

라면 면대의 균일한 두께를 위한 압연공정 자동화

(Rolling Process Automation For Uniform Thickness of Dough Sheet of Ramen Noodles)

유동상* · 유병국

(Dong-Sang Yoo · Byung-Kook Yoo)

Abstract

The basic processing unit for instant ramen noodles includes mixing, rolling, boiling, frying, cooling, and packing processes. For uniform thickness of dough sheets in rolling process, the roll-gap in rolling process needs to keep uniform thickness of flour sheets in spite of different kinds of raw materials. In this paper, we have developed a roll gap adjustment system using a PLC (Programmable Logic Controller) with a touch panel and an AC servo-mechanism to make dough sheets with a good gluten starch-network structure and uniform thickness and to contribute to process standardization by transferring from tacit knowledge of skilled workers to explicit knowledge. The developed system can adjust the roll gap in units of 0.01mm and correspond to various product items which have different thickness specification by recalling the presetting values of the desired thickness from database.

Key Words : Instant Ramen, Dough Sheets, Process Automation, Roll Process, Roll Gap Adjustment

1. 서 론

오늘날, 대부분의 면류는 소매나 요식업을 위해 산업용 제면 기계에 의해 대량으로 생산되고 있다. 산업용 제면 방식은 그림 1과 같은 소위 압연 스트레칭 기술(Roll Pressure Stretching Technique)을 사용하고 있다.

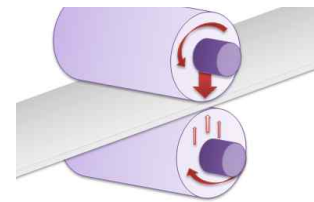


그림 1. 압연 스트레칭 기술

Fig. 1. Roll pressure stretching technique

이 방식은 일본의 마사키 멘키(眞崎麵機商會)社에 의해 처음으로 제면 공정에 도입되었고, 지금까지 계속 개선되어 수많은 제면기계들이 개발되어 오고 있지만, 기본 개념은 압연 스트레칭 방식에 근간을 두고 있다[1]. 한편 즉석 라면은 제2차 세계 대전 종전 후 닛신(日清)식품사의 창업주인 모모후쿠 안도(安藤百

* 주(교신)저자 : 환경대학교 전기전자제어공학과 및 IT융합연구소 교수

* Main(Corresponding) author : Professor,
Department of Electrical, Electronic, and
Control Engineering, Hankyong National
University

Tel : 031-670-5322, Fax : 031-670-5329

E-mail : dsyoo@hknu.ac.kr

접수일자 : 2012년 9월 13일

1차심사 : 2012년 9월 18일, 2차심사 : 2012년 10월 23일

심사완료 : 2012년 10월 31일

福)에 의해 개발되어 1958년 일본에서 처음 출시되었는데, 그는 국수 판매대에서 식사를 기다리는 사람들의 긴 줄을 보고 맛있고 저렴하며 보관 가능한 라면에 대한 아이디어를 얻었다. 이 제품은 양념이 되고 튀겨진 후 건조된 면발로 구성되어 있었다[2].

즉석 라면의 면발은 탄력성을 갖도록 하기 위해 제분, 수분, 소금 및 알칼리 수를 혼합하여 만들어진다. 일반적인 기계 제면처럼 즉석 라면의 제조 공정을 살펴보면 표 1 및 그림 2와 같이 여러 가지 공정으로 구성되어 있다. 이중 라면의 면발의 품질을 결정하는 배합공정과 압연공정을 자세히 살펴보면, 원재료를 섞어 반죽 만들기, 부서지기 쉬운 반죽을 일정 기간 숙성시키기, 반죽으로부터 두 개의 면대 (Dough Sheets) 뽑기, 두 개의 면대를 하나로 합친 후 점진적으로 압연 스트레칭 방법에 의해 특정한 두께로 압연하기, 면발 나누기로 이루어져 있다[3].

