

건명태 관태기 개발에 관한 연구

김진국 · 강화석
강원대학교 농업기계공학과

Development of A Piercing Machine of Dried Pollacks

Jin Gug Kim and Whoa Seug Kang

Department of Agricultural Machinery Engineering, Kangwon National University

Abstract

A piercing machine of dried pollacks was designed and constructed to mechanize the operation that used to rely traditional method by hands. Four levels of rod feeding speeds were tested to estimate the power requirements by measuring torques and rotational speeds of feeding drums. The four feeding speeds were 124 mm/s, 248 mm/s, 372 mm/s and 496 mm/s. Peak torques for each speed level to pierce ten dried pollacks were 65.57 ± 7.79 N-m, 61.17 ± 9.84 N-m, 90.27 ± 66.39 N-m, and 62.63 ± 12.66 N-m. Corresponding power requirements were 0.18 PS, 0.37 PS, 1.49 PS, and 0.76 PS, respectively. The efficiency of the test machine was about 171% compared to the conventional operations.

Key words: piercing machine, dried pollack, torque, power requirement, mechanization

서 론

명태(*Theragra chalcogramma Pallas*)는 우리나라에서 잡히는 주요 어종의 하나로써 그 이용은 옛날부터 생태, 명태, 동태, 북어, 황태 등으로 불리울 만큼 가공 방법에 따라서 다양한 이름으로 사용되며 식용으로 이용되는 방법도 다양하다. 그 중에서 북어는 명태를 겨울철을 제외한 기간동안에 건조한 제품이며, 황태는 명태를 자연건조에 의해서 동결한 후 유통하는 과정을 반복시키면서 건조한 제품이다. 식품을 보존하는 방법으로서의 건조 및 동결처리는 옛날부터 시작되어 오늘날에는 여러 가지 동결건조방법들이 개발되어 있지만 실용적인 면에서 식품산업에 활용되기 시작한 것은 급세기 초반부터이다.

현재 우리 나라에서는 명태를 건조한 이후에 상품화 하기 위하여서는 건조명태를 열 마리 또는 그 이상의 단위로 꼬챙이에 끼우는 작업을 하게 된다. 이러한 관태작업은 현재 수작업에 의존하고 있으나, 인건비의 상승으로 인하여 상당한 관태비용이 소요되고 있으며, 관태 비용을 절약할 수 있는 관태기의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구의 목적은 국내에서의 관태작업은 모두가 인력에만 의존하고 있어서 상기 설명한 노동력, 임금, 합리적인 경영의 문제 외에도 위생적인 측면 등을 고려하여 건조명태의 관태(貫太) 작업기(作業機)를 개발하는 것이다. 또한 관태용 재료의 목재 마찰판과 건조명태간의 마찰계수 측정 등으로 적합한 관태방법을 선정하고, 관태기 구동에 필요한 최소 동력을 결정하며, 개발된 관태기의 작업능률을 분석하여 기계화된 작업의 경제성을 분석하는데 있다.

재료 및 방법

관태 기구(貫太 機構) 선정

현재까지의 관행적인 관태방법은 싸리나무를 곧고 길게 잘 다듬어서 한쪽 끝을 뾰족하게 깎아 날카롭게 만든 다음에 작업자가 싸리나무 꼬챙이를 바닥에 뚫고 앉아서 고정시키고 두손으로 건조명태를 한 마리씩 잡고서 힘을 주어 꿰어나가 10마리 내지는 20마리 단위로 꿰어 상품화하는 것이 일반적이었다. 이와 같은 관행적인 관태방법에서 사용되는 싸리나무 꼬챙이는 기계화 관태에는 부적합하여 플라스틱 봉이나 제재한 목재 등 규격화된 것을 이용하는 장치를 개발하는 방향으로 결정하였다.

