

공업용 침송 (針送) 재봉기의 톱니와 바늘대 이송 메카니즘 해석 및 최적설계

이 장 용*, 전 경 진*

Mechanism Analysis and Optimum Design of Feeddog Transfer Mechanism and Needle Stitching Mechanism of an Industrial Needle Driven Sewing Machine

J. Y. Lee*, K. J. Chun*

ABSTRACT

In this paper, we perform a mechanism analysis and optimal design of the feeding system in a industrial sewing machine. Sewing machines are classified by the transfer mechanism as (1) transferred by feeddog only (2) transferred by feeddog and needle (3) transferred by feeddog, needle and pressure bar. The sewing machine classified as (2) is studied which is more efficient in transferring fabrics than the machine classified as (1). In analyzing the mechanism, we divide the feeding mechanism as feeddog mechanism and needle bar mechanism. The two mechanisms are connected with each other kinematically because fabrics are transferred by two needles and a feeddog simultaneously and stitched by two needles which pass through the feeddog in every stitch cycle. We define good stitch as coincidence of stitch between the forward and reverse motion of feeding. We optimize the feeding mechanism for that purpose. It is illustrated that stitching performance of the optimized mechanism is compared to original feeding mechanism.

Key Words : Feeddog (톱니), Needle stitching (바늘대 이송), Needle Hole in Feeddog (톱니 바늘구멍)
Feeddog Transfer Mechanism(톱니 이송기구), Optimal Design(최적설계)

1. 서 론

재봉기는 현대인의 의 (衣) 생활에 필수적인 기계로서 여타 기계류보다 제품 개발에 앞서 있으며 오랜 역사를 지닌 기계 중의 하나이다. 공업용 재봉기는 운전 속도가 빠른 (3000 ~ 10,000 rpm) 정밀 기계로서 천의 이송

방식과 땀 (stitch)이 형성되는 방식 및 바늘의 개수에 따라 여러 종류로 나누어 질 수 있으며, 봉제 공장 등에서 쓰이는 공업용 재봉기는 가정용 재봉기 (800 rpm정도)에 비해 일반적으로 내구성이 강하며 고속 운전이 가능하다. 본 논문에서는 바늘이 두 개이며 톱니와 바늘이 동시에 천을 이송 시키는 침송 재봉기의 이송 메카니즘 해석

* 한국생산기술 연구원

과 최적 설계를 수행하였다.

침송 재봉기는 바늘대가 톱니와 보조를 맞추어 요동 운동을 하며 천을 이송하고 동시에 천 위에 땀을 형성한다. 따라서 재봉기의 상측에 연결된 바늘대 이송 메카니즘과 하측에 연결된 톱니 이송 메카니즘이 서로 긴밀한 연관을 가지고 작동하게 된다. 재봉질을 할 때는 위의 두 메카니즘이 천을 전진 시키거나 혹은 역진 시키는 작업을 수 차례 반복하게 되는데 전진 운동과 역진 운동 상호간에 이송이 전환되었을 때 (전진 운동 → 역진 운동 혹은 그 반대로) 전진 운동에서 형성된 땀과 같은 위치에 역진 운동의 땀이 형성되는 것이 보다 미려한 재봉질이 되며 고급 의류를 구분하는 하나의 기준이 된다. 재봉기에는 사용자가 땀의 길이 (땀 폭, stitch length)를 조정할 수 있는 장치가 부착되어 있는데 땀 폭을 구분해 놓은 각 단위들을 땀수 (stitch number)라고 표현한다. 각 땀수에서 사용자가 원하는 만큼의 정확한 땀 폭을 얻기 위해서는 톱니 및 바늘대가 서로 간섭을 일으키지 않고 정확하게 원하는 위치로 이송 되어져야 한다.

본 연구에서는 톱니와 바늘대 이송 메카니즘을 각각 기구학적으로 해석한 후, 미려한 재봉질과 정확한 땀 폭을 구현하는 것을 목적으로, 이송 메카니즘을 이루는 기구학적 요소들을 설계 변수 (design variable)⁽⁵⁾로 삼아 개발한 메카니즘 해석 프로그램과 최적화 프로그램을 이용하여 최적 설계를 수행 하였다. 최적 설계는 두 단계로 이루어 졌는데 먼저 톱니 이송 메카니즘의 최적 설계를 수행한 후 얻어진 톱니 이송 결과에 따라, 바늘대 이송 메카니즘의 최적 설계를 수행하였다.

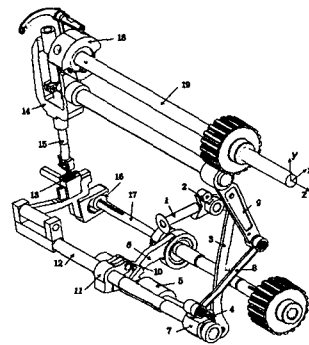
2. 이송 메카니즘의 해석

2.1 톱니 이송 메카니즘의 해석

톱니 이송 메카니즘 (Fig.1 참조)은 하측의 회전을 동력원으로 하여 밀대와 상하 편심캠에 연결된 톱니가 타원형상의 궤적을 이루도록 하는 메카니즘으로서, 톱니의 운동에 의해 천이 이송된다. 톱니의 X축 방향의 이송량인 땀 폭은 이송 조절기 4절기구 (Fig.1의 2,3,4)가 절환기의 각도를 조절 함으로써 변하게 된다^(1,3,6). 다이알 축 (Fig.1의 1)에 의해 회전되는 이송조절기 및 그에 부착된 부품들이 형성하는 이송 조절기 4절기구의 기구학적 도식법 (kinematic diagram) (Fig.2)에서 각도 α_1 이 땀 폭을 조절하기 위한 입력으로 주어지면 출력 α_2 는 다음과 같이 표현된다^(3,6).