그림 2에서 보는 바와 같이 압연공정은 복합 롤러 (Dough Sheets Combining Machine)와 연속 롤러 (Continuous Rolling Machine)의 형태로 구성되어 있으며, 무른 반죽은 면대를 형성하기 위해 이런 압연 롤러에 의해 수 mm 간격으로 얇게 펼쳐진다. 즉 제분, 수분, 소금 및 알칼리 수의 혼합물은 배합공정의 믹서를 통해 반죽을 형성하는데, 이렇게 만들어지는 반죽

표 1. 라면 제조 공정

Table 1. Production process for ramen noodles

공정명	내 용
배합공정	소맥분과 배합수를 혼합하여 반죽 만들
압연공정	롤러로 압연하여 면대를 만들
증숙공정	스팀 박스를 통과시키면서 면을 익힘
성형공정	증숙된 면을 일정한 모양으로 만들
유탕공정	150℃ 정도에서 튀기고 수분을 증발
냉각공정	상온으로 냉각
포장공정	냉각시킨 면을 포장지로 포장

은 가수량(加水量)이 적어서 한 덩어리가 되지 않으며, 비지모양이 된다. 비지 모양으로 흠어진 반죽이 복합 롤러를 통과하면서 면대를 형성하고, 연속 롤러를 통하여 면대는 얇게 늘어나게 된다. 복합 롤러에서 면대를 두 겹에서 한 겹으로 합치는 이유는 글루텐 망상 (Gluten-Starch Network) 조직을 보다 치밀하게 전개시켜 면대를 강인하고 외견상 균일하게 만들기 위함이다. 복합 롤러를 통과한 면대를 한 번에 소정의 두께로 압연하려고 하면 면대에 무리한 힘을 가하게 되어 전 공정을 통해 형성된 글루텐 망상 조직을 파괴하게 되므로, 적절한 두께를 가지도록 3~7 단계의 연속 롤러를 통해 순차적으로 압연하며, 이때 글루텐의 망

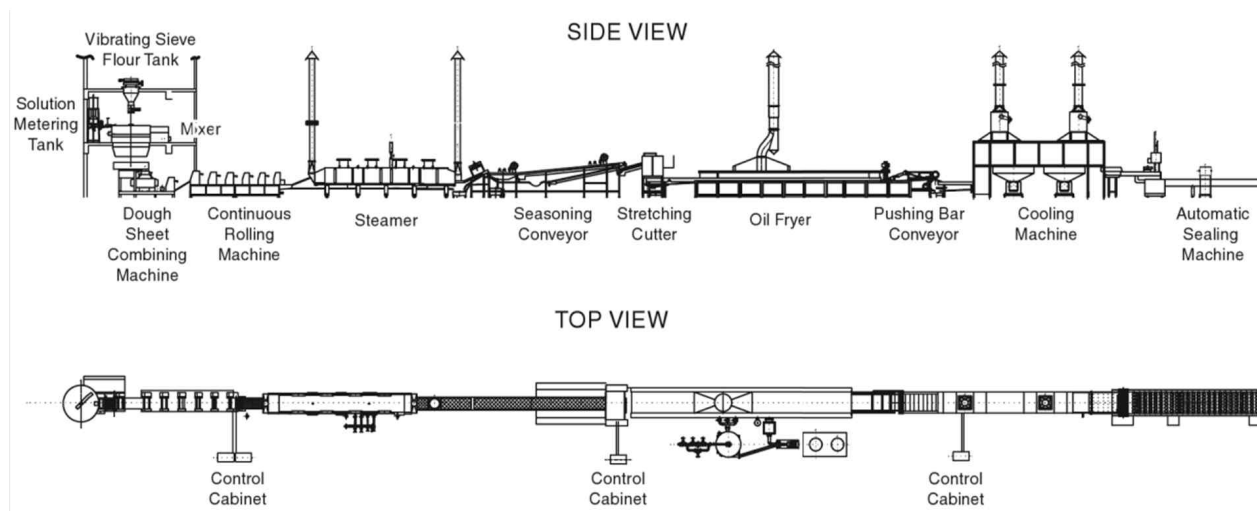


그림 2. 즉석 라면 제조 공정도
Fig. 2. Production line for instant ramen

상 조직에 방향성이 생긴다. 면대가 복합 압연 단계에서 마지막 압연 단계까지 압연되는 과정에서 면대 두께의 압축비 (Reduction Ratio)는 최적의 글루텐 조직을 유지하고, 부드러운 표면을 형성하기 위해 매우 중요하다[1,4].

