

트리즈를 이용한 포장 박스용 골판지 자동 급지기 개발

박용택[#], 국금환^{*}

Development of Automatic Feeding System for Corrugate Cardboard Boxes Using TRIZ

Yong Taek Park[#], Kum Hoan Kuk^{*}

ABSTRACT

A feeding system is a key component in manufacturing packing boxes such as printing, slotting and gluing. The role of the feeding system is to feed corrugate cardboards which is usually thick and large. So, a special method is necessary to feed corrugate cardboards. This paper suggests a concept and an automatic feeding machine to feed corrugated cardboards using TRIZ, the theory of inventive problem solving. The automatic feeding machine consists of units to regulate the machine according to length and width of corrugated cardboards, a feeding part with a plurality of small rollers, and a sucking part which intensify frictional force between rollers and the lowest feeding cardboard. In particular, the feeding part is composed of an up-and-down motion plate with holes to suck the lowest corrugated cardboard as well as small rolling rollers after stopping in a moment. Thus this machine does not sensitive to size of corrugated cardboards and also can keep feeding accuracy during feeding fast.

Key Words : TRIZ(트리즈), Theory of inventive problem solving(창의적 문제 해결 이론), Automatic feeding system(자동 급지기), Feeding accuracy(급지 정밀도), Contact force(접촉력)

1. 서론

급지기(Feeding system)는 포장박스 제조를 위한 골판지, 하드보드 등과 같은 두꺼운 종이 제품의 인쇄, 슬로팅 및 접합 등의 가공공정 직전에 항상 요구되는 필수장치이다. 이러한 두꺼운 종이를 급지하기 위한 장치로는 대표적으로 3가지 방식이 있다. 우선 용지의 후면을 밀어서 급지하는 키퍼방식과 벨트의 접촉력을 이용하여 용지의 하면을 밀어서 급지하는 벨트방식 그리고 용지의 하면을 롤

러로 밀어서 급지하는 롤러방식이 대표적이다.

하지만 키퍼방식의 경우, 강도가 약한 얇은 골판지나 급지 방향이 골 방향과 직각인 골판지를 급지하는 과정에서 골판지 자체의 변형이 발생하여 급지 정밀도가 크게 저하되는 문제점이 있다. 그리고 왕복회전 벨트방식 또는 롤러방식 역시 고속으로 용지를 급지할 경우, 마찰력과 흡착력으로 인해 급지 정밀도를 유지하기에는 불충분하다. 그 결과, 실제 현장에서는 대부분 저속운전으로 원하는 급지 정밀도를 얻고 있다. 급지 정밀도(Feeding

☞ 접수일: 2006년 8월 31일; 게재승인일: 2006년 12월 5일

교신저자: 경상대학교 제어계측공학과

E-mail : maestro93@hanmail.net Tel. (055) 751-5367

* 경상대학교 제어계측공학과, 공학연구원 연구원

accuracy)란 급지된 용지 상의 원하는 위치에 정확하게 인쇄가 되었는지를 확인하는 척도로써, 현재 최고 수준은 0.8mm/m이다. 이러한 급지 정밀도는 인쇄기의 경우에 있어서 매우 중요한 파라미터이다.¹ 따라서 우선 고속으로 골판지를 급지하면서 원하는 급지 정밀도를 얻을 수 있는 급지 장치의 개발이 필요하다. Table 1은 급지 장치들의 유형별 특징을 보여주고 있다.

Table 1 Types of feeding methods and their characteristics

급지방식	특 징
키커방식	<ul style="list-style-type: none"> - 수평으로 놓인 골판지 모서리 면에 접촉하여 수평으로 신속히 전진하며 밀어주는 전후 왕복운동 키커판에 의한 급지방식 - 급지 정밀도는 높으나, 키커판의 왕복운동에 의한 진동과 마모로 분당 200매의 고속 급지는 어려움
벨트방식	<ul style="list-style-type: none"> - 수평으로 놓인 골판지 하면과 정회전하는 벨트 상면 사이의 마찰력을 이용한 급지방식 - 정회전 시에 벨트가 일시적으로 상승하여 골판지를 밀어줌 - 고속 급지가 어렵고 고속 급지 시 급지 정밀도가 저하됨
롤러방식	<ul style="list-style-type: none"> - 수평으로 놓인 골판지 하면과 롤러 접촉선 사이의 마찰력을 이용한 급지방식 - 분당 300매의 고속 급지가 가능하지만 고속 급지 시 급지 정밀도가 떨어져 정밀을 요하는 기계의 급지기로는 부적합 함

