

◆ 특집 ◆ 직선·회전모터 구동 이송·회전체 연구 V

특허분석을 통한 공작기계 이송계의 기술 현황과 발전방향

The Technical Trend and Future Development Direction of Machine Tools Feed Drive System by Patent Mapping

은인웅^{1,✉}, 지현수², 이지원³
In-Ung Eun^{1,✉}, Hyun Su Chee² and Ji Won Lee³

1 경기과학기술대학교 금형디자인과 (Department of Die & Mold Design, Gyeonggi College of Science and Tech.)

2 특허법인 우인 (Patent & Law Firm, WOIN.)

3 연세대학교 자유전공 (Open Major, Yonsei Univ.)

✉ Corresponding author: iueun@gtec.ac.kr, Tel: 031-496-4764

Manuscript received: 2012.3.15 / Accepted: 2012.3.22

Feed drive systems are used to position the machine tool components carrying the cutting tool and workpiece to the desired location. Hence, their positioning accuracy and speed determine the quality and productivity of machine tools. In this paper, technical trend of machine tools feed drive systems are analyzed by patent mapping. And this paper suggested future development direction of feed drive systems. The analysis is carried out by using problem solution map (PSM) for the applied patent during January 2000 and December 2009 in Korea, Japan, EU and U.S.A.

Key Words: Machine Tool (공작기계), Feed Drive System (이송계), Patent Map (특허 맵), PSM (Problem Solution Map, 문제해결방법)

1. 서론

최근 기능성 제품들의 형상이 더욱 복잡해지며 종래의 방법에서 벗어난 복합가공 공정과 생산성 향상을 동시에 만족하는 가공방법이 연구되고 있다. 이에 따라 산업 현장에서 생산성 향상을 위해 단위 시간당 절삭속도 및 이송속도를 증가시켜 가공시간을 단축시켜야 한다. 또한 특정 형상을 가공하기 위해 이송과 가공을 반복하며 정확한 위치 결정을 제어할 수 있는 위치결정정밀도에 대한 연구가 이루어져야 한다.^{1,2}

공작기계 기술을 선도하는 국가는 유럽, 특히 독일을 비롯한 미국, 일본, 대만 중심으로 주도되고 있다. 한국은 그 뒤를 이어 세계 5 대 공작기계 생산국이나 원천기술이 아직 미약하고, 대부분 상

품화 기술만이 발전되어 있기 때문에 아직도 핵심 부품은 수입에 의존하고 있는 실정이다.

향후 자동차, 우주항공, 금형, IT 산업 등에서 고급화된 공작기계의 수요가 매년 증가할 것으로 공작기계 시장은 계속 상승세를 이어갈 것으로 기대된다. 이와 더불어 국내 공작기계 기술에 있어서 원천기술을 계속 연구 개발하여 국산화하는 것이 중요하다. 또한, 향후 고부가가치 제품을 생산하기 위한 핵심기술로는 고속스핀들, 고속·고정밀 이송계, 테이블, 복합 공작기계 등이 있으며 이를 달성하기 위한 집중적 지원이 필요하다. 그리고 전술한 바와 같이 국내에는 고급 부품에 대한 전문 생산기업이 부족하므로 글로벌 부품 전문 기업을 육성하기 위한 노력도 필요하다.³

고속 가공기에 적합한 이송계는 최대 이송속도,

가속도 및 이에 부합하는 이송력을 갖추어야 높은 생산성을 얻을 수 있다. 이에 필요한 이송계의 정밀도는 기하학적 정밀도와 동적 이송 정밀도를 동시에 확보하여 기계의 구조적인 정적 및 동적특성의 안정성을 향상시켜야 한다. 국내 이송계 기술에서 볼스크류(ball screw)를 적용한 경우 최대이송속도가 40 m/min 인 반면에 세계수준은 60 m/min 이상을 실용화하고 있으며, 리니어모터(linear motor)를 적용한 경우 국내에서는 연구 초기단계로 경제성 문제로 인해 실용화 적용에 한계성을 보이고 있다.^{4,5}

본 연구에서는 특허분석을 통하여 공작기계 이송계의 기술현황과 발전방향에 대해 살펴보고자 한다.