압연공정에서 롤러 간격이 일정하더라도, 원료의 수분 함유량, 단백질 함유량, 반죽 시 가수량 등에 의해 글루텐의 형성에 영향을 주어 면대 두께가 변하기 때문에 롤러 간격을 0.01mm 단위로 미세 조정하는 것이 필요하며, 또한 생산 품목이 교체되면 품목별 고유의 기준값으로 조정된 후 작업해야 한다. 하지만, 압연 롤러가 가지는 기계적인 특성인 뒤틈(Backlash)에 의해 간격 오차가 발생하고, 롤러 간격을 수치적으로 표시하는 디스플레이 장치가 없어, 제품별 특성에 따라 롤러 간격을 조정하는 것이 쉽지 않아 숙련된 작업자의 암묵지적인 경험에 의존하여 조정하므로, 정상적인 작업조건을 맞추어 가는 과정에서 상당한 손실이 발생되고 있는 것이 현실이다.

본 논문에서는 숙련된 작업자의 암묵지적인 경험을 데이터베이스화 하고, 서보메커니즘 및 PLC를 도입하여 품목 교체 시 롤러가 자동으로 설정값을 추종하도록 함으로써, 면대의 품질을 제고하고 사용의 편의성을 제공할 수 있는 롤 간격 조정시스템(Roll-Gap Adjustment System)을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 기존의 압연공정

면대에서 글루텐의 배열은 면대를 형성시키는 롤러의 방향에 의해 이루어진다. 롤러에 의해 반복적으로 면대를 압연하면 면대에 포함되어 있는 기포가 배출됨으로써 면대의 밀도가 높아지고 면 가락의 본연의 성질이 개선될 수 있다. 그러나 롤러의 압축비를 너무 크게 하거나 면대에 가하는 압력을 지나치게 크게 하면, 글루텐 조직의 파괴나 면대의 찢겨짐 및 면대의 파괴 현상이 발생할 수 있다.

따라서 최적의 글루텐 배열을 이루면서 면대의 표면을 부드럽게 하기 위해서는 복합 롤러에서부터 연속 롤러의 마지막 단계까지의 면대 압축비를 점진적으로 줄

여야 한다. 각 단계별 압축비를 제한하는 이유는 글루텐 구조에 손상이 발생할지도 모르고, 면대가 쉽게 찢어지거나, 면대를 쓸모없이 만들 수가 있기 때문이다[1].

그러나 압연 각 단계의 압축비가 적절하게 설정이 되어 있다하더라도, 수분 함유율과 단백질 함유량 등의 재료가 가진 고유의 성질과 압연 롤러의 기계 부품들, 예를 들면 웜기어상자 (Worm Gearbox)의 뒤틈과 같은 기계적인 특성에 의해 롤러 간격의 변동은 필연적으로 발생한다. 따라서 균일한 두께 유지를 위해서는 롤러 간격을 빈번하게 조정해 주어야 하며, 이는 작업자에게는 대단히 번거롭고 어려운 작업이 된다.



