

작업환경개선을 위한 목재포장공정에 있어서의 양끝절단포장적재장치 개발

강지호* · 홍동표**

* 군장대학 산업경영과 교수

** 전북대학교 기계항공시스템 공학부 교수

The package loading equipment development cutting both ends in the process of packaging lumber for improving the working environments

Ji-Ho Kang* · Dong-Pyo Hong**

* Kunjang College Department of Industry Management

** Chonbuk Univ. Division of Mechanical & Aerospace System Engineering

The package loading process of the lumbering industry is an operation that after a pair of workers binds three or six lumber into a unit and cut the both ends of the lumber, carry and pack and load the weight cargo of 30-50kg. The package loading process causes lots of noise and wood dust when the lumber are cut and brings about the main cause of the musculoskeletal disorder when workers carry the heavy goods. Therefore, we developed the monolithic package loading equipment cutting both ends that is enable to improve the working method and environments of the existing package loading process. The noise and wood dust were reduced by developing the device and the main cause of shirking duties on working place was solved by preverting the musculoskeletal disorder and improving the working environments as excluding the work of carrying heavy goods.

Keywords : package loading, musculoskeletal, lumbering industry

1. 서 론

목재 일반제재업은 대부분의 사업장이 근로자수가 10인 미만, 연간 생산액은 약20억원 미만으로 영세하고 소음과 톱밥, 목분진이 다량 발생하며, 중량물 취급 등으로 작업환경이 아주 열악하다. 또한 사업주와 근로자 모두 안전보건 의식이 낮아 협착, 전드, 붕괴, 비래 등 재해율이 4.39%로 제조업 평균재해율 1.4%보다 높게 나타났다[1].

일반제재업에 사용되는 장치는 위험기계·기구인 목

재가공용 등근톱, 띠톱, 체인 톱, 컨베이어, 지게차 등이 주로 작업에 사용함으로써 작업 및 점검·보수시 협착에 의한 안전사고가 많이 발생하고 있다. 특히 포장적재 작업은 원목을 절단하는 원목절단공정에서 원목길이 일정하게 절단되지 않아 포장적재공정에서 다시 절단기로 목재 양끝을 절단할 때 분진과 소음이 노출기준을 초과하고 있다. 이 포장적재작업은 2인 1조 작업으로 중량물을 운반하여 적재하기 때문에 노동강도가 커서 이 직렬이 높은 공정이다.

또한 목재를 취급하는 일반제재업체에서는 작업시에

발생하는 목재분진과 함께 포름알데이드 및 소음에 대한 노출이 작업자의 직업병발생에 관여하는 중요한 인자가 된다[2,7]. 근로자가 목재분진에 노출되었을 때 건강에 미치는 영향은 매우 복잡하지만 특히 경질목재를 사용하는 작업자의 코에 대한 영향의 징후가 높다고 알려져 있다[3]. 목재의 구성원소는 셀룰로즈, 반셀룰로즈, 리그닌 및 수백종의 혼합물이 목재 추출물속에 포함되어져 있다는 것이 알려졌다. 미국산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 목재를 취급하는 작업장의 분진농도는 경질목재 분진의 노출한계가 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 이고 발암성물질(AI)로 분류하였고, 연질목재에 대해서도 폭로한계를 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 제한하고 있다[4]. 특히 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서도 경질목재 및 연질목재의 분진을 모두 발암가능물질로 규정하였다. 우리나라는 밀도와 경도에 따라 나무의 종류를 구분하여 목재분진의 허용기준을 경질목재인 경우 $1\text{mg}/\text{m}^3$, 연질목재는 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 구분하고 있다[5]. 따라서 목재를 취급하는 작업환경에서는 목재분진에 대한 주의를 하여야 하는데 불구하고 일반제재업체들이 영세하여 일반제재장치 등의 제반기술에 대한 수준이 아주 미흡한 실정이다. 목재는 산지나 조직에 따라 각각 다른 외관, 색조를 다양하게 나타내며 장중한 멋이 있어 경제규모가 향상되면서 최근 건축물의 내장 마감재로 채택하는 경향이 현저하게 증가하고 있다. 그러나 아직도 많은 일반제재업체들은 기존의 재래식방법으로 2차 수동제재, 양끝절단(4차 제재)작업과 포장적재작업을 분리작업을 하고 있어 생산성과 품질이 떨어지는 요인이었다. 본 연구에서는 포장적재공정의 열악한 작업환경을 개선하고 인력에 의존하는 양끝절단작업과 포장적재작업을 동시에 수행할 수 있도록 공정을 자동화하고 노동강도를 제거하여 작업자의 안전을 보장하고 목재의 품질과 생산성을 증가시킬 수 있는 양끝절단포장적재장치 개발에 역점을 두었다.