관태작업은 꼬챙이가 고정되어 건조명태를 밀어서

Corresponding author: Whoa Seug Kang, Department of Agricultural Machinery Engineering, Kangwon National University, Chunchon, 200-701 Korea

폐든지, 아니면 건조명태가 고정되고 관태봉을 밀어 넣는 두가지 방법중의 하나를 선택하여야 하는데, 관태봉을 고정시키고 건조명태를 밀어서 폐는 작업은 공정이 복잡하고 기계설계상의 문제가 어려울 것으로 판단하였기 때문에 본 연구에서는 건조명태를 고정시키고 관태봉을 밀어넣는 방법을 선택하였다. 건조명태를 고정시키기 위한 건조명태 고정용 형틀은 상·하로 나누어 제작하였으며 아래쪽 형틀은 기대(Frame)에 고정하고 위쪽 형틀은 아래쪽 형틀과 힌지로 연결하였다.

대개의 경우 건조명태는 덕장에서 자연건조 되는데, 건조되기 직전에 내장을 가르는 작업으로 인해 건조 이후에는 건조명태의 형상이 상당한 차이를 보이고 건조후에는 건조명태가 상당히 굳어지기 때문에 어체(漁)의 두부(頭部)와 꼬리부분을 상·하에서 눌러 고정하도록 하였다. 건조명태 고정장치의 제작과정은 다음과 같다.

우선 어체의 두부(頭部)가 같은 크기이고 평균적으로 같은 형상을 한 건조명태 10마리를 선정하여 어체의 두부(頭部)를 절단하였다. 절단한 두부(頭部)를 목재 관태봉 규격과 똑같은 철재 관태봉으로 관태하고 자하는 위치를 정확히 판통하여 건조명태 10마리의 두부(頭部)가 일정한 간격으로 배열되도록 하였다. 배열된 건조명태의 밑면에 에폭시 수지를 넣어 굳히고 이후 고정시켰던 철재 관태봉을 떼어냄으로써 고정장치의 상판을 제작하였다. 고정장치의 하판 역시 상판의 제작과정과 똑같은 순서와 방법으로 제작하였다. 꼬리부분의 고정은 건조명태 고정용 형틀의 끝부분에 상·하판 모두 일정간격의 홈이 난 판을 구성함으로써 상·하 맞물림판이 동시에 머리와 꼬리부분을 눌러 건조명태를 고정하게 된다(Fig. 1).

Fig. 1에서 보는 바와 같은 고정용 형틀에 건조명태 10마리를 횡렬배치하고 형틀 상·하로부터 압착, 고정

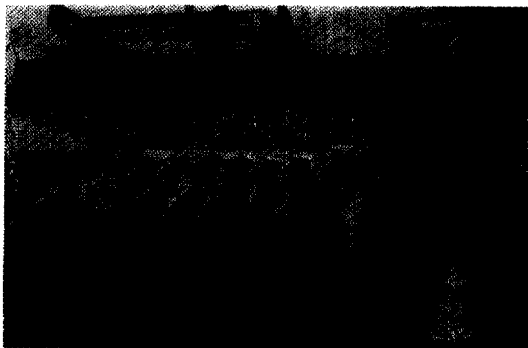


Fig. 1. Mold to fix pollacks.

시킨 상태에서 $7\text{ mm} \times 7\text{ mm} \times 835\text{ mm}$ 규격의 정방형으로 가공한 목재 관태봉을 안내장치에 투입시켜 일정한 간격을 유지하고 있는 공급 드럼 사이로 밀어 넣어 서로 반대방향으로 회전하는 드럼이 강제로 건조명태 고정용 형틀을 횡렬로 관통시키는 방법으로 결정했다. 공급 드럼 사이의 간격은 필요에 따라서 조절할 수 있도록 제작하였으며, 관태작업의 작업속도를 조절하기 위해 모터에 감속기와 무단변속기를 장착하여 공급 드럼부의 회전속도를 16 rpm~64 rpm 까지 임의로 속도를 조절할 수 있도록 하였다. 실험에 이용된 공급 드럼의 회전속도는 16, 32, 48, 64 rpm 의 4개 수준으로서, 이것은 관태봉의 관태속도 124, 248, 372, 496 mm/s에 해당한다.