그림 3. 기존의 압연공정용 연속 롤러
Fig. 3. A conventional continuous rolling machine

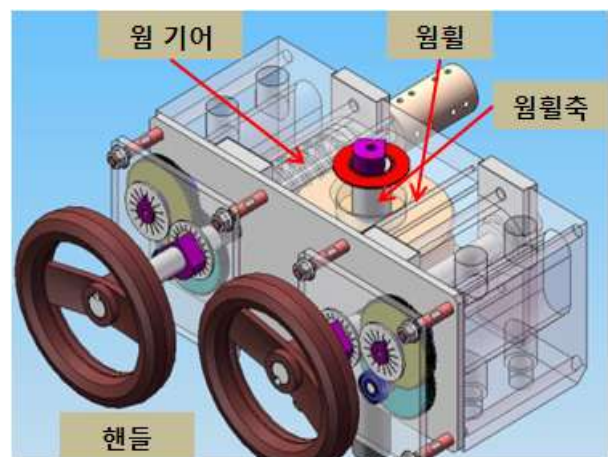


그림 4. 웜기어상자
Fig. 4. Worm gearbox

그림 3은 기존의 연속 롤러를 보여 주고 있으며, 각 단계의 롤러 내부에는 롤 간격 조정시스템 역할을 하는 그림 4와 같이 핸들에 연결되어 있는 워임 기어상자가 있다.

워임 기어상자의 구동 메커니즘을 기술하면, 워임 기어의 감속비는 1/26으로 핸들 26 회전 시 워임 기어는 1회전하게 되고, 여기에 연결되어 있는 워임 휠도 1회전하게 된다. 워임 휠 1회전 시 워임 축은 6mm를 직진 이동하며, 워임 축의 이동을 통해 롤러의 간격을 조정하게 된다. 따라서 핸들 1회전으로 롤러 간격은 0.23mm (6/26mm)씩 조정된다. 하지만 기존의 워임 기어가 핸들 1회전의 약 1/4에 해당되는 약 0.05mm의 뒤틈을 가지고 있어, 롤러 간격 조정을 위해 핸들 방향 전환할 때, 뒤틈에 의해 미세 조정이 어렵게 된다. 또한 기존 롤러 간격 조정시스템에는 현재의 위치 인식 및 이동 거리에 대해 수치로 표시할 수 있는 장치가 없어, 현장에서 작업자들이 롤러 간격 조정에 많은 어려움이 발생된다. 특히 생산 품목 변경 시 품목별 고유의 간격을 다르게 조정해야 할 때 숙련정도에 따라 작업 안정화 시간의 차이가 많이 발생한다.

3. 서보메커니즘을 이용한 롤 간격 조정시스템

품목 변경 시 연속롤러 1~7단을 각각 품목에 맞게 재조정해야 하는데, 일반적으로 1단에서 4단까지의 롤



그림 5. 개발된 롤 간격 조정시스템
Fig. 5. The developed roll-gap adjustment system

러 간격에 대한 오차는 5~7단보다는 면대 두께의 품질 유지에 상대적으로 영향이 적으므로, 가장 빈번하게 조작하는 5~7단에 그림 5와 같이 AC 서보메커니즘과 PLC를 이용한 롤 간격 조정시스템을 개발하였다[5].

그림 6의 롤 간격 조정 메커니즘에서 보는 바와 같이 AC 서보 메커니즘에는 이동 롤러와 고정 롤러의 우측과 좌측 각각의 롤 간격을 조정하기 위해 2개의 AC 서보모터를 사용되었으며, 이 모터를 제어하기 위해서는 위치제어가 가능한 상용의 AC 서보제어기가 사용되었다. 이와 같이 AC서보모터를 통해 좌우 양측의 간격을 개별적으로 또는 동시에 조정할 수 있도록 구성하면 좌우 양측 간격의 불균형을 해소할 수 있을 뿐만 아니라 품목 교체 시 작업의 편의성을 제공할 수 있다.