최근 설계자의 창의성을 지원해 주기 위한 창의적 문제 해결 이론(Theory of inventive problem solving)인 TRIZ(이하 트리즈)가 알려지면서부터, 많은 설계자들이 트리즈를 이용한 아이디어 발상과 기술 시스템의 설계를 시도하고 있다. 기존에 심리학을 바탕으로 한 사고 기법들과는 달리, 트리즈는 전세계 우수한 특허들의 분석을 바탕으로 하고 있으며, 모순적 상황을 체계적으로 해결하는 것을 도와주는 많은 도구들을 제공하고 있다.² 본 논문에서는 트리즈를 이용하여 고속 급지 시에도

원하는 급지 정밀도를 얻을 수 있는 자동 급지기의 개념안을 도출하였으며, 또한 도출한 개념안을 토대로 그러한 장치를 개발하여 실험하였다.

2. 창의적 문제 해결 이론

2.1 트리즈

구 소련에서 특허 심사관으로 재직 중이던 1946년 겐리흐 알트슐러르는 특허들을 연구하고 분석하기 시작하였다. 그 결과 성공한 발명가들에 의해 사용되던 기법에 있어서 유사성이 있다는 사실을 발견하게 되었다. 이러한 연구를 통해 알트슐러르는 발명의 과정에 있어서 유사성이나 패턴을 성문화할 수 있다는 사실을 알게 되었고, 그리하여 학습이나 실습을 통해 익힐 수 있는 발명을 위한 절차를 만들어 냈다. 이러한 연구가 창의적 문제 해결 이론을 의미하는 트리즈 연구의 시작이었다. 현재 트리즈는 전세계 기업에서 아이디어 발상 기법과 문제 해결 기법으로 사용되면서 많은 설계자뿐만 아니라 기술자에게 검증받고 있다. 트리즈는 창의적 문제들을 해결하기 위한 알고리즘과 많은 도구들을 제공하고 있다. 대표적으로 40가지 발명원리와 분리의 원리, 물질-장 분석과 표준 시스템 적용, 난쟁이 모델 기법, 기술 시스템 발전 법칙 등이 있다.³⁻⁵

2.2 물질-장 분석과 표준 시스템

물질-장 분석(Substance-Field analysis or Su-Field analysis)이란 기존의 또는 새로운 기술 시스템과 관련한 문제들을 시스템의 구성요소간의 상호작용 관계를 나타내는 모델로 세워서 분석하기 위한 도구이다. 모든 기술 시스템은 어떤 작용을 수행하기 위해 만들어 진다. 즉, 어떤 한 대상은 반드시 어떤 목적을 가지고 다른 한 대상에 작용을 가한다. 이런 상황은 두 개의 대상과 그 대상들 상호간의 작용을 나타내는 삼각형의 형태로 모델링된다. 이러한 모델은 두 개의 상호작용하는 대상의 집합으로 구성된다. 이것을 최소 기술 시스템이라고 한다. 여기서 대상들을 물질(S1, S2)이라고 하고, 물질들이 상호작용하는데 필요한 에너지를 장(F)이라고 한다. 일반적으로 어떤 완벽한 작용을 수행하는 기술 시스템은 Fig. 1과 같이 모델링되며, 이러한 모델을 완전한 물질-장 모델이라고 한다.