일반적으로 건조명태의 크기별 분류는 건조명태를 포장하는 상자 1개당 몇마리의 건조명태로 구성되는가에 따르는데 상자 1개당 건조명태가 약 20마리 정도로 구성된다면 5통짜리 건조명태라 하며, 상자 1개당 25~26마리 정도로 구성된다면 6통짜리라 구별된다. 본 연구에 사용된 건조명태는 길이가 약 40~42 cm 의 7통짜리 건조명태가 사용되었고, 관태 실험 직후의 건조명태의 함수율은 7.5%(w.b.)이었다.

동력전달 계통

본 관태기는 1 PS짜리 전기 모터에서 나오는 동력으로 구동되며 건조명태의 관태 작업속도를 측정하여 경제적인 작업시간과 속도를 결정하기 위해 동력전달 속도를 조절할 수 있는 무단 변속기를 이용하였다. 또한 모터 동력전달은 80번 체인을 이용하였으며 정방형의 나무 관태봉을 건조명태 머리상부로 밀어넣기 위해 일정간격으로 홈이 나있는 드럼 2개를 서로 반대 방향으로 구동시키므로써 관태봉을 밀어 넣도록 하였다. 목재 관태봉이 정확한 방향으로 이송될 수 있도록 관태봉 이송가이드를 설치하였으며, 본 관태기의 소요동력을 측정하고자 토오크 변환기를 장착할 수 있도록 하였다. 토오크 변환기는 정확한 토오크 전달을 위하여 토오크 변환기 양쪽에 그리드 커플링을 사용하였다.

나무 관태봉이 제작과정에서의 결함으로 인하여 관태중간에 부러짐 등의 파손으로 정확하게 이송되지 않고 잘못된 관태가 되었을 때는 작업자가 전기모터를 역회전시키므로써 관태중인 관태봉을 용이하게 빼낼 수 있도록 하였다(Fig. 2, Fig. 3).

결과 및 고찰

Fig. 4는 관태실험의 한 예이며, 관태봉의 공급속도

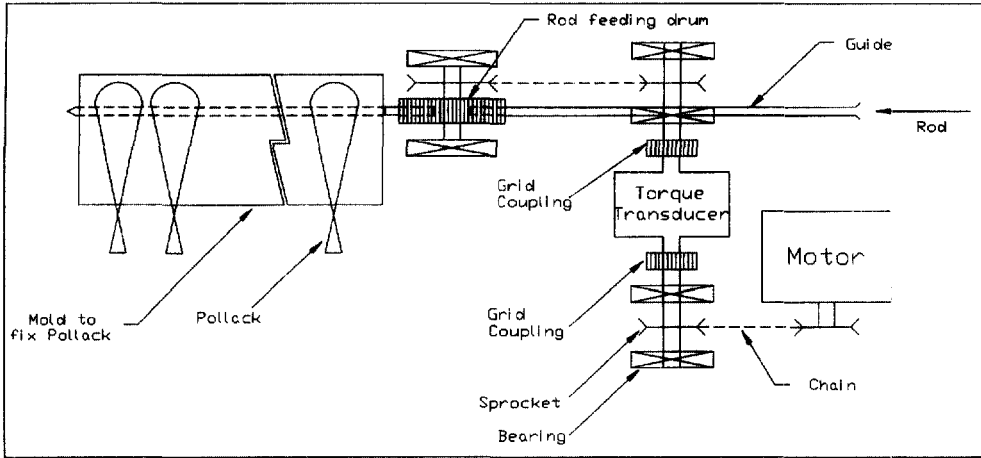


Fig. 2. A ground-plane of piercing machine.