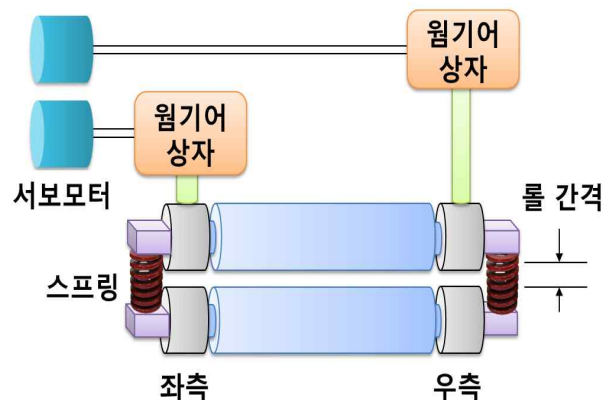
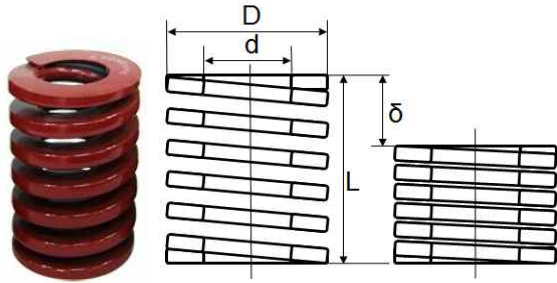


그림 6. 롤 간격 조정 메커니즘
Fig. 6. The roll-gap adjustment mechanism

한편 그림 6에서 보는 바와 같이 하단의 고정 롤러와 상단의 이동 롤러 사이에 압축스프링이 설치되어 있어 워임기어상자의 워임휠축에 의해 롤 간격이 감소되거나 증가될 때 스프링 장력에 의해 두 롤러간의 간격을 일정하게 유지시킬 수 있도록 구성되었다. 롤 간격을 일정하게 유지되기 위해 사용된 스프링은 그림 7과 같은 중하중(中荷重)용 압축 스프링 DM25×90을 좌우측 각각 2개씩 사용하였으며, 총 변형량 500kgf (125×4)에 대응할 수 있도록 1/40의 기어비를 채용한 2대의 500W급 AC서보모터를 채용하였다.



외경(D)	내경(d)	자유장(L)	변형량(δ)	하중
25mm	12.5mm	90mm	28.8mm	125kgf

그림 7. 스프링 정격 (DM25×90)
Fig. 7. Spring Specification (DM25×90)

한편 앞 절에서 제시한 것처럼 기계적인 특성인 뒤틀림으로부터 발생하는 오차가 롤 간격의 오차의 가장 큰 원인이므로 워엄 기어의 정밀 가공을 통해 뒤틀림을 최소 간격 조정단위인 0.01mm로 맞추었다. 또한 워엄기어의 감속비는 기존의 1/26에서 1/30으로 증가시켰다.

따라서 AC 서보모터의 1회전에 따른 워엄 축의 이동 거리를 0.005mm (=6mm/30×40)로 최소 간격 조정단위인 0.01mm보다 작게 제어할 수 있도록 하였다.

그림 8는 롤 간격 조정을 위한 제어시스템 구성도를 보여 주고 있다. 전체시스템을 운영하기 위한 PLC를 사용하였으며, 간격 조정을 위한 입출력 장치로 터치패널을 이용하고 있으며, 작업자가 구동메뉴에서 한번 터치할 때마다 0.01mm 단위로 롤 간격이 조정되며 현재의 간격을 표시해 줌으로써, 사용상의 편의를 제공하고 있다. 또한 데이터베이스로부터 해당 품목에 대한 간격 기준값을 불러들임으로써 품목 교체 시 즉각적으로 대응할 수 있도록 하였다.

그림 9는 롤 간격 조정을 제어블록선도를 보여 주고 있다. 제어블록선도에서 보는 바와 같이 먼대가 가지고 있는 비투과성 및 무반사 특성상 실시간으로 두께를 측정할 수 없어 오프라인 측정을 통해 즉석라면의 종류에 따른 각 단별 적정한 두께 기준값에 따라 롤 간격을 그림 10과 같은 흐름도에 따라 수동으로 조정 실시한 후 미쓰토요 게이지를 이용하여 두께를 측정 한 결과를 라면 종류에 따른 각 단의 두께 기준값으로 설정하였다. 이 후 실시간 공정에서는 설정된 기준값을 추종하도록 AC서보모터에 장착되어 있는 피드백

장치인 인코더를 이용하여 롤 간격을 측정하여 제어기에 인가하고 위치제어기를 이용하여 먼대의 인입에 따른 롤러의 섭동을 제거하도록 하였다.