2. 이송계의 고속·고정밀화

이송계의 고속·고정밀화를 위해서는 위치결정 정밀도가 가장 핵심 요소라 할 수 있다. 이 분야는 최근 가장 이슈가 되고 있는 기술분야로서, 시장에 예민한 상황이다. 고정밀화 부품으로는 볼스크류, 락(lack), 피니언(pinion) 등의 마찰구동기구와 압전소자, 정압 스크류 등이 중요하다. 최근 들어와서는 리니어모터에 대한 중요성이 부각되고 있는 실정이다.^{6,7}

위치결정 정밀도와 관련된 특허가 2000 년대 초부터 전세계적으로 지속적으로 출원되고 있다. 볼스크류는 조립오차가 큰 운동정밀도에 큰 영향을 미치며, 리니어모터는 고부하용 철심모터 및 경부하용 무철심모터가 많이 사용되고 있는 실정이다. 마찰구동기는 그 응용빈도가 점점 낮아지고 있으며, 정압 스크류는 비접촉구동에 따른 높은 분해능을 필요로 하는 차세대 노광장비 등에서 적용이 검토되고 있다. 이 분야는 향후 중장기적인 R&D 전략이 시급한 분야라고 할 수 있다.⁸⁻¹³

이송장치는 기계전체의 운동정밀도와 위치정밀도를 좌우하는 중요한 요소가 되었다. 따라서 고속 및 고정도 가공을 통한 고품질의 부품을 생산하기 위해서는 이송계의 동특성, 정특성 및 열특성 분석을 통한 최적화 된 운용 기술의 확보가 요구된다.

Fig. 1 은 대표적 이송기구 부품에 해당하는 볼스크류, 리니어모터, 마찰구동기구 및 정압 스크류에 대한 개념도이다.



Fig. 1 Feed drive systems

3. 특허분석을 통한 기술현황과 발전방향

3.1 특허분석 검색방법

정량분석 대상특허는 출원일 기준으로 분석하였는데, 특허는 일반적으로 특허출원 후 18 개월이 경과된 때에 출원 관련 정보가 공개됨에 따라 미공개 정보가 존재하는 2010-2011 년 자료는 미공개에 의한 정보 누락이 발생하므로 정량분석은 2009 년 12 월까지 한정하였다.

대상특허 검색은 WINTELIPS 특허 DB 를 이용하여 수행하였으며 검색식은 식(1)과 같다.

$$(trans* or remov* or feed* 이송* 이동 전달 carrier) AND (B23Q-005* B23A-016* B23Q-023/04).IPC.M. \quad (1)$$

식(1)은 기계시스템의 기하학적 운동과 관련된 기계요소 부품, 동력전달장치, 운동 안내 요소 등을 나타낸 것이다. 식에 나타난 B23Q 등은 이송계 분야의 국제특허분류(IPC) 코드를 나타낸다.

선정된 특허를 대상으로 PSM(problem solution map)을 작성하여 최신 경향 및 연구방향을 도출하였다. PSM 이란 제품의 문제점을 해결하기 위한 수단을 일목요연하게 살펴볼 수 있는 분석도구로서, 문제점과 해결수단의 그룹핑(grouping)을 통하여 세부기술의 연구방향 및 핵심내용을 용이하게 추적할 수 있다. PSM 을 활용하게 되면, 개별 특허의 특성을 파악함과 동시에 전체적인 경향을 용이하게 추적할 수 있다. 이는 PSM 을 전문가와 함께 유형별로 그룹핑(grouping)하거나 기술분류체계에 맞게 맵핑(mapping)하는 작업을 통하여 최종 경향을 정교하게 분석할 수 있다. PSM 을 통하여 선정된 각각의 유망기술은 Fig. 2 와 같이 기술체계에 맞게 용어정의 및 기술 카테고리를 정확하게 지정

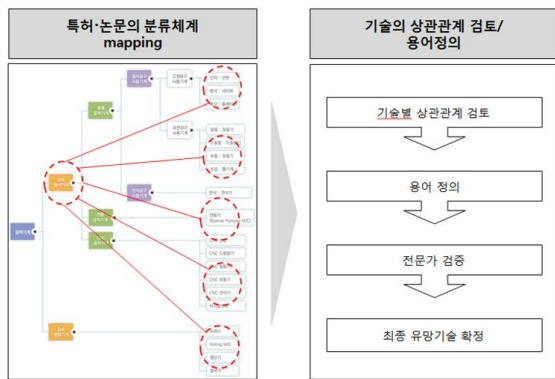


Fig. 2 Classification plan chart mapping

Table 1 Selection criteria of the patents

Classification	Selection criteria
Key patent (flow chart analysis)	-A new field -Recent field of interest -High speed·High accuracy technology
Important patent (Problem solution map analysis)	-Family patent/nations of effective patent -Joint application(company) -Inventor -Reference
Effective patent	-Patent including key technologies -All patents except noise

Table 2 Key patent technologies

Technology field	Key technologies
Feed drive system	-High speed/High accuracy technology (ball screw, linear motor, etc.) -Operating control program

할 수 있다.