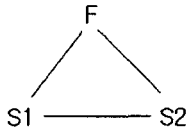


Fig. 1 Complete Su-Field model

여기서, 물질 S1과 S2는 재료, 도구, 부품, 사람, 환경 등이 될 수 있고, 물질들 사이의 상호작용을 나타내는 장 F는 중력장, 전자기장과 같은 자연과학적인 작용이나 기계장, 화학장, 음향장, 열역학장과 같이 과제에 따른 장일 수도 있다. Table 2은 물질-장 모델을 그리기 위해 사용되는 기호들이다.

Table 2 Symbol and meaning corresponding to Su-Field model

기호	의미
→	바람직한 작용
- - - - ->	불충분한 작용
~ ~ ~ ~ ~>	유해한 작용
→	표준 시스템 제시

이러한 방법으로 알트슐러는 수십만 건의 특허들의 문제와 그 해결책을 나타내었다. 그리고 문제를 해결하기 위해 그 시스템이 어떻게 바뀌어야 하는지에 대한 많은 규칙들을 Fig. 2와 같은 형태로 만들었다. 그림의 왼쪽에는 문제 상황에 대한 물질-장 모델을 표시하고 오른쪽에는 해결책에 대한 물질-장 모델을 표시하였다. 이런 규칙을 창의적 문제를 해결하기 위한 표준 시스템(Standard system)이라고 부른다.

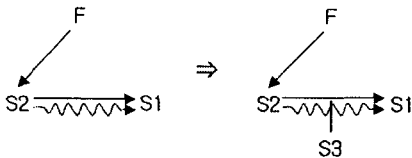


Fig. 2 Standard 1.2.1, which eliminates harmful action by introducing S3

3. 급지 메커니즘 분석

주어진 과제를 해결하기 위해 시도했던 기술 시스템의 발전과정을 파악하는 것은 설계 과정에 있어서 중요하다. 무엇보다 문제를 해결하기 위해 과거 시도했던 경험이나 개발된 기술 시스템들을 조사하여야 한다. 그리고 그러한 기술 시스템들의 메커니즘은 시스템을 구성하고 있는 구성요소간의 상호작용 관점에서 분석할 필요가 있다.

Fig. 3은 키퍼방식 급지기의 대략적인 메커니즘을 보여주고 있다. 그리고 Fig. 4는 이러한 메커니즘의 상호작용 다이어그램을 보여주고 있다. 여기서, 직사각형 그리고 둥근 사각형은 각각 기술 시스템의 목적물과 기술 시스템을 구성하는 구성요소를 의미한다. 그리고 실선과 파선은 각각 Table 2에서 사용된 기호를 의미한다.

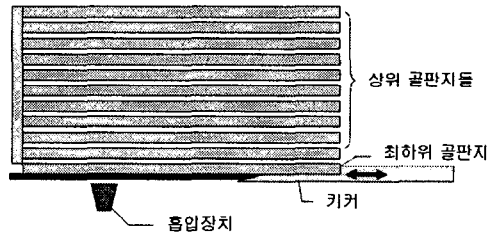


Fig. 3 Feeding mechanism using the kicker

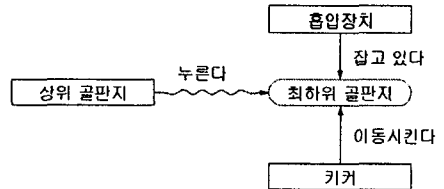


Fig. 4 Interaction diagram of the kicker method

Fig. 5와 Fig. 6은 각각 벨트방식 급지기의 메커니즘과 상호작용 다이어그램을 보여준다. Fig. 5에서 플러와 캠 그리고 벨트의 조합은 다수개의 병렬로 이루어져 있다.

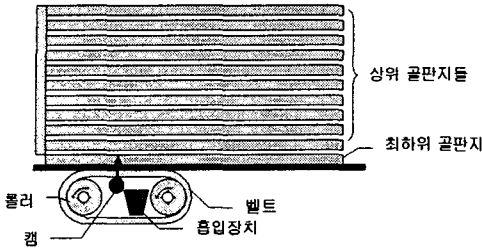


Fig. 5 Feeding mechanism using belts

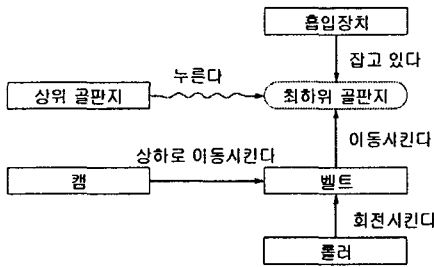


Fig. 6 Interaction diagram of the belt method

Fig. 7과 Fig. 8은 각각 롤러방식 급지기의 메커니즘과 상호작용 다이어그램이다.

