하였다.

3.3. 접착 품질 비교분석

온도제어 방식과 시간제어 방식에 따른 접착품질을 조사한 결과를 Figure 9에 나타내었다. 온도제어를 통한 플라스틱 필름의 접착은 Figure 9의 좌측에서 보듯이 15회 모두 아주 깔끔한 접착 표면을 나타내고 있으며, 접착의 강도 또한 우수하였다. 반면, Figure 9의 우측과 같이 시간제어 방식의 경우 누적열 상승으로 인해 접착 최고온도가 상승이 되면서 좌측의 다섯 번째 접착면부터 품질의 저하가 나타나기 시작하였으며, 우측의 5회의 테스트 결과(실제 6회에서 10회)는 모두 만족할 수 없는 포장 품질을 보여주고 있다.

요 약

일반적인 임펄스 셀러의 시간제어 방식은 누적열(시작점의 온도가 상승)로 인해 포장품질의 저하를 초래하기 때문에 본 연구에서는 온도제어 방식을 이용한 임펄스 셀러의 누적열 상승 특성 및 포장품질을 조사하였다. 순간(Impulse)

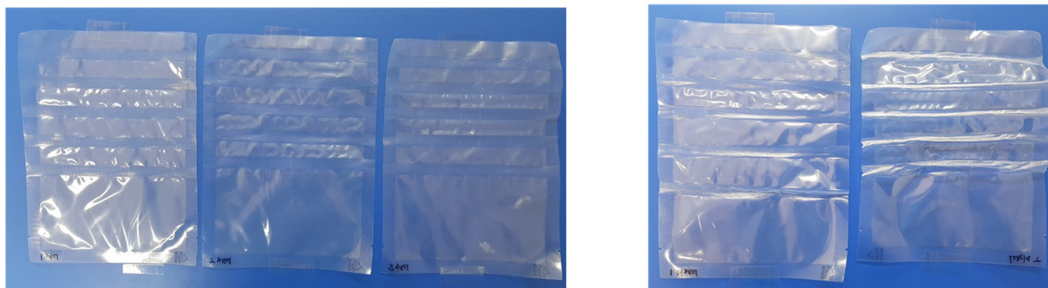


Fig. 9. Sealing test results; (left) temperature control (15 times) and (right) time control (10 times).

방식의 특성상 아주 짧은 시간에 높은 온도를 올려주기 때문에 정확한 제어는 힘들지만, 가장 중요한 최고점의 온도를 일반 시간제어 대비 특정 편차 범위 내에서 유지하여 주기 때문에 우수한 포장품질을 확보하는 것이 가능하였다. 온도제어의 결과로 최고점의 온도는 128.9°C이며 최고와 최저의 오차율은 -4%에서 7.4%, 시간제어 최고점의 온도가 190.3°C로 설정온도인 120°C 대비 70.3°C 상승을 하였으며, 약 59%의 온도 상승률을 보였다. 온도제어와 시간제어의 최고점의 온도차는 61.4°C로 뚜렷한 온도차를 보이며, 시간제어에서는 접착품질의 저하를 확인할 수 있었다. 즉, 온도제어 방식은 시간제어 방식 대비 우수한 접착품질을 나타내었다.

본 연구개발을 통하여 임펄스 셀러의 온도제어 방식은 연속작업에서의 온도상승을 조절하고 최소화할 수 있는 효과적인 대안이 될 수 있음을 확인하였다. 한편, 시간제어 방식 임펄스 셀러의 온도제어 방식으로의 전환을 위해서는 오

차율이 일정치 않은 문제, 온도제어를 위해 필요한 온도센서(박판센서)의 품질 확보 및 수급 문제, 온도센서 자체의 내구성 향상문제, 그리고 신규방식의 높은 가격 문제 등을 추가적으로 고려하여야 한다.

참고문헌

1. (주)가성팩. 2008. ‘임펄스 접착기의 온도제어방법’의 출원보고. 특허출원 10-2008-50771.
2. (주)세아테크. 2013. ‘열접착기의 열온도 제어장치’. 특허등록 10-1314911.
3. TOSS Machine Components, Inc. “9 steps to heat sealing perfection”. www.tossheatseal.com
4. 안베스엠티 주식회사(株式会社アンベエスエムティ), www.anbesmt.co.jp

투고: 2019.12.16 / 심사완료: 2019.12.26 / 게재확정: 2019.12.30