Table 1 에 이송계 분야 특허의 선정기준을 나타내었다. 특허의 분석결과를 종합하고 분석한 최종 분야는 Table 2 와 같다.

3.2 국가·연도별 특허동향

Fig. 3 에 이송계 분야 기술의 국가별·연도별 출원 건수를 분석하여 나타내었다. 일본이 가장 많은 특허를 출원한 것으로 나타났으나, 최근 들어 한국을 제외한 미국, 일본 및 유럽 모두 특허출원

건수가 감소하는 추세를 나타내고 있다. 그 원인은 세계적인 금융위기에 기이한 것으로 보인다.

3.3 국가별 주요출원인 출원추이

이송계 분야의 국가별 주요출원인의 출원 추이를 분석하여 Fig. 4 에 나타내었다.

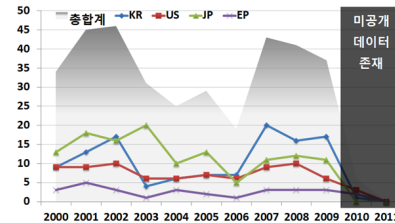


Fig. 3 Trends of patent applications by country and year

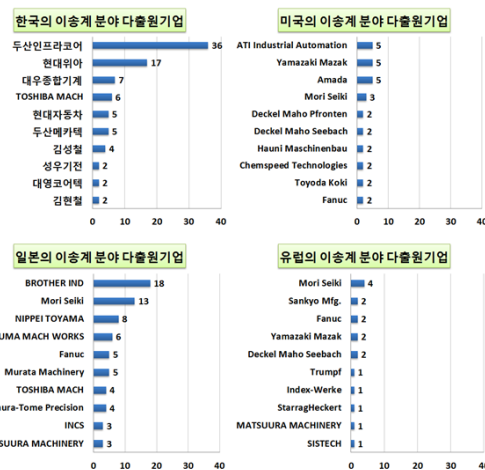


Fig. 4 Number of patent applications by applicant and country

한국에서는 두산인프라코어, 현대위아 등이 상위에 있고, 미국에서는 ATI Industrial automation, Yamazaki Mazak, Amada 가 각각 5 건으로 가장 많고 Mori Seiki 등이 그 뒤를 잇고 있다. 일본에서는 BROTHER IND 의 특허출원이 18 건으로 가장 많은 것으로 나타났으며, Mori Seiki, NIPPEI TOYAMA, OKUMA MACH WORKS 등이 그 뒤를 잇고 있다.

3.4 국가별 출원인 국적분포

이송계 분야의 국가별 출원인의 국적분포도를 분석하여 Fig. 5 에 나타내었다.

전세계의 특허출원은 일본 국적의 출원인에게 집중되어 있으며, 한국의 특허출원은 한국 국적의

출원인에게 집중되어 있는 것으로 나타났다.

일본의 특허는 자국인의 분포도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 유럽의 특허는 일본 국적의 출원인이 12 건, 독일 국적의 출원인이 11 건을 출원하여 다른 국가에 비해 분포도가 높은 것으로 나타났다. 미국의 특허는 일본 국적의 출원인이 29 건, 미국 국적의 출원인이 20 건, 독일 국적의 출원인이 19 건을 출원하여 다른 국가에 비해 분포도가 높은 것으로 나타났다.

3.5 국가별 포트폴리오

Fig. 6 에 이송계 분야의 국가별 기술 성숙도 (portfolio)를 나타내었다. 이송계 분야는 발전기 단계에 진입하고 있는 것으로 나타났으며, 세부적으로 한국의 이송계 분야기술은 출원건수 및 출원인수 모두 증가하고 있는 것으로 나타났다.