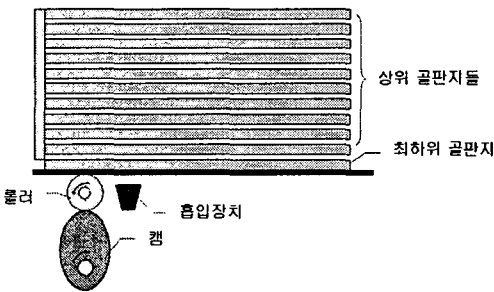


Fig. 7 Feeding mechanism using roller

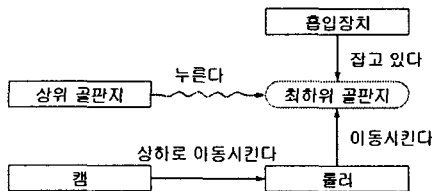


Fig. 8 Interaction diagram of the roller method

Fig. 3, Fig. 5 그리고 Fig. 7의 급지 형태를 살펴 보면, 최하위 골판지에 인가되는 접촉력의 형태는 Fig. 9와 같다. 키퍼방식은 모서리부분에서 면접촉

을 통해 같은 지점에서 같은 크기의 힘이 용지에 동일하게 인가되고, 벨트방식은 용지의 하면에서 벨트의 면접촉을 통해 힘이 인가되지만 서로 다른 지점에서 벨트의 마모도에 따라 서로 다른 크기의 힘이 용지에 인가된다. 그리고 롤러방식은 용지의 하면에서 롤러의 선접촉을 통해 같은 지점에서 같은 크기의 힘이 용지에 인가된다. Table 3은 이러한 급지 장치 메커니즘들을 비교 분석한 결과이다.

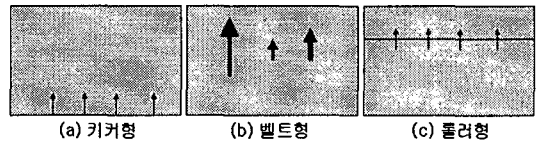


Fig. 9 Contact forces of feeding mechanisms

Table 3 Characteristics of feeding mechanisms

급지 방식	접촉-면적	특징
키퍼 방식	면접촉-키퍼의 접촉면	- 후방에서 미는 형식 - 급지 정밀도는 높으나, 직선 왕복운동에 따른 급지 속도 저하 - 용지 규격에 다소 영향을 받음
벨트 방식	면접촉-벨트의 넓이	- 접촉력은 높으나, 분리된 벨트들의 상대적 회전속도 차와 각 벨트의 마모도에 따른 마찰력에 의해 급지 정밀도의 오차 유발 - 용지 규격에 따른 영향 적음
롤러 방식	선접촉-롤러의 길이	- 접촉력이 작아서 접촉력을 높이기 위해 필요 캠이 요구됨 - 일체형 롤러의 사용으로 급지 정밀도가 다소 높음 - 용지의 규격에 따른 영향 적음

4. 물질-장 분석과 표준 시스템 적용

4.1 최초 기술 시스템

최초의 기술 시스템은 용지(S1)만 주어져 있고 이러한 용지를 급지하기 위한 메커니즘을 완성하는 것이다. Fig. 10은 이러한 과제에 대한 물질-장 모델과 해당 표준 시스템의 적용을 보여주고 있다. Fig. 10에서 제안하는 표준 시스템에 따라 용지에 작용하는 도구(S2)와 도구에 인가되는 장(F)을 결

정하여 급지 메커니즘을 완성하여 과제를 해결한다. 본 연구에서는 우선 급지 메커니즘으로서 접촉력이 우수한 벨트방식을 고려하였다. 즉, 벨트를 도구로 선택하고 벨트에 인가되는 장으로 기계장을 선택하였다.