$$\alpha_2 = \sin^{-1} \left(\frac{l_1}{l_5} \sin \alpha_1 \right) + \cos^{-1} \left(\frac{l_3^2 + l_5^2 - l_2^2}{2l_3l_5} \right) \quad (1)$$

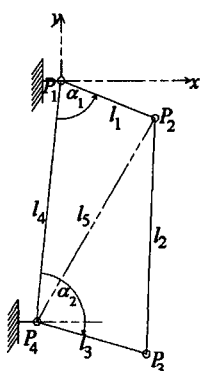
식 (1)의 각도 α_1 에 의해서 절환기 (Fig.1의 5)가 회전하게 되며 이 회전량에 의해 절환기에 연결된 슬라이더-크랭크 (slider-crank) 메카니즘에 의해 요동운동을 하는 밀대 (Fig.1의 12)의 회전각이 결정된다. 톱니 (Fig.3)의 X축 방향으로의 이송은 주로 밀대의 요동 운동에 의해, Y축 방향으로의 이송은 주로 상하편심캠 (Fig.1의 16)에 의해 영향을 받으며 타원형상의 궤적을 나타내며 운동을 하게 된다.



1. dial shaft
2. feed regulator
3. feed regulator shaft
4. feed regulator shaft crank
5. feed regulator shaft
6. feedcam connecting rod
7. needle bar feedrock shaft crank
8. needle bar feedrock link
9. needle bar feedrock shaft connecting rod
10. level feed connecting rod
11. feedrock shaft crank
12. feedrock shaft
13. feeddog
14. needle bar frame
15. needle bar
16. vertical feed eccentric cam
17. lower shaft
18. link cam connecting rod
19. upper shaft

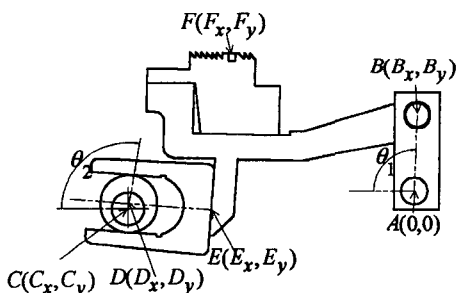
Fig. 1 Transfer mechanism of industrial needle driven sewing machine

바늘이 천을 이송하고 땀을 형성하기 위해서는 톱니에 있는 톱니 바늘구멍 (needle hole in feeddog)을 통과하여 천을 관통해야 한다. 따라서 톱니 바늘구멍을 기준점으로 삼아 톱니 이송 메카니즘의 이송 거리와 궤적을 구한다. Fig.3에서 D점은 톱니를 하측에 결합할때의 편심캠의 바깥원의 중심을 나타내고, 같은 경우에 톱니가 상하편심캠과 접하는 면에 평행하며 점 D를 지나는 선이 톱니와 만나는 위치를 점 E로 나타내었다. Fig.3의 톱니 메카니즘을 상당링크 (equivalent link) 개념을 사용한 톱니의 기구학적 도식법으로 나타내면 Fig.4와 같다. Fig.3의 상하편심캠은 Fig.4에서 슬롯속을 직선 왕복 운동하는 슬라이더-크랭크 메카니즘으로 대체될 수 있다⁽¹⁾.



P_1 : rotation center of feed regulator
 P_2 : connection point of feed regulator and feed regulator shaft
 P_3 : connection point of feed regulator shaft and feed regulator shaft crank
 P_4 : rotation center of feed regulator shaft crank

Fig. 2 Feed regulator four-bar linkage



A: rotation center of feedrock shaft
 B: connection point of feedrock shaft and feeddogg
 C: center of lower shaft D: center of vertical feed eccentric cam when lower shaft is assembled to upper shaft.
 E: point on feeddogg which pass point D. F: needle hole in feeddogg

Fig. 3 Feeddogg mechanism

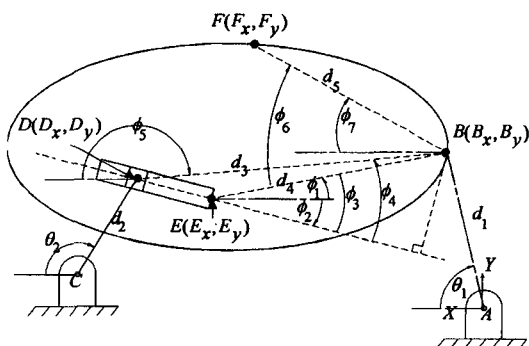


Fig. 4 Kinematic diagram of feeddogg mechanism

Fig.4에서 다음의 관계를 알 수 있다.