한국은 출원건수 및 출원인수가 감소하다가 다시 증가추세를 나타내고 있어 발전기 단계에 진입하고 있는 것으로 나타났다. 미국은 출원건수 및 출원인수가 증가하는 성장기 단계에 진입하고 있고, 일본은 퇴조기 단계에서 다시 출원건수 및 출원인수가 증가하여 성장기 단계에 진입하고 있는 것으로 분석되었다.

3.6 특허 포트폴리오

이송계는 공작기계의 기하학적 운동과 관련된 부품군을 지칭하며, 동력 전달 장치, 운동 안내 요소 및 그에 따른 부대장치 등이 핵심요소이다. 기계구동요소는 기계장치에 사용되는 모터 동력을 전달하기 위한 핵심 유닛(unit)으로 공작기계의 전체적인 성능을 좌우하는 중요 요소이다.

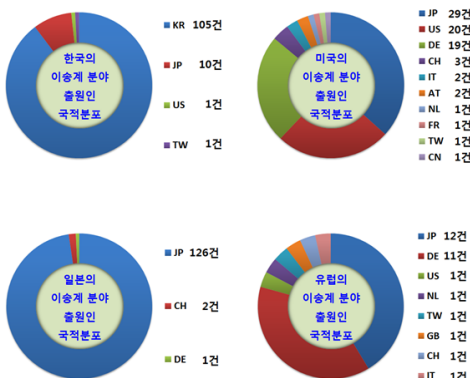


Fig. 5 The nationality distribution of applicant by country

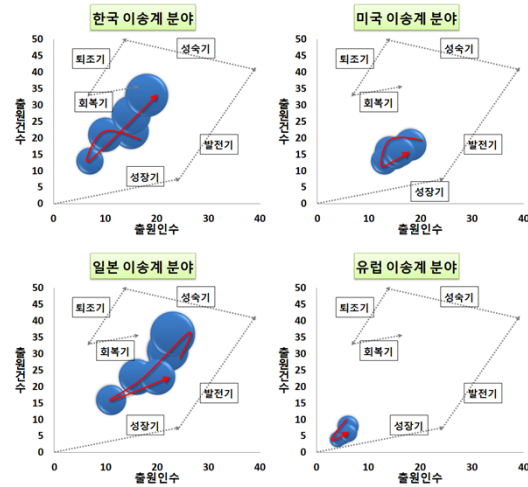


Fig. 6 The patent portfolio by county

이송계의 정확한 위치제어를 실현하기 위해서는 기계내부의 마찰을 줄여 불필요한 외부부하가 적어야 하며, 이송 유닛 경량화 및 고속운동이 원활히 이루어 져야 한다. 또한 이송 유닛의 운동이 안정되어야 하며 운동정밀도가 향상되도록 설계되어야 한다.

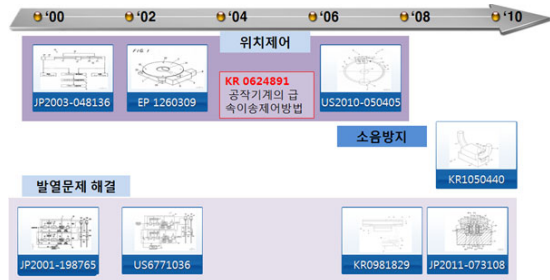


Fig. 7 Patent flow chart by issue

Fig. 7 은 이송계 분야 주요 이슈별 관련 특허를 선발하여, 해결 방안별로 그룹화하여 관련 분야의 기술 개발 분야의 흐름을 분석한 것이다. 특허분석을 통해 도출된 이송계 분야의 주요 이슈는 위치제어기술, 발열문제해결기술 및 소음방지기술이다. 주요 특허들은 정밀한 위치제어와 고속운동에 따른 소음과 마찰에 따른 발열문제를 해결하려고 하고 있다. 발열문제 해결을 위한 특허는 2000 년대 초반부터 지속적으로 출원되고 있으며, 최근에는 소음방지를 위한 특허가 출원되고 있다.

3.7 발전방향

Table 3 에 특허분석 결과를 기반으로 도출된 이송계의 세분류에 따른 유망기술을 나타내었다. 운동안내유닛의 직선운동 위치제어기술, 스크류부의 위치정밀도, 샤프트의 이송정밀도 등이다.

Table 4 에 핵심기술에 대한 국내외 기업의 기술수준 현황을 나타내었다. 유망부품 분야의 핵심기술은 60-100 m/min 의 고속이송이 가능하고, 65 dB 이하의 소음, 30 μm 이하의 변위량을 가지는 볼스크류를 들 수 있다. 향후 이송계 핵심기술로 선정된 볼스크류 개발 시 정량적 목표로 삼을 수 있다.