2. 목재 포장적재공정 분석

일반제재업의 주요 작업공정으로는 원목운반, 원목절단, 1차 제재, 2차 제재, 3차 제재, 양끝절단 및 포장적재공정 등으로 크게 나눌 수 있다. <표 1>는 각 공정의 작업세부내용과 재해위험요인과 유해요인들을 분석한 내용이다. <표 1>에서 같이 목재제재업의 작업환경은 목재분진, 소음, 중량물 취급 및 단순반복작업과 관련된 근골격계 질환 발생 등 많은 유해·환경에 노출되고 있는 것으로 분석되었다.

그리고 목재제재업에서 주로 발생하는 현장직무기피요인과 산업재해 발생요인은 다음과 같은 형태이므로

이에 대한 적극적인 작업환경개선과 안전대책이 필요한 것으로 조사되었다.

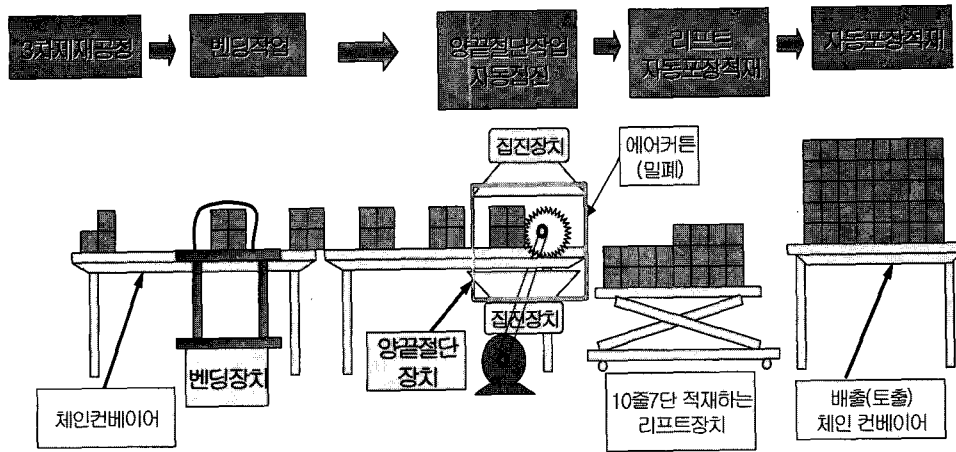
- 목재기계 제재 및 가동시 발생하는 목재분진과 소음에 의한 소음성난청의 직업병 발생 우려가 있다.
- 포장적재작업의 중량물 취급에 의한 요통재해 발생 및 원목 등 운반작업에서 지게차와의 충돌위험이 있다.
- 목재가공용 톱을 이용한 가공과정에서 협착 등의 재해와 가공물의 비래에 의한 재해위험 등으로 직무기피요인이 있다.
- 컨베이어 벨트 및 목재가공기계에 대하여 수리·점검 및 이물질 제거시 기계를 정지 시키지 않고 가동상태에서 작업하는 과정에 말림, 협착재해가 발생할 우려가 있다.
- 원목자체로는 야적 보관시 수분을 함유하고 있는 경우도 있으나 제재업은 가연성인 목재를 이용한 작업으로 목분진 등에 의한 화재가 발생하는 경우 초기진화가 용이 하지 않다.
- 원목 보관시에는 붕괴 및 추락 등의 큰 위험이 있고, 공장내의 작업장에서 많은 목분진 발생과 기계가동 중의 스파크로 인한 발화위험이 있다고 분석되었다.