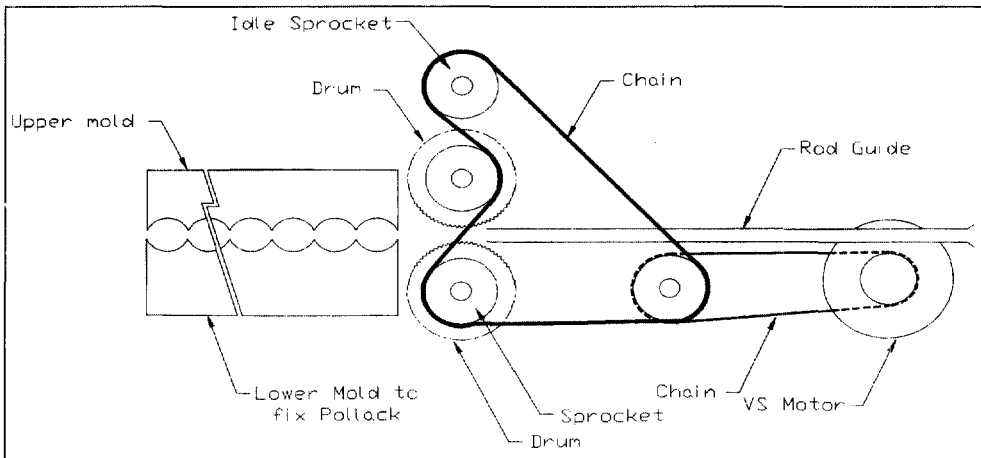


Fig. 3. A side-view of piercing machine.

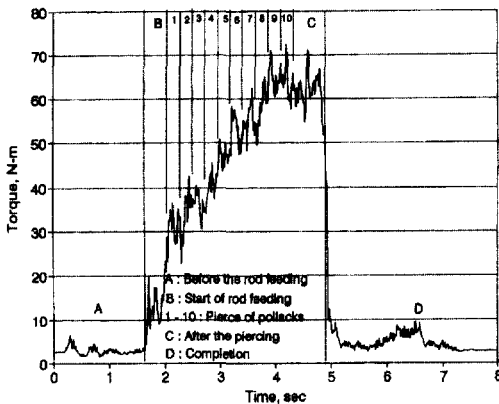


Fig. 4. Required torque for the rod speed.

가 248 mm/s일 경우 소요되는 실측 토오크의 그림으로서 A구간은 관태를 시작하지 않은 상태에서 공급드

럼이 공회전하고 있는 상태인데 약 2.5 N·m가 소요된 것으로 나타났으며 B구간은 관태봉의 앞부분이 공급드럼에 투입되어 첫 번째의 건조명태가 관태되기 이전까지의 구간인데 관태봉이 공급드럼에 처음 물릴 때에 순간적으로 많은 토오크가 소요된 것으로 나타났으며, 이때 최고 19.8 N·m의 토오크가 소요되었다. 1에서 10까지의 구간은 배열한 첫 번째의 건조명태가 관태되기 시작하여 10마리가 모두 관태되는 구간인데 관태가 차례대로 진행되면서 토오크가 증가되고 있는 것을 볼 수가 있다. 관태봉의 마지막 남은 후미부분이 10마리의 건조명태를 관태한 후 공급드럼부에서 진행할 때의 최대 소요 토오크는 71.2 N·m인데 Fig. 4의 C 구간에서 보는바와 같고, D구간은 모든 관태작업이 끝난 후에 관태봉의 끝부분이 끝까지 공급되는 구간으로 최대 12.4 N·m의 토오크가 소요되었다.