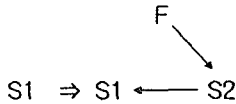


Fig. 10 Standard 1.1.1

4.2 현재 기술 시스템

벨트를 이용한 급지 메커니즘은 고속 급지 시 급지 정밀도가 떨어지는 문제점을 야기하므로, 원하는 결과를 충분히 얻지 못하고 있다. 이러한 상황을 물질-장 모델로 표현하면 Fig. 11과 같다.

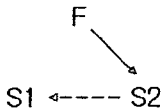


Fig. 11 Insufficient Su-Field model

4.3 표준 시스템 적용

Fig. 11과 같이 원하는 결과를 충분히 얻지 못하는 불충분한 물질-장 모델에 대해 본 연구에서는 다음과 같이 3가지 표준 시스템을 적용한다.

i. 기존의 장(F)(또는 기존의 장과 도구(S2))을 새로운 장(F_{new})(또는 새로운 장과 새로운 도구(S3))으로 대체한다(Fig. 12). 즉, 용지(S1)를 벨트(S2)를 사용하지 않고 새로운 도구(S3)를 사용하여 급지한다. 이때 새로운 도구(S3)에는 새로운 장(F_{new})이 인가될 수 있다.

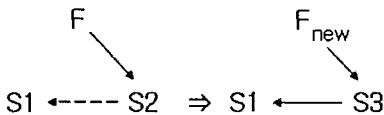


Fig. 12 Standard 2.2.1

ii. 원하는 결과를 얻기 위하여 도구(S2)에 새로운 장(F_{new})을 인가한다(Fig. 13). 즉, 벨트에 새로운 장을 인가한다. 또한 앞서 추천한 표준 시스템에 따

라 롤러에 새로운 장을 인가하는 것도 고려한다.

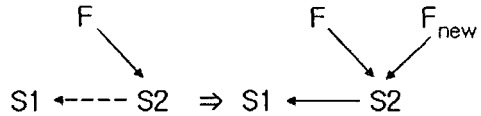


Fig. 13 Standard 2.1.2

iii. 새로운 장(F_{new})과 새로운 물질(S3)을 추가한다(Fig. 14). 이때 새로운 물질은 값싼 물질이어야 한다. 즉, 벨트(또는 롤러)의 내부나 외부에 새로운 값싼 물질을 추가하여 용지에 작용하도록 한다.

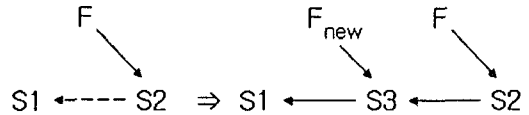


Fig. 14 Standard 2.1.1

5. 개념안 도출

5.1 벨트 대신 새로운 도구의 사용

Fig. 12와 Fig. 14에서 제안하는 표준 시스템에 따라 벨트(S2) 대신에 롤러(S3)를 사용하여 용지를 급지하는 메커니즘에 대해 고려하였다. 또한 Fig. 7에서 롤러방식의 선접촉과 벨트방식의 면접촉에 의한 마찰력의 문제점을 기술 시스템의 발전에 있어서 면의 발전법칙에 적용하였다. Fig. 15는 면의 발전 패턴을 보여주고 있다. Table 4는 이러한 개념들을 토대로 도출한 아이디어들을 보여주고 있다.