$$\phi_1 = \phi_3 - \phi_2 \quad (2)$$

$$\phi_2 = \phi_4 + \phi_5 - \pi \quad (3)$$

$$\phi_4 = \sin^{-1}(d_4 \sin \phi_3 / d_3) \quad (4)$$

$$\phi_5 = \tan^{-1}((B_y - D_y) / (B_x - D_x)) \quad (5)$$

$$\phi_7 = \phi_6 - \phi_1 \quad (6)$$

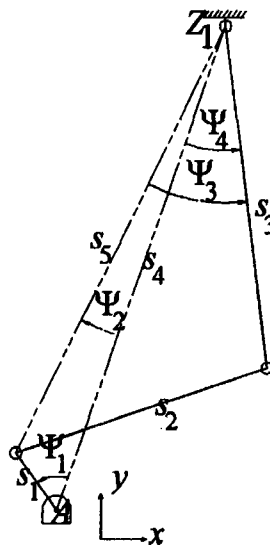
밑대의 회전각 θ_1 과 상하 편심캠의 회전각 θ_2 가 입력으로 주어질때 식 (5)의 $B(B_x, B_y)$ 와 $D(D_x, D_y)$ 를 알 수 있으며, ϕ_3 와 ϕ_6 는 메카니즘의 조립 상태에서부터 알 수 있는 값으로 상수이다. 톱니 바늘구멍의 좌표 $F(F_x, F_y)$ 는 다음 식과 같이 나타내 진다.

$$F_x = B_x + d_5 \cos \phi_7 \quad (7)$$

$$F_y = B_y + d_5 \sin \phi_7 \quad (8)$$

2.2 바늘대 이송 메카니즘의 해석

침송 재봉기는 바늘이 톱니와 함께 천을 이송 시키기 때문에 바늘을 이송 시키기 위한 바늘대 프레임 4절기구 (Fig.5)와 바늘대에 상하 운동을 시키는 슬라이더-크랭



A : rotation center of feedrock shaft
 Z_1 : rotation center of needle bar frame
 s_1 : length of needle bar feedrock crank
 s_2 : length of needle bar feedrock link
 s_3 : length of needle bar feedrock shaft connecting rod

Fig. 5 Needle bar frame four-bar linkage

크메카니즘(Fig.6)이 바늘대 이송 메카니즘을 형성한다. Fig.5의 링크 S_1 은 밀대 (Fig.1의 12)에 연결되어 있어서 톱니 이송 메카니즘과 기구학적으로 연결되어 있다. Fig.5와 Fig.6의 점 Z_1 은 바늘대 프레임의 회전중심을 나타내므로 바늘대 프레임 4절기구 (Fig.5)의 점 Z_1 을 중심으로 한 요동 운동은 바늘대가 미끄럼운동을 하는 각도를 바꾸어 줌으로서 바늘대가 타원형의 궤도를 그리며 운동을 하게끔 한다.

따라서 바늘은 톱니와 보조를 맞추어 천을 톱니와 같이 이송하게 된다. Fig.5의 Ψ_2, Ψ_3 및 바늘대 프레임 4절기구의 회전각 Ψ_4 는 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Psi_2 = \sin^{-1}(s_1 \sin \Psi_1 / s_5) \quad (9)$$

$$\Psi_3 = \cos^{-1}((s_2^2 - (s_3^2 + s_5^2)) / -2s_3s_5) \quad (10)$$

$$\Psi_4 = \Psi_3 - \Psi_2 \quad (11)$$

Fig.5의 점 Z_1 과 Fig.6의 점 Z_1 은 같은 위치를 나타내므로 처음에 바늘대를 조립할때의 각도 Ω_2 값과 (Fig.6) 식 (11)의 Ψ_4 로 부터 바늘대 이송 메카니즘이 동작할때의 Ω_2 를 알 수 있으며 Fig.6의 상축회전각 Ω_1 이 입력으로 주어질때 점 Z_2 의 좌표를 알 수 있으므로 바늘대 안내 블럭의 위치 점 $Z_3(Z_{3x}, Z_{3y})$ 는 다음 식으로 나타내어 진다.

$$Z_{3x} = \frac{1}{\tan \Omega_2} Z_{3y} - \frac{Z_{1y}}{\tan \Omega_2} \quad (12)$$

$$Z_{3y} = \frac{\Gamma_2 - \sqrt{\Gamma_2^2 - \Gamma_1 \Gamma_3}}{\Gamma_1} \quad (13)$$

여기서 $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ 는 다음식으로 나타내어 진다.

$$\Gamma_1 = 1 + \frac{1}{\tan^2 \Omega_2} \quad (14)$$

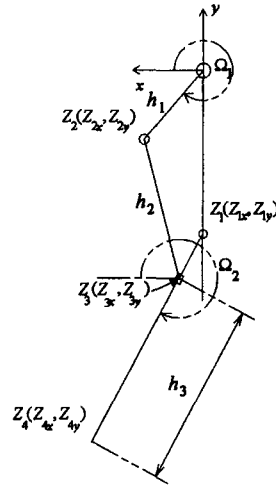
$$\Gamma_2 = \frac{Z_{1y}}{\tan^2 \Omega_2} + Z_{2y} + \frac{Z_{2x}}{\tan \Omega_2} \quad (15)$$

$$\Gamma_3 = Z_{2x}^2 + Z_{2y}^2 - h_2^2 + \left(\frac{Z_{1y}}{\tan \Omega_2} \right) \left(2Z_{2x} + \frac{Z_{1y}}{\tan \Omega_2} \right) \quad (16)$$