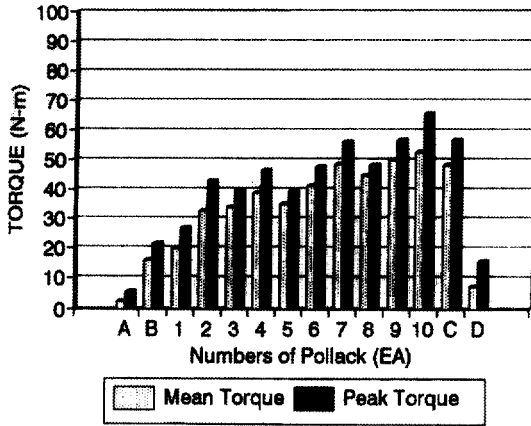


Fig. 5. Mean and peak torques for the rod speed of 124 mm/s

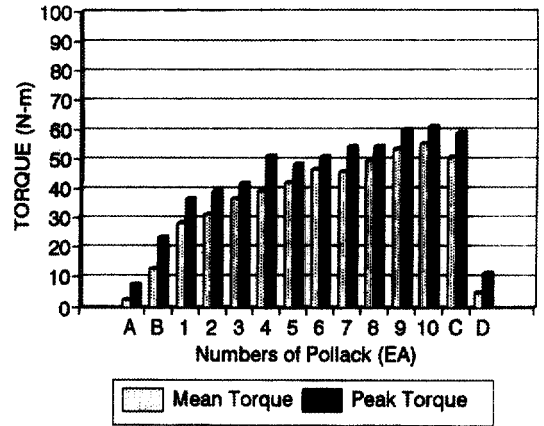


Fig. 6. Mean and peak torques for the rod speed of 248 mm/s.

관태봉 공급속도 124 mm/s

관태봉 공급속도가 124 mm/s일때의 최대 토오크는 반복1, 반복2, 반복3 실험에서 건조명태의 각 마리당 관태되는 구간내에서 소요된 최대 토오크값을 평균한 값으로 산출하였다(Fig. 5).

평균 토오크는 건조명태의 각 마리당 관태되는 구간 내에서 소요되는 토오크를 평균하였고, 이렇게 3반복의 실험에서 각각 평균한 값을 다시 평균한 값으로 산출하였다(Fig. 5). 이와 같은 방법으로 산출한 결과를 살펴보면 관태되는 각 구간에서 최대 토오크 및 평균 토오크가 점차 증가하다가 10구간에서 65.57±7.79 N-m의 최대 토오크가 소요되었으며, 이 구간에서의 평균 토오크는 52.77±6.67 N-m로 나타났고 이후의 구간에서는 점차 감소하는 것으로 나타났다. 최대 소요동력의 산출은 최대 토오크에 표준편차의 2배를 더한 81.15 N-m로 계산한 결과 0.18 PS이었다.

관태봉 공급속도 248 mm/s

관태봉 공급속도가 248 mm/s일때의 관태되는 각 구간에서 최대 토오크 및 평균 토오크가 점차 증가하다가 10구간에서 61.17±9.84 N-m의 최대 토오크가 소요되었으며, 이 구간에서의 평균 토오크는 55.27±7.87 N-m로 나타났고 최대 토오크와 표준편차를 고려한 소요동력은 0.37 PS로 나타났다. 또한 이후의 구간에서는 점차 감소하는 것으로 나타났으며, Fig. 6은 각 구간별 최대 토오크값과 평균 토오크값을 나타내었다.

관태봉 공급속도 372 mm/s

관태봉 공급속도가 372 mm/s일때의 관태되는 각 구간에서 최대 토오크 및 평균 토오크가 점차 증가하

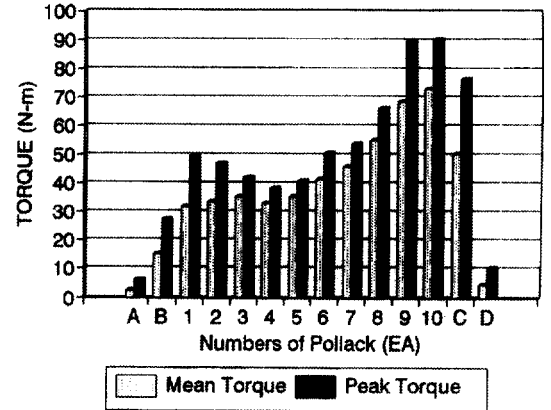


Fig. 7. Mean and peak torques for the rod speed of 372 mm/s.