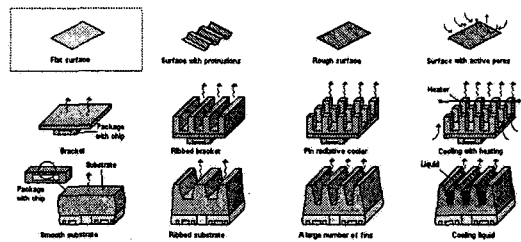


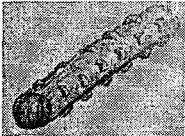


Fig. 15 Modification patterns of surface

Table 4 Ideas to substitute new tool

아이디어	설 명
1	탄력이 있는 재질로 된 기어형 롤러 사용 
2	롤러의 기어 외부 또는 내부에 에어백을 추가하여 롤러와 용지 사이의 접촉력을 향상시킴 
3	롤러에 에어백을 추가하여 롤러와 용지 사이의 접촉력을 향상시킴 

5.2 벨트의 접촉력 개선

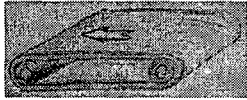
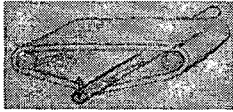
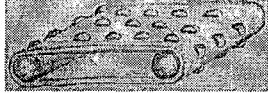
Fig. 13과 Fig. 14에 제안하는 표준 시스템에 따라 벨트(S2)에 새로운 장(Fnew) 또는 새로운 장(Fnew)과 중간 물질(S3)을 추가하는 방향으로 벨트의 접촉력을 개선하는 아이디어를 도출하였다. Table 5는 도출한 아이디어들을 정리한 결과이다.

5.3 새로운 장을 도입

최하위 골판지와 이 골판지 하부 챔버로 이루어지는 공간 속의 공기를 제거하여 만들어진 높은 진공압을 급지 롤러(또는 벨트)와 최하부 골판지가 직접 접촉하는 부위에만(이외의 부위는 대기압이 작용) 발생시키는 일종의 빨판 구조를 갖는 부분 흡착방식을 적용한다.

또는, 고속으로 회전 중인 롤러에 골판지가 하강하면 마치 눈 속에서 회전만하는 자동차 바퀴처럼 급지 마찰력이 작아 원하는 작용력을 얻을 수 없다. 따라서 하강하는 골판지가 롤러에 부착하는 순간에 주기적으로 롤러를 정지시킨 후 롤러를 회전시키는 방식이 좋다.

Table 5 Ideas to improve contact force of belt

아이디어	설 명
4	하나의 벨트를 사용함으로써 벨트의 접촉력이 분산되지 않도록 함 
5	가변 막대를 추가하여 벨트의 장력을 강화시킴 
6	벨트에 에어백을 추가하여 벨트와 용지 사이의 접촉력을 향상시킴 

또는, 2중 구조를 갖는 회전하는 진공 롤러를 사용한다(Fig. 16). 중심부 고정롤러 수직상단 위치에 가공된 홈은 항상 높은 진공압이 걸린 상태이고, 그 위에서 회전하는 외부 회전 롤러는 회전하는 동안 항상 수직 상단 위치에서만(골판지 하면과 밀착되는 위치) 고압의 진공압이 전달되도록 원통형 롤러에 한 줄의 홈을 파준다. 이러한 구조를 통해 고압의 공기를 주기적으로 발생하는 장치는 롤러(또는 벨트)를 간헐적으로 운동시키기 위한 운동 변환 메커니즘 장치보다 제어성이 우수하며 저가격에 구현이 가능하다.