점 $Z_3(Z_{3x}, Z_{3y})$ 와 각도 Ω_2 를 알고 있으므로 바늘 끝의 좌표 $Z_4(Z_{4x}, Z_{4y})$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_{4x} = Z_{3x} + h_3 \cos \Omega_2 \quad (17)$$

$$Z_{4y} = Z_{3y} + h_3 \sin \Omega_2 \quad (18)$$



Z_1 : rotation center of needle bar frame
 Z_2 : connection point of linkcam and needle bar crank
 Z_3 : center of slider-block
 Z_4 : needle end

Fig. 6 Needle bar frame mechanism

3. 이송 메카니즘의 최적설계

3.1 톱니 이송 메카니즘의 최적설계

본 논문에서는 톱니 이송 메카니즘이 다음의 2가지 사항을^(3,6) 만족시키는 것을 최적설계의 목표로 삼았다.

i) 전진 운동 및 역진 운동의 각 땀수에서 땀 폭 (stitch length)을 사용자가 정해준 땀 폭과 일치시킴. (예: 1땀수 (stitch number)의 폭은 1mm)

ii) 각각의 땀수에서 전진 운동에서 역진 운동으로의 전환이 일어났을 때 천 위에 땀이 형성되는 위치를 일치시킴 (이는 미려한 재봉질을 위한 것임)

Fig.7에서 전진 운동 및 역진 운동의 땀 폭은 S_{nb} 로 나타내었는데, 이 값은 전진 (b=1) 및 역진 (b=2) 운동에서 주어진 각 땀수(n)에 대한 톱니 바늘구멍의 이송 거리를 표시한다. 예를 들어서 S_2 은 2땀수 전진운동에 대한 톱니 바늘구멍의 이송거리를 나타낸다. Fig.7의 V_n 은 땀수가 n인 상태에서, 전진 운동을 하는 상태에서 톱니 바늘구멍이 침판 밑으로 내려가는 순간 (Fig.7의 점 B)과 역진 운동할 때 바늘구멍이 침판 위로 올라오는 순간 (점 A)의 X-좌표값의 위치 차이이다.

S_{nb} 과 V_n 을 구체적으로 표현하기 위하여, 변수 $tl(a,n,b)$ 를 첨자 (a,n,b) 가 지정하는 상태에서, 바늘 구멍의 X-좌표값을 나타낸다고 정의한다. 이때 첨자 (a,n,b) 가 나타내는 상태는 다음과 같다.

- a: 톱니 바늘구멍 (needle hole in feeddog)의 해석이 최상점 C (Fig.7)에서 시작되어서 바늘구멍이 침판과 같은 높이에 위치하는 첫번째 경우인지 ($a=1$) 두번째 경우 ($a=2$)인지를 나타낸다 (톱니 운동의 한 주기마다 톱니 바늘구멍은 침판과 두번 같은 높이에 위치한다).
- n: 사용자가 정해줄 수 있는 땀수를 나타내며 0 ~ 4까지의 값을 갖는다.
- b: 전진 운동 ($b=1$)과 역진 운동 ($a=2$)을 나타낸다.
위에 정의한 변수 $tl(a,n,b)$ 이용하여 S_{nb} 과 V_n 을 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

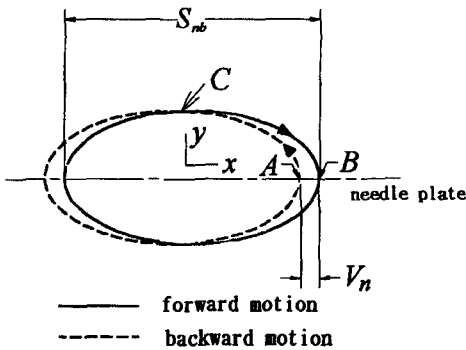


Fig. 7 Locus of needle-hole in feeddog

$$S_{nb} = |tl(1,n,b) - tl(2,n,b)| \quad (19)$$

$$V_n = |tl(1,n,1) - tl(2,n,2)| \quad (20)$$

n땀수 에서 사용자가 정해준 땀 폭을 T_n (주어진 땀수에 대해 전진,역진 서로 같음)이라고 할 때 전진,역진운동에서 각 땀수에 대한 실제 땀 폭과 사용자가 정해준 땀 폭과의 편차는 다음 식으로 나타내어 질 수 있다.

$$\bar{U}_i = \sum_{n=0}^p \left(\sum_{b=1}^q |S_{nb} - T_n| \right) \quad (21)$$

본 논문에서 해석한 공업용 재봉기의 경우에는 최대 땀 폭이 4땀수이므로 식 (21)에서 p는 0 ~ 4의 값을 갖게

되며 b는 전진,역진 두 경우를 나타내므로 q는 1(전진운동), 2(역진운동)의 값을 갖는다.

식 (21)의 U_i 이 0에 접근할수록 조건 i)를 만족시키게 되며, 각각의 땀 수에 대한 전진운동과 역진운동의 땀 폭이 일치하게 된다.