다가 10구간에서 90.27±66.39 N-m의 최대 토오크가 소요되었으며, 이 구간에서의 평균 토오크는 72.83±45.23 N-m로 나타났고 최대 토오크와 표준편차를 고려한 소요동력은 1.49PS로 나타났다. 또한 이후의 구간에서는 점차 감소하는 것으로 나타났으며 Fig. 7은 각 구간별 최대 토오크값과 평균 토오크값을 나타내었다.

관태봉 공급속도 496 mm/s

관태봉 공급속도가 496 mm/s일때의 관태되는 각 구간에서 최대 토오크 및 평균 토오크가 점차 증가하다가 건조명태의 관태가 끝나고 관태봉이 계속 진입하는 동안의 C구간에서 62.63±12.66 N-m의 최대 토오크가 소요되었으며, 이 구간에서의 평균 토오크는 49.87±4.82 N-m로 나타났고 최대 토오크와 표준편차

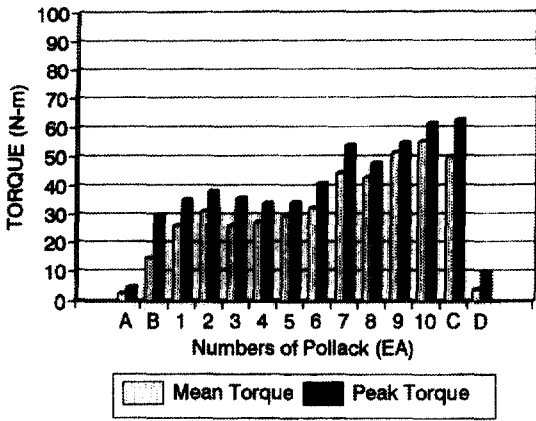


Fig. 8. Mean and peak torques for the rod speed of 496 mm/s.

를 고려한 소요동력은 0.76PS로 나타났다. 또한 이후의 D구간에서는 점차 감소하는 것으로 나타났으며, Fig. 8은 각 구간별 최대 토오크값과 평균 토오크값을 나타내었다.

이상과 같은 각 공급속도별 관태실험의 결과를 살펴볼 때, 건조명태가 관태된 상태는 관태봉 공급속도별 3반복의 모든 관태실험에서 정확한 관태가 이루어졌으나 공급속도 372 mm/s에서 관태봉 앞이 한번 파손된 경우를 제외하고는 모두 정상적인 관태가 되었다.

작업능률

관행적인 관태 작업시의 작업 소요시간은 작업자 1인이 하루에 10시간동안 관태작업을 할 수 있는 건조명태수는 약 8,000마리 정도이다. 보통 건조명태 10마리가 썬어진 상품을 1급이라 하는데 하루동안의 작업량은 800급이며 건조명태 1급당 소요된 작업시간은 약 45초가 걸리는 것으로 나타났다.

본 연구의 기계적인 관태실험에서 건조명태 1급당 소요된 작업시간은 관태봉의 공급속도가 124 mm/s일 때 총 50.51초로 나타났다. 이와 같이 기계적인 관태에서 공급속도가 가장 느린 124 mm/s의 관태의 경우, 관태속도가 가장 빠른 496 mm/s의 관태 소요시간보다 4.93초 더 걸리는 것으로 나타났다. 일반적으로 관행적인 관태 작업시에 소요되는 인건비로는 작업자 1인이 하루동안 800급을 썬 때 96,000원이 소요된다(97 기준). 그러나, 기계적인 관태에서 초기 기계 투자비용을 제외한 순수 인건비만으로는 하루 96,000원의 인건비로 본다면 하루동안 1370급의 건조명태를 썬 수가 있어 기계적인 관태 작업이 관행적인 관태 작업보다 71%의 작업능률이 더 높다고 판단된다. 또한, 관

행적인 관태 작업에서는 작업자가 숙련된 기술이 있어야 하지만, 기계 작업은 육체노동에서 탈피할 수 있고 관태후 건조명태의 상품성이 좋으므로 기계적인 관태 작업이 보다 더 효율적인 관태방법이라고 판단된다.