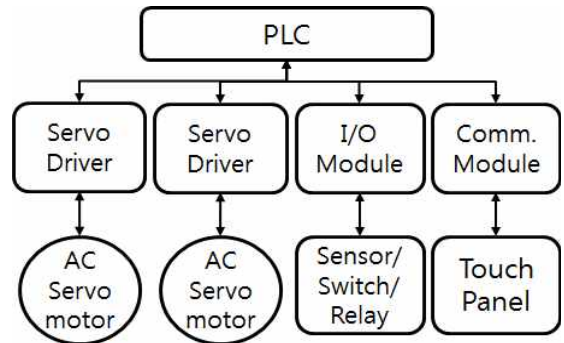


그림 8. 제어시스템 구성도
Fig. 8. Control system configuration

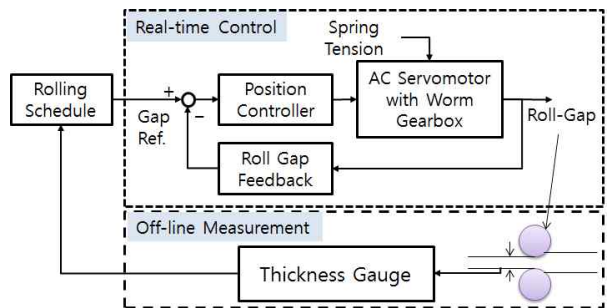


그림 9. 제어블록선도
Fig. 9. Control block diagram

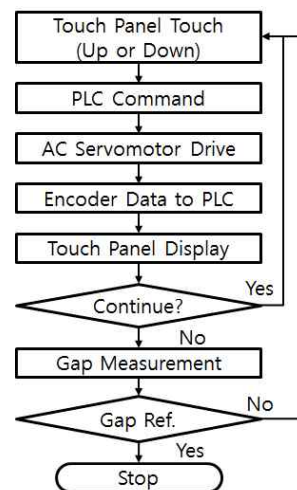


그림 10. 수동조작 흐름도
Fig. 10. Flowchart for manual adjustment

4. 실험 결과

“A” 라면에 대한 정상 생산과정에서, 연속 롤러 공정 중 6번째 롤러를 대상으로 기존시스템과 개발시스템의 면대 두께 변화에 대해 미쓰토요 게이지 측정기로 측정된 데이터를 그림 11에서 비교하였다.

그림 11에서 보는 바와 같이 AC 서보메커니즘을 이용한 조정시스템의 롤 간격의 변동이 기존의 시스템에서의 변동보다 적은 것을 알 수 있다. 즉 표준편차를 분석해 보면, 기존시스템은 0.073으로 대단히 큰 표준편차를 가지고 있는 반면, 개발시스템의 경우에는 0.014임을 알 수 있어 면대 두께 관리측면에서 품질향상에 기여할 수 있음을 알 수 있다.