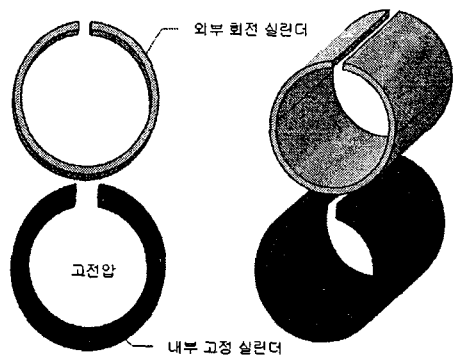


Fig. 16 Dual structure with rolling vacuum roller

5.4 최종 개념안

최상의 개념안은 다양한 조건을 만족시키기 위하여 여러 가지 아이디어를 조합하여 만들어진다. 본 연구에서 하나의 롤러를 사용하는 롤러방식의 단점인 선접촉의 문제점을 극복하고 벨트방식의 장점인 면접촉을 동시에 얻을 수 있도록 하기 위하여 다수의 소형 롤러들을 병렬로 배치한 급지 롤러를 사용하는 개념안을 개발하였다(Fig. 17). 그리고 상하운동하는 판에 홈들을 통한 부분 흡착방식을 적용하여 최하위 골판지만을 흡착하도록 하였다. 또한 상하운동하는 판을 순간적으로 멈춰서 회전하는 다수개의 롤러와 동기화시켜 마찰력을 최대화시켰다. 뿐만 아니라 소형 롤러들을 비대칭으로 배치하는 것도 가능하다. Fig. 18은 비대칭으로 배치할 경우, 소형롤러들에 의한 접촉력을 보여주고 있다.

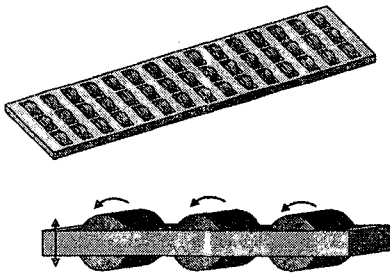


Fig. 17 Concept

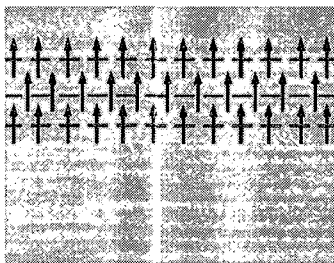


Fig. 18 Contact force of developed concept

6. 자동 급지 장치 개발

Fig. 19는 본 논문에서 제안한 개념안을 토대로 개발한 자동 급지 장치를 보여주고 있다. 개발한 자동 급지 장치는 폭 조절장치와 길이 조절장치를 사용하여 급지 용지의 규격에 따라 장치를 조절할

수 있도록 하였다. 그리고 순간 멈춤 정회전하는 다수의 소형 롤러와 상하운동하는 판을 사용하여 급지 순간에 급지 마찰력을 높였으며, 또한 공기 흡입부를 통해 최하위 골판지와 이 골판지 하부 챔버로 이루어지는 공간 속의 공기를 흡입하여 롤러와 최하위 골판지간의 마찰력을 증대시켰다.

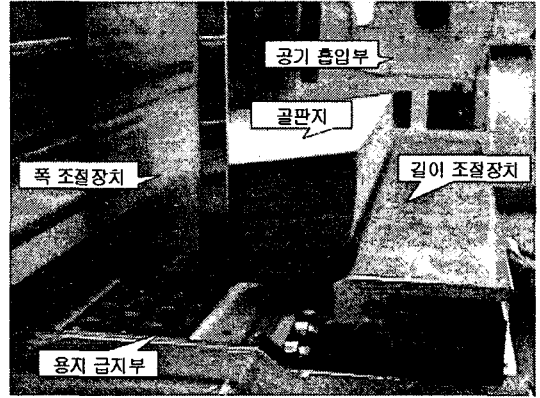


Fig. 19 Developed feeding machine

특히, Fig. 19의 용지 급지부의 상하운동 판에 공기 흡입부를 통해 외부 공기를 흡입하기 위한 홈들을 만들어 앞서 제안한 빨판 구조를 갖는 부분 흡착방식을 적용하여 롤러와 최하위 골판지와의 접촉력(마찰력)을 높였다. 또한 앞서 제안한 소형 롤러들을 비대칭으로 배치하여 Fig. 18과 같은 접촉력을 얻도록 하였다.

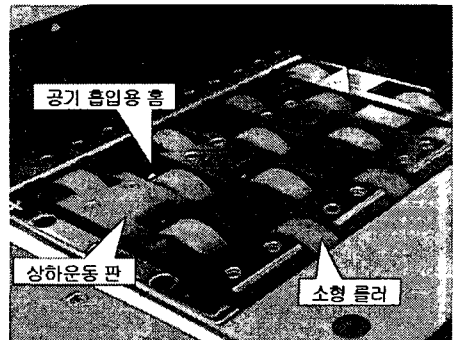


Fig. 20 Feeding part

개발한 장치를 이용하여 Fig. 19와 같이 급지 속도를 300매/min로 유지한 상태에서 후속 인쇄기들까지 모두 통과하는 시험을 하였다. 최종 인쇄

된 용지의 급지 정밀도를 목적으로 확인한 결과 급지 정밀도는 0.8mm/m 이내로 유지되었다. Fig. 21 은 인쇄된 골판지이다. 여기서 A까지의 거리는 100mm이어야 한다. Fig. 22는 Fig. 21에서 A까지의 거리를 측정한 결과를 보여준다.