식 (21)의 U_i 이 최소화 된 상태에서 Fig. 7에 나타난 V_n 이 모든 땀수에서 0에 접근 할수록 위에 나타난 ii)항도 만족시키게 된다. 결국 최적설계 목표인 3.1절의 i),ii) 두가지 사항을 최대한 만족시키기 위해선 식(21)과 V_n 을 더한값이 최소화 되면 된다. 따라서 톱니 이송 메카니즘의 목적함수는 식 (22)과 같이 나타내어 진다.

$$U = \sum_{n=0}^p \left(\sum_{b=1}^q |S_{nb} - T_n| \right) + V_n \quad (22)$$

식 (22)의 목적 함수를 최소화 하기위한 설계 변수 $x(p)$ (p는 설계 변수의 번호)를 Fig.8과 Fig.9에 나타내었다. Fig.8에는 이송조절기 4절기구 (Fig.1의 2,3,4)에서 선택한 설계 변수를 나타내었고 Fig.9에서는 다이알 축의 회전량을 조절하는 다이알 플레이트에 표시된 눈금이 설계 변수로 사용되었는데 눈금 1까지의 회전각이 설계 변수 $x(6)$ 이고 나머지 땀수에 대한 회전각이 설계 변수 $x(7)$ 이다.

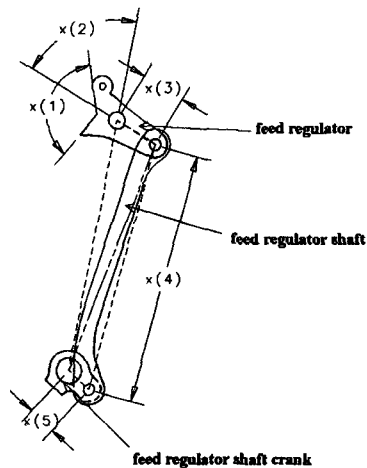


Fig. 8 Design variables of feeddog transfer mechanism-1

3.2 바늘대 이송 메카니즘의 최적설계

침송 재봉기는 바늘이 톱니와 같이 천을 이송 시키게 되는데, 바늘 끝 (needle end)과 톱니 바늘구멍 (needle

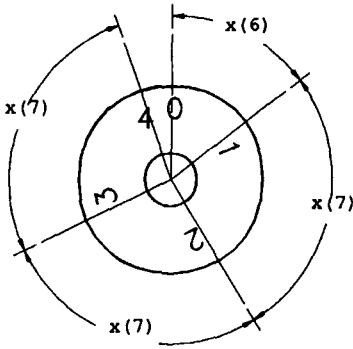


Fig. 9 Design variables of feeddog transfer mechanism-2

hole in feeddog)이 서로간의 간섭이나 천을 구기는 현상 (puckering)없이 운동하게끔 설계하는 것이 좋은 땀의 형성을 위한 가장 중요한 요인이다. 본 논문에서는 바늘대 이송 메카니즘이 다음의 두 가지 사항을 만족시키는 것을 최적설계의 목표로 삼았다.

- i) 바늘끝의 이송량이 톱니 바늘구멍의 이송량과 일치한다.
- ii) 톱니 바늘구멍이 침판과 같은 높이에 위치할 때 바늘도 같은 높이에 있어야 하며 서로 간섭이 없어야 한다 (Fig.10 참고).

위의 두 조건이 만족되어야 천이 바늘과 톱니에 의해서 같은 거리만큼 정확하게 이송되며 재봉질된 땀에 의해서 구겨지거나 무리하게 늘어나는 것을 피할 수 있다. Fig.10에서 톱니와 바늘의 회전 방향은 서로 반대인데,

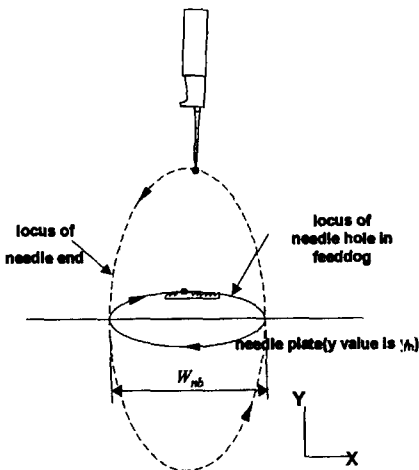


Fig. 10 Locus of needle hole in feeddog and needle end

이것은 톱니는 침판위에서 천을 이송하며 바늘은 침판 아래에서 천을 이송하기 때문에 천이 바늘과 침판에 의해서 동시에 이송되려면 회전방향이 반대가 되어야 한다.

Fig.10에 나타낸 바늘끝의 이송거리 W_{nb} 는 식(23)과 같이 나타내 질 수 있다.

$$W_{nb} = |nl_x(1,n,b) - nl_x(2,n,b)| \quad (23)$$

식 (23)에서 사용된 $nl_x(a,n,b)$ 와 $nl_y(a,n,b)$ 는 침자 (a,n,b) 가 지정된 상태에서, 바늘 끝의 X-좌표값과 Y-좌표값을 나타낸다. 침자 (a,n,b) 이 나타내는 상태는 식 (19),(20)에 사용된 $tl(a,n,b)$ 의 경우와 같다.

3.2절의 조건 i)를 만족시키기 위해서는 바늘끝의 이송 거리와 톱니 바늘구멍의 이송거리 편차가 0 이 되어야 한다. 이 편차는 식 (24)와 같이 나타내 질 수 있다.

$$U_2 = \sum_{n=0}^p \sum_{b=1}^q |W_{nb} - S_{nb}| \quad (24)$$

여기서 S_{nb} 는 식 (19)에 사용된 것과 같은 의미를 갖는다.