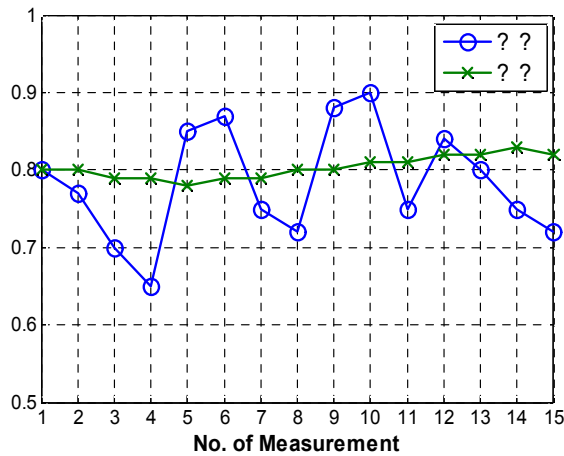


그림 11. 면대 두께 측정 결과
Fig. 11. Measurement results of dough sheets

그림 12에서는 면대를 면발로 분할한 후 1가닥의 중량 변화를 결과를 보여 주고 있다. 이 결과에서도 마찬가지로 개발 시스템을 통해 생산된 면발의 중량 변화가 기존 시스템에 비해 매우 적게 나타나고 있는 것을 보여주고 있어 품질 관리측면에서 우수함을 알 수 있다.

“A” 라면과 “B” 라면의 혼류 생산 시 품목 변경에 따른 면대 두께 변화를 측정하여 그림 13와 14에서 비교하였다. “B” 라면 생산 시 7번째 롤러 조정 결과를 보면 개발시스템의 경우 기준값과 거의 일치하고 있음을 알 수 있으며, 표준편차가 0.010으로 기존시스템

의 표준편차 0.092에 비교하면 대폭 감소되었음을 볼 수 있다. 즉 개발시스템에 의한 롤 간격 조정으로 제면 과정에서의 품질을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

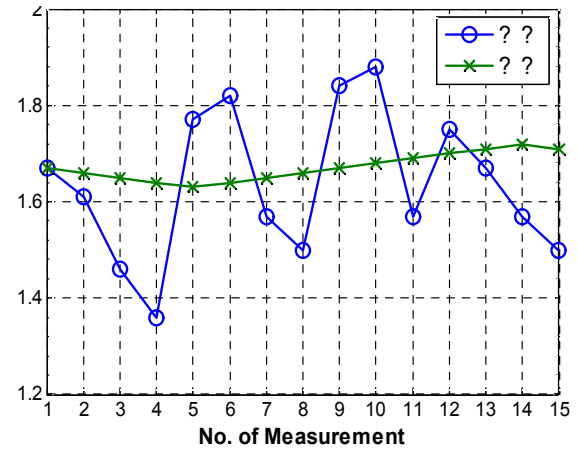


그림 12. 면발 1가닥의 중량
Fig. 12. Weight of one noodle stripe

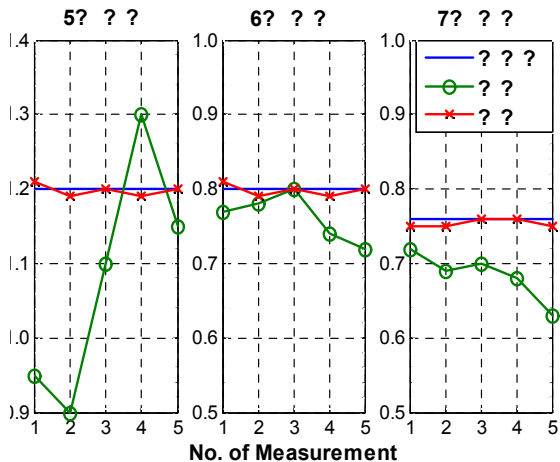


그림 13. “A” 라면에 대한 면대 두께 측정 결과
Fig. 13. Measurement results of dough Sheets for ramen “A”

결과적으로 개발시스템을 활용함으로써 작업의 편리성을 향상시켰으며, 작업자가 원하는 만큼 자유롭게 롤 간격 조정을 할 수 있도록 설비가 구성되어, 롤 간격 조정 불량에 따른 작업 불안정 요인을 제거할 수 있었다. 또한 측정 데이터에서 확인할 수 있듯이 초기 기준값에 롤 간격이 자동으로 맞춰지는 것을 확인할

수 있으며, 터치 패널 1회 접촉만으로도 0.01mm 단위의 미세 조정이 가능한 것을 확인할 수 있다.