본 연구 대상인 양끝절단포장적재작업은 2인 1조의 작업자가 제재된 목재를 3~9개별로 밴딩(결속)한 후 약 30~50kg의 중량물을 1~2m 운반하여 <그림 1>과 같이 땅바닥에서부터 <그림 2>처럼 1.2m 높이로 포장적재하기 때문에 중량물 운반에 따른 단순반복작업에 의한 근골격계 질환에 노출되고 있다.

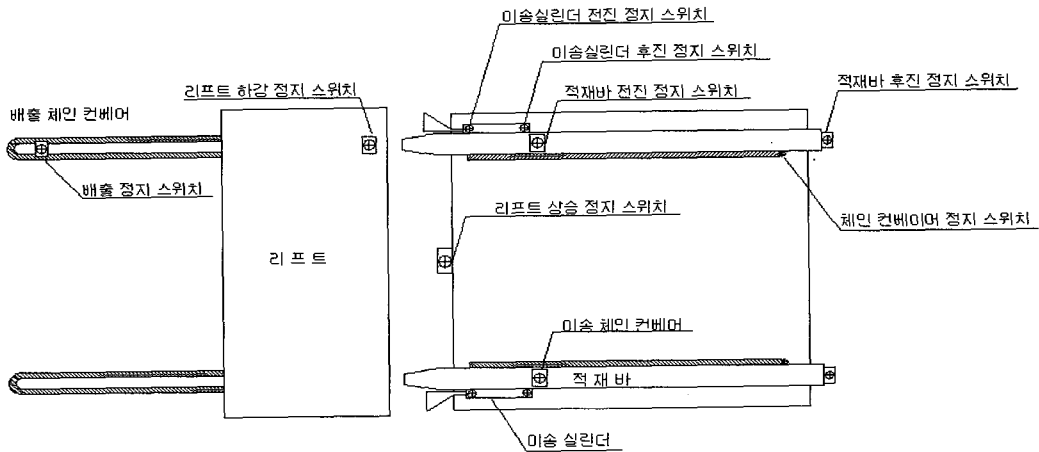
OWAS(Ovako Working-posture Analysis System)로 포장적재작업을 분석한 결과 작업자의 허리는 상체를 앞으로 굽힌 자세이며, 팔의 양손은 어깨 아래로 내린자세이고, 다리는 두다리를 펴고 선 자세를 취하고 있으며, 하중/힘은 20kg이상을 요하는 작업자세로 OWAS 코드가 2123으로 수준 3에 해당되어 근골격계에 직접적인 해를 끼치므로 빨리 작업환경을 개선해야 하는 것으로 분석되었다[6].

양끝절단작업은 원목절단공정에서 수동톱을 이용하여 원목을 절단하기 때문에 절단면이 일정하지 않아 <그림 3>과 같이 양끝절단작업이 필요하다.

이 작업과정에서 소음(95dB)과 목재분진($7.5\text{mg}/\text{m}^3$)이 다량 발생되고 있어 장기간 작업시 근로자의 소음성 난청 및 진폐발생이 우려되나 건강보호대책이 미흡한 실정이다. 또한 작업자의 안면 등에 대한 안전조치가 미흡하여 비산된 목재파편이 눈에 들어가 재해로 이어질 가능성이 크기 때문에 직무기피를 하고 있는 실정이다.