3.2절의 ii)에 표현한대로 톱니 바늘구멍이 침판과 같은 높이에 위치할 때 침판과 바늘끝의 y 축상에서의 위치 편차를 간섭이 일어날 경우를 고려하여, 식 (25)와 같이 나타낼 수 있다.

$$U_3 = \sum_{n=0}^p \sum_{b=1}^q \{ |nl_y(1,n,b) - y_h| + |nl_y(2,n,b) - y_h| + P_{nb} \} \quad (25)$$

식 (25)에서 y_h 는 침판의 Y-좌표값, P_{nb} 는 범함수 (penalty function)로 바늘과 톱니가 간섭을 일으킬 경우 목적함수의 값을 의도적으로 매우 크게 하기위하여 (본 논문의 최적화는 목적함수를 최소화 시킴) 일정한 값 (100)을 갖게되며 간섭이 없을때는 0 값을 갖게된다. 따라서 식 (25)를 최소화시키기 위해서는 간섭을 피하게 된다.

결과적으로 3.2절의 최적설계의 목적 i), ii)를 만족시키기 위해선 식 (24)와 (25)를 더한 식 (26)이 최소화 되어야 하며 이것이 바늘대 이송 메카니즘 최적설계의 목적함수가 된다.

$$U = \sum_{n=0}^p \sum_{b=1}^q \{ |W_{nb} - S_{nb}| + |nl_y(1,n,b) - y_h| + |nl_y(2,n,b) - y_h| + P_{nb} \} \quad (26)$$

바늘대 운동의 최적화를 위해 사용된 설계 변수 $x(p)$ (p 는 설계 변수의 번호)를 Fig.11과 Fig.12에 나타내었다.

Fig.11에는 바늘대 프레임 4절기구에서 선택한 설계 변수를 나타내었고, Fig.12에서는 바늘대 프레임 메카니즘에서 선택한 설계 변수를 나타내었다. Fig.12에서 설계 변수 $x(2)$ 는 Fig.6의 h_3 와 같고 $x(6)$ 는 바늘대 프레임 메카니즘을 하측에 결합할때의 바늘대 프레임의 기울어진 각도이다 (Fig.6의 Ω_2 참조). 설계 변수 $x(3)$ 는 상측에 연결된 링크캠이 바늘대 프레임 메카니즘에 기구학적으로 연결될때, 링크캠의 기울어진 각도를 나타낸다.

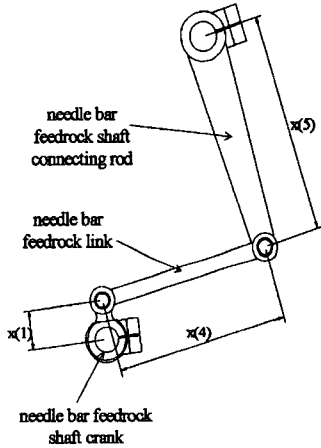


Fig. 11 Design variables of needle stitching mechanism-1

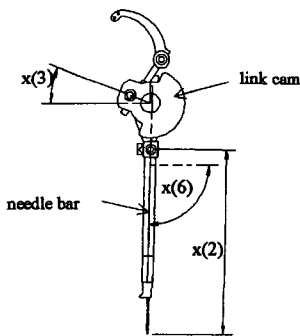


Fig. 12 Design variables of needle stitching mechanism-2

4. 해석결과 및 고찰

Fig.2, Fig.4, Fig.5, Fig.6의 기구학적 도시법에 나타난 각 부품의 치수들과 그 부품을 최적화했을 경우의 값들을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Dimensions of linkage

Fig. No.	dimensions of components of mechanism(mm)	optimized dimensions(mm)
Fig.2	$l_1 = 26.0, l_2 = 147.7, l_3 = 16.1,$ $l_4 = 146.88$	$l_1 = 26.23, l_2 = 148.5, l_3 = 15.04$
Fig.4	$d_1 = 22.0, d_2 = 1.6, d_4 = 69.13,$ $d_5 = 60.28, \phi_3 = 28.9^\circ, \phi_6 = 43.4^\circ$	
Fig.5	$s_1 = 21.5, s_2 = 102.3, s_3 = 120, s_4 = 174.78$	$s_1 = 21.31, s_2 = 117.44, s_3 = 114.76$
Fig.6	$h_1 = 16.7, h_2 = 44.5, h_3 = 134.26,$ $Z_1(0, -52.4)$	$h_3 = 135.0$

최적화 기법으로는 Hookes & Jeeves method를 사용하였는데, 이 방법을 flow chart로 간단히 나타내면 Fig. 13과 같다. Table 1.에 나타낸 최적화 되기 이전의 값들을 start design variable로 사용하고, 설계변수를 조금씩 바꾸어서 얻게되는 목적함수(object function)의 중간 계산값 U 가 정해진 값(err)보다 작으면($U < err$) 최적화가 완료되게 된다.

