

## 4차산업으로 인한 공작기계산업의 새로운 안전문제

박영석\*

# New Safety Issues in the Machine Tool Industry due to the 4th Industry

Young Suk Park\*

### Corresponding Author

Young Suk Park  
Tel : +82-52-202-9722  
E-mail : shinya46@naver.com

Received : March 16, 2022  
Revised : June 17, 2022  
Accepted : August 10, 2022

Copyright©2022 by The Korean Society of Safety All right reserved.

**Abstract** : The purposes of this study were to suggest 1) a future direction for Korea's machine tool industry and 2) how to secure the safety and reliability of emerging intelligent or automated machine tooling. The study concludes that, overseas, the machine tool industry is growing again while promoting innovation by converging with ICT. Accordingly, Korea also promotes ICT innovation to advance the machine tool industry, which is at the core of the national economy. As a result, unlike in the past, the frequency of serious injuries like entrapment accidents has recently decreased, while the proportion of collision accidents has increased. In addition, a new type of accident has become possible. Since ICT is network-based, the distinction between work and rest can become ambiguous; there is a risk of hacking, working hours and places are flexible and there are risk factors for diseases like chronic fatigue due to overload of specific personnel. As robots and automation are introduced, there is also a high probability of problems caused by physical and psychological burdens on system operators and resulting fatigue.

**Key Words** : smart machine tools, machine tools, smartization, automation, 4th industrial revolution

## 1. 서론

우리나라 제조 산업은 양질의 일자리를 창출할 뿐만 아니라 GDP 중 높은 비중을 차지하고 있으므로 우리나라 경제의 원동력이다. 4차산업혁명 이후 세계 각국에서 제조 산업의 혁신 경쟁이 강조되면서, 우리나라 역시 고강도 혁신을 통한 기존 제조 산업과 차별화되는 경쟁력 강화가 요구되고 있다.

산업혁명 이후 제조 산업은 다양한 분야에서 국가 경제를 견인하고 있으나, 고령화로 인한 경제활동인구 및 질적 저하가 일어나고 있고, 경제적 측면에서는 생산비용의 증가, 기술 및 환경의 빠른 변화, 소비자 트렌드 변화 등으로 기존의 전통적 생산방식은 이미 한계에 직면하였다<sup>1)</sup>. 이에 따라 세계 각국에서 제조업은 4차 산업의 핵심기술인 빅데이터, AI(Artificial Intelligence),

IoT(Internet of Things) 등의 기술과 융합하는 방법으로 혁신을 도모하고 있다.

가장 대표적인 사례로 독일의 인터스트리 4.0 (Industry 4.0)이 있으며, 그 외에도 미국, 일본, 중국 등에서 스마트 제조혁신의 필요성이 대두되면서 독일과 같은 제조 산업 혁신 전략을 발표하고 있다.

한편, 공작기계는 자동차, 항공기 등 수많은 제조 산업에서 사용되면서 공작기계의 장비에 대한 수요 또한 증가하고 있다<sup>2)</sup>. 공작기계산업은 기계 공업의 기간산업으로 공작기계 최대 생산국이 바로 세계 최대공업국이라고 일컬어질 만큼, 주요 국가 기간산업이자 국가 경제의 핵심적인 역할을 하고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 제조 산업에 4차산업 기술이 융복합되면서 공작기계도 AI 로봇 등이 적용되어 자동화가 이루어지고 있다.

\*현대중공업(주) 기술교육원 교사 (Hyundai Heavy Industry Co., Ltd.)

산업기계의 자동화와 스마트화에 따라 산업용 로봇 혹은 자동화 설비의 보급이 확대되고 있지만 산업용 기계에 관련된 연동장치에 대한 제도적 장치는 아직도 제대로 갖춰져 있지 않다. 만약 기계설비에 안전장치가 제대로 설치되지 않다면 산업현장에서 언제든지 큰 재해가 발생할 수 있음을 사업주와 근로자들은 인지하고 있지만, 생산성과 편리성을 위해 위험요인을 간과하면서 산업용 기계로 인한 재해가 매년 발생하고 있다. 특히, OECD 국가 중 산재 사망률을 기록할 정도로 산업재해가 빈번하게 발생하고 있기 때문에 정부에서도 심각성을 인식하고 「산업안전보건법」 제정을 통해 크레슬, 전단기, 용접장치, 크레인 등 사고가 빈번하게 일어나는 산업용 기계를 위험기계·기구로 추가하여 산업용 기계로 인한 산업재해를 예방하기 위한 노력을 기울이고 있다<sup>3,4)</sup>. 하지만 이 역시 스마트화 되고 있는 산업용 로봇에 대한 기준이 제시되고 있지 않으므로 법제도를 통한 산업재해 예방에는 한계가 존재한다.