<그림 4> 일체형 양끝절단포장적재장치의 측면 구조도



<그림 5> 적재장치 감지식 위치제어방식 모식도

인컨베이어로 이송되는데 작업자가 발판스위치를 조작하면서 길이가 일정하지 않은 각재는 회전하는 양끝절단장치를 통과하면 자동으로 각재 양끝을 일정한 길이로 절단하게 된다. 이때 절단톱 커버는 위에서 아래로 누르는 역할을 하게 되는데 이는 각재를 절단될 때 움직이지 못하게 하는 역할을 하게 된다. 목재가 양끝 절단될 때 필연적으로 발생되는 목재분진과 톱밥은 동시에 집진장치로 연결된 상하다터호스를 통하여 톱밥저장탱크로 포집함으로써 목재분진을 제거한다. 목재분진을 제거하기 위해서 절단장치 상하에는 에어커팅 설치하여 목재분진이 비산되는 것을 방지하였다. 적재장치가 작동되면 이송실린더감지기가 각재를 인식하고 공압실린더의 좌우에 있는 실린더가 각재를 리프트 적재대로 밀어보낸다. 이때 리프트감지장치는 적재폭은 1m로 자동 감지하여 1단에서 7단으로 적재되면서 1.2m 높이가 되면

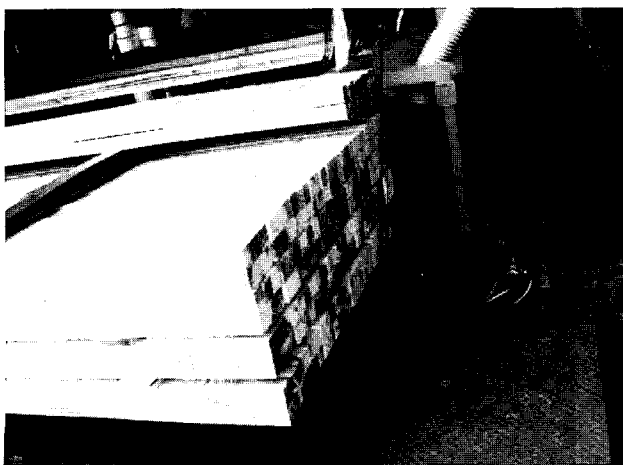
자동적으로 토출체인컨베이어로 밀어내게 된다. 포장적재가 완료된 완제품은 지게차로 출하장으로 운반할 수 있도록 개발하였다.

또한 적재장치 감지식 위치제어방식<그림 5>는 적재바 전후진정지감지리미트, 이송실린더전후진정지감지리미트, 리프트상하 정지감지리미트를 각각 2개를 설치하였다. 제재된 목제품이 체인컨베이어와 리프트를 타고 각 감지리미트의 위치를 지날 때 마다 개별감지로 포장적재가 자동적으로 작업을 수행하는 방식이다. 적재장치에서 자동 또는 수동으로 선택할 수 있으며 운전준비 스위치를 누르면 적재바 전진, 리프트 상승 및 적재할 수 있는 준비가 완료된다. 이와 같이 작동반복스위치가 자동적재장치의 좌우에 장착한 공압실린더를 조절할 수 있도록 하였다. 새로 고안된 적재장치 감지식 위치제어방식<그림 5>은 목제품이 체인컨베이어벨트로 이동될

때 PLC의 감지리미트에서 가로 및 세로카운터 미리 입력하여 작성된 프로그램에 의하여 자동으로 양끝절단포장적재작업이 가능하도록 개발하였다. 적재장치는 에어 실린더로 적재되며 가로(수평적재) 및 세로(수직적재)카운터에 입력된 수만큼 차례로 반복 적재된다. 적재가 끝나면 리프트장치 상하스위치에 따라 배출컨베이어로 배출하게 된다. 체인 컨베이어 속도를 가감할 수 있도록 속도조절용 조작판넬을 설치하였다. 본 연구에서는 양끝절단과 포장적재작업이 동시에 작업할 수 있도록 기능별 감지식 위치제어방식을 고안함으로써 연속작업이 가능하여 생산성과 목재 양끝이 일정하게 절단되어 품질이 향상되었고 <그림 6>에서 <그림 9>와 같이 차량 운송시 편리하도록 정렬되었다. 거발장치의 작동절차는 연속작업이 가능하도록 PLC의 프로그램으로 조정되며 작업흐름은 <그림 10>과 같다. <그림 11>은 실제 개발 완료하여 생산현장에 설치한 양끝절단포장적재장치이다.