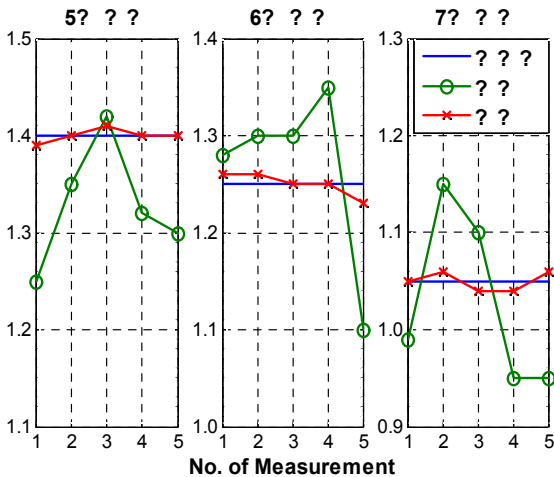


그림 14. “B” 라면에 대한 면대 두께 측정 결과
Fig. 14. Measurement results of dough Sheets for ramen “B”

5. 결 론

본 논문에서는 제면 과정에서 기존의 생산방식인 압연 공정에서 롤러 상/하단 간격 조정 시 수치 확인이 불가능하여 숙련된 작업자의 감각에 의존하던 공정을 PLC와 AC 서보모터를 이용하여 자동화하고 롤 간격을 수치로 표시하여 제면과정의 작업성을 개선하는 시스템을 구현하였다. 개선된 시스템을 통해 압연을 위한 롤 간격을 0.01mm 단위로 미세 조정할 수 있게 되었으며, 현장에서 발생하는 많은 변수 요인들, 즉 밀가루 자체 수분 함유량, 반죽 시 가수량, 단백질 함량, 외기에 의한 작업조건 변화 등에 따라 터치 패널을 이용하여 롤 간격을 미세 조정할 수 있게 되었다. 특히 다른 면대 두께를 갖는 품목간의 교체 시에 롤 간격을 품목별 기준값을 데이터베이스로부터 불러들여 자동 조정이 되도록 구성함으로써, 품목 변경 시 발생되던 작업 불안정 및 손실 발생을 줄일 수 있었다. 또한 서보모터를 접목하면서 롤러 한조를 동시 상승 및 하강 기능을 구현할 수 있어, 제품의 두께가 전체적으로 두꺼울 때나 얇을 때 롤러를 동시 상승 및 하강 기능을 활용할 수 있어 작업성을 향상한 부분은 부수적 효과

라 할 수 있겠다. 기구물의 교체 등에 따른 유지보수 시에도 PLC와 센서를 통한 원점 복귀기능을 활용함으로써 재가동시 기존 작업 조건을 유지할 수 있었다.

본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음(GRRC환경2012-B02, 스마트물류 기술연구센터).

References

- [1] G. G. Hou, Asian Noodles: Science, Technology, and Processing, Wiley, August 2010.
- [2] Web Japan, <http://web-japan.org/kidsweb/hitech/ramen/>
- [3] B.X. FU, “Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing ,” Food Research International, vol. 41, pp. 888-902, November 2008.
- [4] G. Hou, “Oriental Noodles”, Advances in Food and Nutrition Research, vol. 43, pp. 141 -193, 2001.
- [5] B.K. Yoo and D.S. Yoo, “A Roll Gap Adjustment For Uniform Thickness of Dough Sheets of Instant Ramen Noodles,” 2011 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp. 1003-1005, December 2011.

◇ 저자소개 ◇



유동상 (劉同相)

1962년 4월 12일생. 1985년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사) 1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사). 1992~2000년 LG생산기술원 책임연구원. 2000년~현재 국립한경대학교 전기전자제어공학과 교수. 관심분야는 장인제어, 로봇틱스, 자동화.



유병국 (俞炳國)

1967년 3월 8일생. 1999년 한국방송통신대학교 졸업. 2010년 한경대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 (주)농심 엔지니어링팀 과장.