따라서 본 연구에서는 공작기계산업은 발전가능과 위험요인들에 대해서 구체적으로 살펴보고, 향후 우리나라의 공작기계산업 발전을 위해 나아가는 방향이 무엇인지 그리고 새롭게 등장하고 있는 지능형 또는 자동화된 공작기계의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 방안을 제시하고자 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 공작기계산업의 특성과 현황

#### 2.1.1 공작기계산업의 특성

공작기계산업은 자본재 산업의 핵심 산업으로서 공작기계산업과 관련된 전·후반 산업의 경쟁력을 결정짓게 된다<sup>5)</sup>. 그렇기 때문에 우리나라를 비롯한 세계 각국에서 공작기계산업은 국가전략 산업으로써 국가 기

술력과 경쟁력의 척도로 활용되고 있다. 또한, 공작기계산업은 국가 기간산업 및 방위산업에 필수적인 자본재에 해당되기 때문에 일정 수준 자국 내에서 자급할 수 있어야만 제조업의 경쟁력을 유지하고 국가 경쟁력을 확보할 수 있다.

공작기계산업은 기술집약적 산업이기 때문에 기술을 축적하는데 많은 시간과 비용 소요되고 모방으로는 경쟁력을 확보하는 데 한계가 있기 때문에 신설기업이나 중소기업은 시장진입 및 성장에 한계가 존재하지만, 공작기계산업은 앞서 설명한 바와 같이 제조업을 비롯한 다양한 산업부분과 연계되기 때문에 국가의 성장동력으로써 고부가가치 산업이라고 할 수 있다. 또한, 최근 기계기술에 전자기술과 ICT 기술이 융복합되면서 메카트로닉스 기술과 융합가공장비산업으로 발전하고 공작기계는 자동화되고 스마트화되고 있다.

이렇듯, 공작기계산업은 소재부터 완제품 생산까지 많은 시간과 자본이 투자되기 때문에 원금을 회수하기까지 많은 시간이 걸린다. 한편으로는 다른 산업의 경기 동향을 판단하는 지표로, 경기변동에 민감하다는 점에서 애로 요인으로 작용하기도 한다<sup>6)</sup>. 이와 같은 공작기계산업의 특성으로 인해 장기적으로 자금을 투자할 수 있는 자금력이 필요하다. 특히, 최근에는 기술수준이 빠르게 발전하고 있는 만큼 제품 순환도 빨라지고 있어 기업들은 연구개발에 많은 자금을 투자할 수밖에 없다. 그러므로 현실적인 문제로 대기업이 시장을 주도할 수밖에 없는 상황에 놓인 것이다. 이에 따라 높은 기술력을 가진 중소기업들이라도 성장의 한계에 직면하게 된다. 이와 더불어 정보통신기술(ICT, Information and Communications Technology) 글로벌 기업의 내수시장 진입이 이루어지면서 기업들은 생존과 시장 내 경쟁력 확보를 위해 투자를 할 수밖에 없게 되었다.

Table 1. 2019–2020 Issues by detailed industries in the machinery industry

Business type	Content
Machine tool	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domestic demand and exports both decreased significantly.</li> <li>• Limited growth due to total friction among major countries despite the rebound factors caused by stabilization of front-line industries.</li> </ul>
Plant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 27.3% decrease compared to the previous year.</li> <li>• Ordering a large LNG plant is expected to recover due to a good harvest.</li> </ul>
Construction machinery	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exports (China – 36.7%) are on the decline.</li> <li>• Infrastructure investment in the U.S. and India is expected to rebound.</li> <li>• The decline in domestic construction orders, the reduction of the Chinese market, and the strength of local companies are variables.</li> </ul>
Semiconductor equipment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The highest export record (+9.4%, YoY)</li> <li>• The equipment market is also expected to grow as major increases in front industries.</li> </ul>
Display equipment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decrease due to reduced LCD investment and serious dependence on exports to China.</li> <li>• Mid- to long-term decline is expected to continue.</li> </ul>