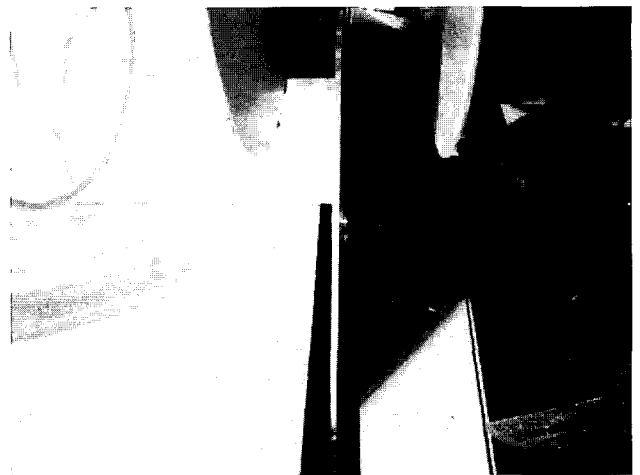
<그림 6> 절단면이 일정하지 않다.



<그림 7> 절단면이 일정하고 정렬되어 있다.



<그림 8> 길이가 일정하지 않아 수작업으로 양끝을 절단하고 있다.

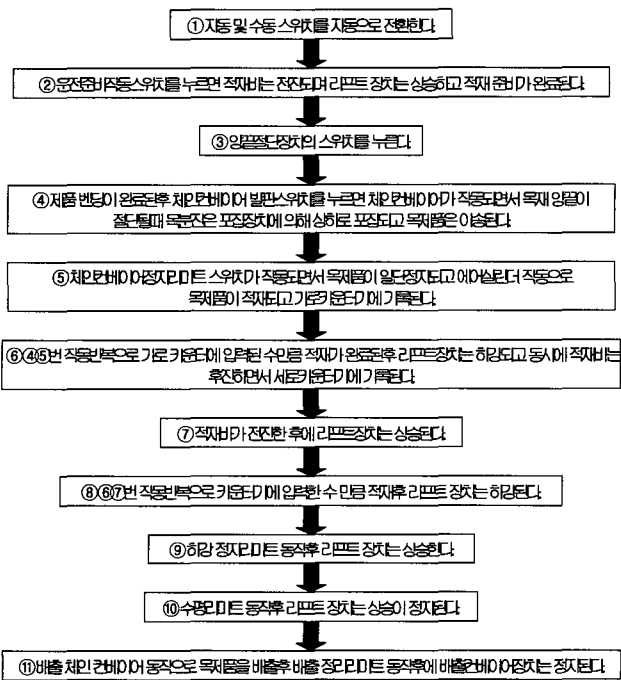


<그림 9> 자동으로 양끝절단을 하고 있다.

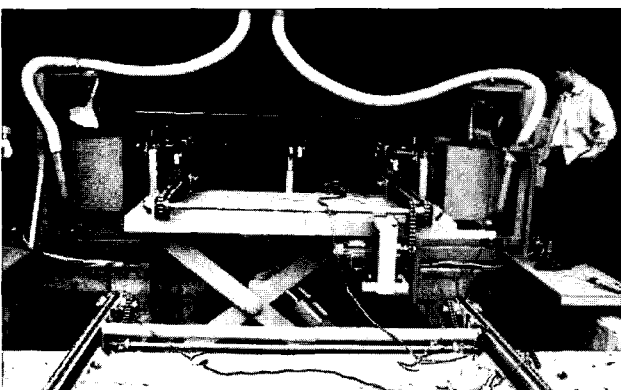
이 장치의 구조는 크게 투입체인컨베이어장치, 벤딩장치, 양끝절단장치, 목재분진집진장치, 적재장치, 상하리프트장치, 배출체인컨베이어장치와 전기제어장치로 구성하였다.