Table 3 Selection of the promising technology

Classification	Sub-classification	Promising technology
Feed drive system	Driving unit	Linear motion Position control
	Screw	Position accuracy
	Shaft	Feed drive accuracy

Table 4 Domestic and foreign technology comparison of the ball screw

	Domestic	Foreign (NSK, Japan)
Thermal displacement	80-120 μm	30-60 μm
Feed rate	40-50m/min	50-100m/min
Noise	78-80dB	70-75dB

4. 결론

지정한 제품을 원하는 위치까지 운반하는 단순한 물류의 이송기술부터 이송되는 제품의 형상을 측정하거나 특정한 형상을 가공하기 위해 이송과 가공을 반복하는 이송기술에까지 위치결정기술은 산업기술에 폭 넓게 사용되고 있다. 이러한 과정에서 이송계는 기계전체의 운동정밀도와 위치정밀도를 좌우하는 중요한 요소가 되었다. 따라서 고속 및 고정도 가공을 통한 고품질의 부품을 생산하기 위해서는 이송계의 동특성, 정특성 및 열특성의 분석을 통한 최적화 된 운용 기술의 확보가 필수적이다.

본 논문에서는 특허분석을 통하여 이송계의 최신 기술현황을 분석하고, PSM 을 이용하여 발전방향을 제시하였다.

1) 이송계에 대한 최신 특허를 정량분석하여 국가별·연도별·출원인별 최신 기술현황을 파악하였다. 한국의 이송계 분야 기술은 특허 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 것으로 나타났다.

2) PSM 을 이용하여 이송계의 유망기술과 유망부품분야의 핵심기술을 선정하였다. 운동안내유닛의 직선운동 위치제어기술, 스크류부의 위치정밀도, 샤프트의 이송정밀도 등이다.

3) 선정된 기술에 대한 연구개발 방향과 목표를 제시하였다. 유망부품분야의 핵심기술은 60-100 m/min 의 고속이송이 가능하고, 65 dB 이하의 소음, 30 μm 이하의 변위량을 가지는 볼스크류를 들 수 있다.

참고문헌

- Hwang, J. H., Park, C. H., Lee, C. H. and Lee, H. S., "High-Precision Positioning of Hydrostatic Table using Ballscrew," Proc. of the KSPE Spring Conference, pp. 288-292, 1997.
- Brückl, S., "Feed-Drive System with a Permanent Magnet Linear Motor for Ultra Precision Machine Tools," IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems, pp. 821-826, 1999.
- Research Report of WOOIN, "R&D Strategy Report of Machine Tools Field," Changwon Chamber of Commerce and Industry, pp. 48-204, 2011.
- Park, D. K., Kim, H. K. and Lee, C. M., "A Study of Endcap Type on Ball Screw," Journal of the KSPE, Vol. 24, No. 12, pp. 13-19, 2008.
- Kim, S. H., Jeong, J. H. and Kim, H. J., "Experiment Based Dynamic Analysis for High Accuracy Control of Feed System," Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 33, No. 5, pp. 729-737, 2009.
- Park, C. H. and Lee, H. S., "Precision Positioning Technologies with Ball screw," Journal of the KSPE, Vol. 17, No. 12, pp. 26-33, 2000.
- Wu, C. H. and Kung, Y. T., "Thermal analysis for the feed drive system of a CNC machine center," International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 43, No. 15, pp. 1521-1528, 2003.

8. Fujita, J., "Position control method and position control system for drive feed equipment," JP Patent, No. JP 198765, 2001.
9. Fujita, J., "Position control method and position control system for drive feed equipment," US Patent, No. US 6771036, 2004.
10. Kato, M., "Table system with angular position controls," Nippon Thompson Co., Ltd., EU Patent, No. EP 1260309, 2002.
11. Wolber, S., "Device for precision machining or micromachining workpieces," US Patent, No. US 0050405, 2010.
12. Eun, I.-U., Lee, C. M., Hwang, Y. K. and Bae, S. W., "Moving table of linear motor system using composite materials," KR Patent, No. KR 0981829, 2010.
13. Heo, D. J. and Ko, D. S., "Precision feed drive device," KR Patent, No. KR 105044, 2011.