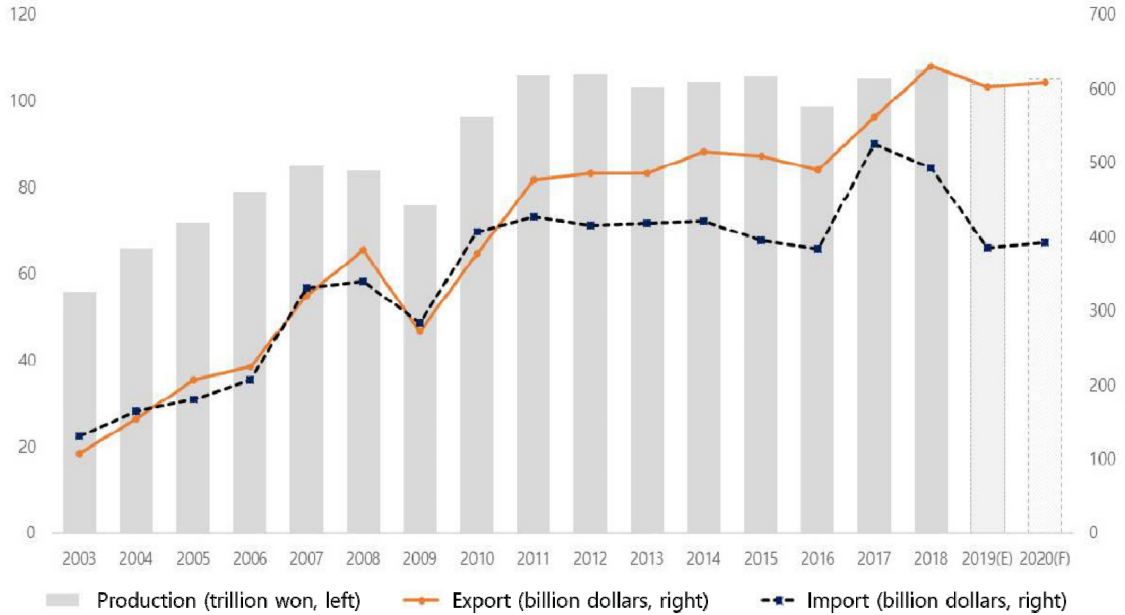


Fig. 1. The trend of production, import, and export of the machinery industry in Korea.

### 2.1.2 공작기계산업의 현황

최근 공작기계산업은 기계 산업에서도 다시금 성장 상승세를 보여줄 것으로 전망되고 있다(Fig. 1, Table 1)<sup>6)</sup>. 우리나라 공작기계는 1970년대 대량 생산을 위한 기반 산업으로 인식되었으나, 1980년대 자동차 및 전자산업과 함께 동반성장하기 시작했다. 이후에도 지속적으로 성장하면서 2009년과 2010년 금융위기 당시 주춤하는 듯했으나 이전에 비해 급속도로 성장하였다<sup>7)</sup>. 연도별로 공작기계산업의 생산액도 1990년에 1조 원을 기록한 이후 2009년 금융위기로 인해 일시적으로 하락한 경우를 제외하고 지속적으로 성장하여 2011년에 6조 원을 돌파하였다. 하지만 2014년부터 생산액이 조금씩 하락세를 보이면서 2016년에는 5조 1천억 원 수준에 머물러 있었지만 2016년 하반기부터 4차산업혁명으로 다시 활성화하면서 급성장하기에 이르렀다. 이와 같이 공작기계산업은 환경적 요인에 민감하게 반응하기 때문에 연구개발을 꾸준히 지속할 수밖에 없다.

수출실적의 경우, 2010년까지 수입과 비슷한 추세를 보이다 2011년과 2012년도부터 수출액이 수입액보다 증가하면서 23억 달러와 25억 달러까지 기록하지만 2016년까지 해당 수준에 정체되어 있었다. 왜냐하면, 2011년부터 2016년, 약 5년 동안 우리나라는 독일, 일본, 미국 등에서 중간재를 수입하여 전자응용기계 완제품을 만들어 수출했기 때문에 전자응용기계는 수출하지 못하고 절삭기계 및 성형기계만 수출하면서 우리나라에서 자체 제작한 완제품을 수출하여 발생한 이익

금이 10% 미만이었으며, 대부분 절삭기계와 성형기계만 수출하고 있다<sup>5)</sup>.

### 2.2 4차산업혁명과 제조 산업

다보스 세계 경제포럼(WEF)에서 4차 산업혁명이 언급된 이후 AI, 로봇, 나노기술, 생명공학 등의 독립적이었던 산업분야들이 융복합하게 되면서 기술 혁신과 패러다임 전환이 이루어지게 되었다<sup>8)</sup>.