소음 측정방법으로는 <그림 12>과 같이 작업자의 어깨에 직접 착용하여 소음을 6시간동안 연속 측정된 결과 88dB(A)으로 노출기준이하로 산출되었다. 특히 일반 제재업의 현장소음이 일정하지 않고 불규칙인 관계로 누적소음 노출량측정기(Noise Dosimeter)를 사용하였다. 분진측정방법은 여과포집법으로 포집기기는 개인시료채취기로 분석방법은 중량분석법을 사용하였다. 무게를 분석하는 화학저울은 $10^{-5}g$ 의 감도를 확보한 기기를 이용하였다. 중량분석을 위해 작업장에서 무게를 알 수 있는 채취용 여과지가 장착된 카셀트를 호스의 한쪽에 연결하고 호스의 다른 부분은 펌프 유입구에 연결하여 양끝절단포장적재장치 옆 작업위치에서 <그림 13>과 같이

작업자의 허리에 펌프를 장착하고 여과지는 호흡기 근처 어깨에 연결하여 펌프를 작동시켜 유속 2ℓ/분으로 6 시간동안 분진을 채취하였다. 채취가 완료된 후 여과지를 분리한 후 채취한 여과지의 무게를 잰 다음 채취 전 무게와 차이를 계산하고 공기채취량을 나누어 농도를 계산하였으며 이때 총 공기채취량은 722ℓ 이었으며, 측정결과는 1.29mg/m³으로 노출기준이하로 조사되었다. 그리고 <표 2>에서 개발전후 작업방법 비교에서도 목재 양끝을 절단하기 위한 선별작업(2), 양끝절단(3), 운반작업(3) 등을 생략할 수 있어 포장적재작업의 사이클 타임이 40초에서 20초로 단축되어 생산성이 향상되었다.



<그림 10> 양끝절단과 포장적재 연속작업을 위한 작동절차 흐름도



<그림 11> 현장에 설치한 양끝절단포장적재장치

<표 2> 개발전후 작업방법 비교

작업 순서	개발 전	개발 후
1	3차 제재된 목재를 체인컨베이어로 이송	3차 제재된 목재를 체인컨베이어로 이송
2	길이가 일정하지 않은 각재를 선별 작업	선별작업 생략
3	길이가 일정하지 않은 각재의 절단(소음과 목재분진 발생 및 절단 시 재해위험으로부터 노출됨)	양끝절단작업 생략
4	별도의 운반작업 필요	운반작업 생략
5	6~9개 단위로 벤딩기로 벤딩	6~9개 단위로 벤딩기로 벤딩
6	길이가 일정하지 않으면 벤딩후 일괄적으로 절단 작업 실시(소음과 목재분진 발생 및 절단시 재해위험으로부터 노출됨)	목재길이가 일정하지 않으면 이동하면서 양끝 절단 후 포장적재됨(소음절감 및 목재 분진 자동 포집)
7	2인 1조가 30~50kg의 중량물을 1m 운반하여 바닥으로부터 1.2m의 높이 포장적재함(단순 반복작업으로 고노동강도)	개발장치에 의해서 자동으로 포장 적재됨(노동강도 제거)

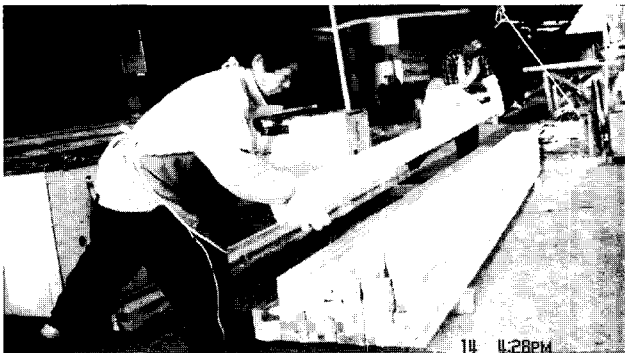


<그림 12>소음측정 장면



<그림 13>분진측정 장면

개발 전



30~50kg 목재를 1~2m 운반하여 적재하고 있다.