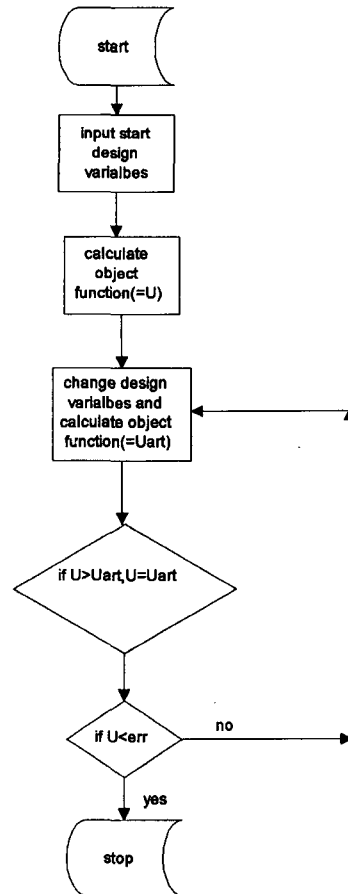


Fig. 13 Flow chart of Hookes & Jeeves method

Fig.14는 2.1절 (톱니 이송 메카니즘의 해석)에서 해석한 톱니 바늘구멍 (Needle hole in Feeddog)의 전진, 역진 운동의 궤적 (땀 폭 4mm의 경우)을, Fig.15는 3.1절 (톱니 이송 메카니즘의 최적설계)에서 최적화한 메카니즘의 톱니 바늘구멍의 전진,역진 운동 궤적 (땀 폭 4mm의 경우)을 나타내었다. 궤적들의 좌표값들은 Table 1의 자료를 식 (7),(8)에 적용하여 구하였다. 좌표축의 중심은 상측중심 (Fig.1 참조)에 위치 하며 침판은 상측으로부터 Y 축으로 -177.1 mm 인 곳에 위치하고 톱니 바늘구멍은 X 축상으로는 Y 축에 대해 대칭되는 형태의 궤적을 나타낸다.

침판높이 에서 전진,역진 운동 궤적의 위치를 비교하면 Fig.15에 나타낸 최적화한 메카니즘의 경우가 거의 차이가 없는것을 알 수 있다. 이것은 톱니가 운동을 전환한 후에 (전진 →) 역진,혹은 반대) 형성된 땀이, 전환하기 전에 형성된 땀과 일치하게 됨을 의미한다.

톱니의 이송거리란 톱니의 바늘구멍이 침판 위에서 x축으로 이동한 거리를 나타내는데, Fig.14와 Fig.15에 나타낸 전진운동과 역진운동의 이송거리도 최적화한 메카니즘의 경우가 보다 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 최적화한 톱니 이송 메카니즘의 주어진 각 땀수 (stitch number)에 대한 (0 ~ 3 땀수) 톱니 바늘구멍의 궤적 역시 Fig.15의 4땀수의 경우와 비슷한 형태를 보여주는데 0땀수인 경우는 이송거리가 없기 때문에 8자형의 궤적을 나타내며 침판높이에서 땀이 형성되는 모양을 보이는 것이 그외의 땀수의 경우와 다른점이다.

2.2절 (바늘대 이송 메카니즘의 해석)에서 해석한 메카니즘의 바늘 끝 (needle end)의 궤적과 3.2절 (바늘대 이송 메카니즘의 최적설계)에서 최적화한 메카니즘의 바늘 끝의궤적을 Table 1의 Data들을 식 (17),(18)에 적용하여 구하였고 그 궤적을 각각 Fig.16과 Fig.17에 나타내었다. 최적화한 메카니즘의 경우 침판높이에서 전진,역진 운동 궤적의 바늘 끝 (needle end)위치 차이가 훨씬 적은 것을 알 수 있다. 이것은 운동이 전환되었을때 같은 위치에 땀이 형성되게 한다. 다른 땀수 (0 ~ 3 땀수)에 대한 바늘 끝의 궤적도 Fig.17의 경우와 비슷한 형태를 보이며 0땀수일 경우는 역시 8자형의 궤적을 나타낸다.

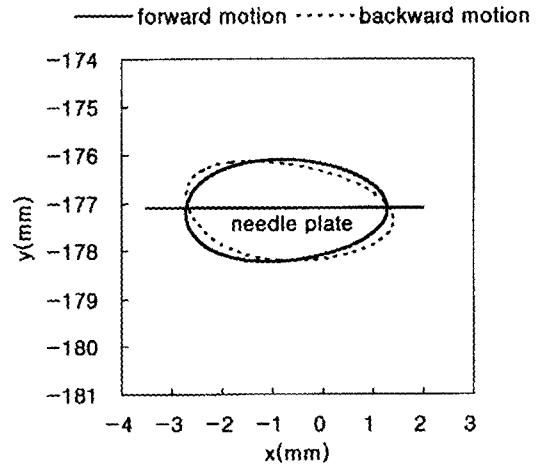


Fig. 15 Locus of needle hole in feeddog (4 stitch number,Optimized Mechanism)

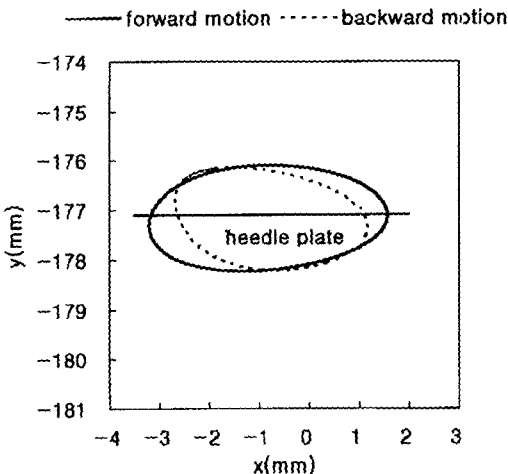


Fig. 14 Locus of needle hole in feeddog (4 stitch number, Before Optimized)