이상과 같이 공급속도별의 관태작업에 대한 작업능률을 살펴보면 관태봉의 공급속도가 124 mm/s일 때 0.18 PS로서 동력이 적게 소요되며 정확한 관태가 이루어지는 것으로 분석되었다. 따라서, 실제의 동력원은 안전율과 용이한 구입을 고려하여 0.25 PS의 모터가 적절한 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 명태건조 이후의 건조명태를 상품화하기 위하여 기존의 수작업에만 의존하던 관행적인 관태방법을 기계화한 것으로서, 관태 작업자의 작업 자세를 편안하게 하여 작업능률의 향상을 통한 관태업체의 경제적인 운영을 도모할 수 있는 관태기를 개발하고자 하였다. 관태방법에 적용된 기술은 건조명태 고정용 형틀을 상·하에서 압착·고정시키고 관태봉을 밀어 넣어 건조명태 10마리를 동시에 관태하도록 하는 작업기를 제작하여, 관태봉의 공급속도별 관태실험을 통한 적절한 관태 작업속도를 결정하였고, 최대 토오크를 기초로한 소요동력을 산정하여 이에 따른 관태장치의 설계를 하였다. 또한, 관태 작업기의 경제성 분석을 하여 관행적인 관태작업과 비교하였다. 본 연구의 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 관태봉의 공급속도가 124 mm/s일 때의 최대 토오크는 65.57±7.79 N-m로 나타났고, 평균 토오크는 52.77±6.67 N-m이었으며, 최대 토오크와 표준편차를 고려한 소요동력은 0.18 PS로 추정되었다. 또한, 관태봉의 공급속도가 248 mm/s일 때의 최대 토오크는 61.17±9.84 N-m로 나타났고, 평균 토오크는 55.27±7.87 N-m이었으며, 추정된 소요동력은 0.37 PS이었다.
2. 관태봉의 공급속도가 372 mm/s일 때의 최대 토오크는 90.27±66.39 N-m로 나타났고, 평균 토오크는 72.83±45.23 N-m이었으며, 최대 소요동력은 1.49 PS로 분석되었다. 또한, 관태봉의 공급속도가 496 mm/s일 때의 최대 토오크는 62.63±12.66 N-m이었으며, 평균 토오크는 49.87±4.82 N-m이었고, 소요동력은 0.76 PS로 산정되었다.
3. 관태봉의 공급속도가 빠를수록 관태시간이 적게 소요되었으나 작업상태가 불량하게 되고 관태동력도 많이 소요되기 때문에 적절한 관태봉의 공급속도는 4개 수준중 가장 느린 124 mm/s로 판단되며, 이때의

소요동력은 0.18 PS로 분석되었으나, 실제의 동력원을 구입할 때에는 안전율과 용이한 구입을 고려하여 0.25 PS가 적정한 것으로 판단된다.

4. 관태 작업기의 경제성 분석에서는 관행적인 관태시에는 건조명태 800급당 96,000원의 인건비가 소요되었는데, 기계적인 관태시에는 같은 인건비로 1370급의 건조명태를 관태할 수 있어서 기계구입비 등의 비용을 제외할 경우 기계적인 관태의 작업능률이 71%정도 높은 것으로 분석되었다.

문 헌

김수암, 장창익. 1994. 어류 생태학. 서울 프레스. pp.5-19.

- 박성현. 1994. 공업 통계학. 민영사. p.430.
 박영조. 1992. 기계설계. 보성문화사. p.244.
 박영호, 장동석, 김선봉. 1994. 수산가공 이용학. 형설출판사. p.724.
 이 동 건. 1990. 게맛살 및 명태 Block의 동결시간 예측에 관한 연구. p.2.
 Browning catalog No.11. 1991. Browning manufacturing. pp.F87-F88.
 Joseph Edward Shigley, Charles R. Mischke. 1989. Mechanical engineering design. Mcgraw-hill. p.704.
 KBC Ball & Roller bearings. Korea machinery co. pp.B104-B108.