개발 후



자동으로 목재를 적재하고 있다.

<그림 14> 양끝절단포장적재장치 개발전·후 비교

또한 <그림 14>에서는 장치 개발 전후를 비교하였다.

4. 결 론

2인 1조의 작업자가 30~50kg 중량물을 운반하는 작업을 없애고 자동으로 다양한 종류의 목재에 대한 양끝절단과 포장적재가 연속적으로 작업할 수 있도록 장치를 개발하였다. 또한 목재길이가 일정하지 않은 양끝절단 작업을 제거하였으며 양끝절단과 포장적재방법이 개선되어 노동강도를 완전히 제거하였다. 작업환경 개선으로 일반제조업계에 대한 인식을 바꿔줌으로써 인력확보에 많은 도움이 될 수 있는 양끝절단포장적재장치를 개발하여 특허를 출원하였다. 또한 주요개선 효과는 <표 3>과 같으며 작업환경, 생산성, 품질측면에서 모두 우수한 것으로 나타났다. 개선전에는 양끝절단을 하기 위해 운반과 절단작업이 별도로 수행되어 양끝절단과 포장적재 작업방법에서 결속부터 포장적재까지 1사이클 타임이 40초가 소요되었으나 장치개발로 인하여 운반작업이 제거와 양끝 절단작업을 포장적재과정에서 이루어지기 때문에 작업시간을 20초로 단축할 수 있어 2배의 생산성 향상되었다. 목재분진도 1.2 mg/m³으로 획기적으로 감소되었으며 소음도 95dB에서 88dB이하로 감소되었다. 불량률 0.8%에서 0.1%로 감소가 되었으며 양끝 정밀절단으로 길이가 정확하여 목재 클레임의 잠재요인을 제거할 수 있었다.

<표 3> 양끝절단포장적재장치 개발에 대한 전·후 효과 비교

구분	평가항목	단위	환경 기준치	개선 전	개선 후	비 고	
작업 환경	소음	dB	90	95	88이하	노출기준이하	
	분진	경질목재	mg/m ³	1.0	5.5	0.9이하	노출기준이하
		연질목재		5.0	7.5	1.3이하	
	노동 강도	근골격계 질환	수준	1	3	1	노동강도 완전제거
	산업재해	건		4	0		
생산성	사이클타임	초		40	20	2배 향상	
품질	불량률	%		0.8	0.1		

참고문헌

- [1] 한국산업안전공단, 2004년 산업재해현황, 한국산업안전공단, 2005
- [2] 김승기, 노재훈, 김치년, “나무종류에 따른 공기중 분진농도와 입경분포에 관한 연구”, 한국산업위생학회지, 제9권, 제2호, pp. 145-157, 1999.

- [3] 박희련, 이내우, 김성빈, “목재분진의 독성에 의한 환경호르몬특성 연구”, 한국산업위생학회지, 제10권, 제2호, pp. 68-77, 2000.
- [4] 이동원, 김현욱, “목재분진 농도 측정에 대한 37 mm closed-face 카세트법과 IPM 측정법 비교”, 한국산업위생학회지, 제6권, 제1호, pp. 67-76, 1996.
- [5] 노동부, 작업환경측정편람, 노동부, pp. 177, 1994.
- [6] 정민근 외 5인, 전문가를 위한 인간공학, 한국산업안전공단, pp. 299-306, 2000.
- [7] Dino, L.pisanniello et al, “Nasal Cytology in Australian Furniture Woodworkers,” Aust. J. otology, 2(2), pp. 137-141, 1995.