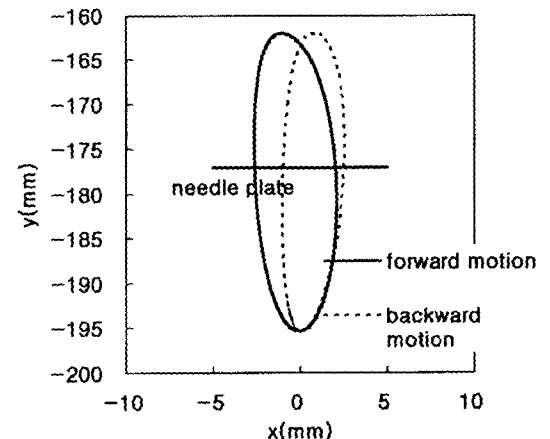


Fig. 16 Locus of needle end (4 stitch number, Before Optimized)

최적화된 메카니즘의 전진 운동 및 역진 운동에 대한 톱니 바늘구멍의 이송 거리와 바늘 끝의 이송 거리의 차이를 주어진 땀수에 대하여 Fig.18에 나타내었다. 만약 이 거리차이가 커지면 천이 구겨지는 현상 (puckering) 이 발생한다. 최대의 거리차는 2 땀수, 전진 운동과 4 땀수, 역진운동의 경우의 0.006 mm 로서 재봉기 부품의 공차가 0.01 mm 이상인 것을 감안할 때, 만족할 만한 결과 라고 할 수 있다.

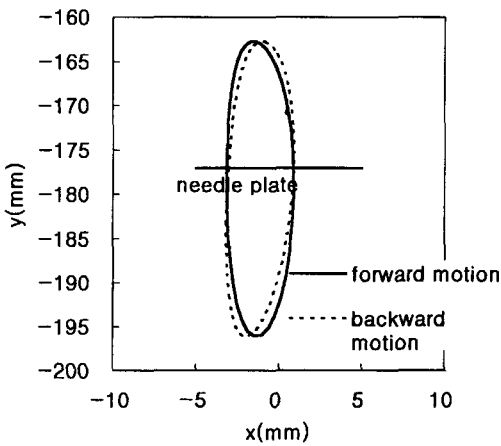


Fig. 17 Locus of needle end (4 stitch number, Optimized Mechanism)

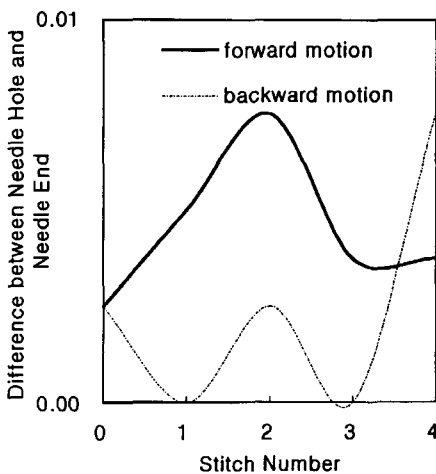


Fig. 18 Difference between needle hole in feeddog and needle end in stitch number (Optimized Mechanism)

5. 결 론

본 연구에서는 공업용 침송 재봉기의 톱니와 바늘대 이송 메카니즘의 해석이 구현되었으며 재봉기의 전진 운동 및 역진 운동의 땀 폭을 사용자가 준 땀 폭과 일치시키고 전진 운동에서 역진 운동 으로의 전환이 일어났을 때 천 위에 땀이 형성되는 위치를 일치시키기 위해 이송 메카니즘의 최적설계를 구현하였다.

앞으로 재봉사(絲)의 거동에 대한 연구를 수행하여 보다 개선된 봉합이 가능한 재봉기 메카니즘을 구현할 계획이다.

후 기

본 연구는 94년 한국미싱공업(주) 로부터 연구용역 의뢰를 받아 한국생산기술 연구원에서 수행된 과제임을 밝힙니다. 아울러 한국미싱공업(주)의 박인철 사장님께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

1. George H. Martin, "Kinematics and Dynamics of Machines", 2nd edition, Michigan State University, pp 44-47, pp 128-132, 1982.
2. Edward J. Haug, "Computer-Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems, Volume I :Basic Methods", Allyn and Bacon, pp. 48-69, 1989.
3. K.J.Chun, D.Y.Shin, "A Study on Feeding Control Mechanism Analysis of Industrial Lock stitch Sewing Machine", Proc ASPE, pp. 300-305, 1996.
4. M.L.Jame, "Applied numerical methods for digital computation with fortran and csm", 2nd edition, Harper & Row, pp 99-102, 1997.
5. Jasbir S. Arora, "Introduction to Optimum Design", International Edition, McGraw-Hill, pp. 81-98, 1989.
6. K.J.Chun, D.Y.Shin, J.Y.Lee, "Mechanism Design of An Industrial Lock stitch Sewing Machine." Journal of Federation of Asian Professional Textile Associations, Vol.2, No. 1, pp. 102-107, 1995.