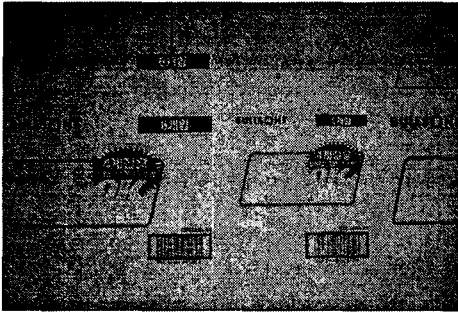


Fig. 21 Printed corrugated cardboard

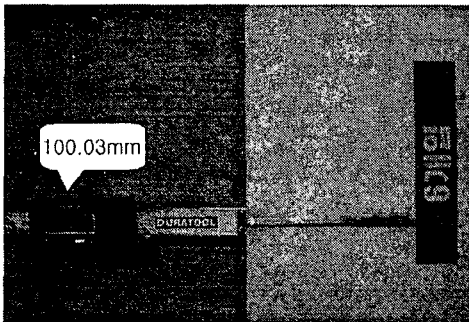


Fig. 22 Measured value

7. 결론

본 논문에서는 창의적 문제 해결 이론인 트리즈를 이용하여 포장박스 제조를 위한 골판지의 고속 급지 시 급지 정밀도를 유지할 수 있는 자동 급지기의 개념안을 제시하였다. 그리고 제시한 개념안을 토대로 자동 급지 장치를 개발하였다. 개발한 장치는 급지 용지의 길이와 폭 그리고 두께에 따라 장치의 조절이 가능하여 용지의 규격에 덜 민감하다. 또한 순간 멈춤 정회전하는 다수의 소형 롤러와 상하운동하는 판으로 구성된 용지 급지부와 롤러와 급지 용지간의 흡착을 통한 마찰력을 증대시키는 흡입부로 구성되어 있어서 고속 급지 시에도 원하는 급지 정밀도를 얻을 수 있다.

그러나 개발한 자동 급지 장치는 급지 정밀도

를 직접 정량적으로 확인하여 자체적으로 급지 정밀도를 보정하는 장치가 없다. 그래서 인쇄된 용지의 급지 정밀도를 목적으로 확인하고 보정하여 사용하여야 한다. 향후 연구는 급지 정밀도를 측정하는 메커니즘과 센서 시스템을 개발하고 그것을 자동 급지 장치에 부착하여 자체적으로 급지 정밀도를 보정하는 기능을 가진 고부가가치의 자동 급지기를 개발하는 일이다.

참고문헌

1. CNS, "A Development of Auto Feeding Machine with Instant Stopper and Regular Rotating Belt by Cam Driving System," Gyeongsang National University, 2007.
2. Genrich, A., Boris, Z., Alla, Z. and Vitalii, P., "Tools of Classical TRIZ," Ideation International Inc., 1999.
3. Genrich, A., "The Innovation Algorithm," Technical Innovation Center Inc., 1999.
4. Lee, H. S. and Lee, K. W., "Practical Case Study of Resolving the Physical Contradiction in TRIZ; Super Water-Saving Toilet System Using Flexible Tube," TRIZ-Journal, 2003.
5. Valery, K., Lee, J. Y. and Lee, J. B., "TRIZ Improvement Of Rotary Compressor Design," TRIZ-Journal, 2005.
6. Ena T., A., Mikhail, V., Igor, D. and Sergei, I., "TechOptimizer Fundamentals," Invention Machine, 2002.