제조 산업도 예외 없이 전 과정에 다양한 기술이 융복합되어 새로운 부가가치를 창출하면서 새로운 변화를 주도하는 중요한 역할에 이르렀다. 이렇듯, 제조 산업의 변화와 혁신기술은 제조업의 경쟁력 확보와 혁신 성장을 위한 성장 동력이자 관련 산업의 혁신을 촉진시키는 요인으로 작용한다<sup>9)</sup>. 이에 따라 최근 스마트공장, 3D프린팅을 활용한 맞춤형 생산, 공유경제, 기존 사업영역의 경계파괴 등이 일어나면서 새로운 형태의 비즈니스 모델이 제시되고 있다. 특히, IT 기술의 도입으로 제조업에서 편리성과 생산성이 향상되면서 제조 방식에서 변화가 일어나고 있다. 즉, 네트워크 기반을 두고 있는 IT기술로 산업기계들의 초 연결화, 초 지능화, 자동화가 이루어지면서 산업기계와 관련된 소프트웨어 중심의 연구가 활발해지고 있다.

4차산업이 성숙기에 접어들면서 하드웨어 중심이었던 제조업이 소프트웨어로 중심이 이동하면서 제조·공정의 스마트화와 공급망 관리, 사후 서비스, 고객 관리가 통합되고 제조업은 다른 산업 간의 융합하기 시작한 것이다(Fig. 2)<sup>9)</sup>.

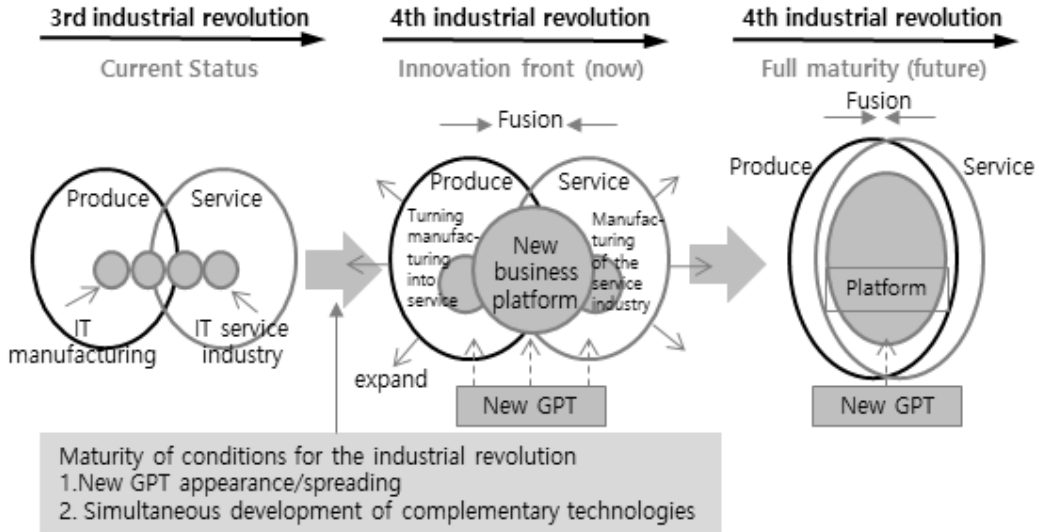


Fig. 2. The Fourth Industrial Revolution and Industrial Change.

이를 기반으로 IoT, 클라우드와 같은 기술과 결합하여 제조 산업 클러스터 내에 생산 및 환경과 자원을 공유할 수 있는 플랫폼 즉, 새로운 비즈니스 모델이 등장하게 되었다. 정부 역시 디지털 뉴딜 정책을 통해 제조업 서비스화를 가속시키고 있으므로 제조 산업의 디지털 전환과 다양한 산업간 융합이 가속화되고 있으므로<sup>9)</sup>, 국가 차원에서 경쟁력 확보와 부가가치가 증대될 것이다. 그리고 스마트공장 도입 및 확장이 가속화되고, 이를 통한 제조 산업의 서비스화는 지속적으로 발전되고 있으며, 다음과 같은 가치사슬 변화가 촉진되고 있다.

첫째는 4차산업의 핵심기술을 활용한 스마트공장 보급을 통한 제조·공정혁신이다. 현재 4차산업 핵심기술을 적극적으로 활용하여 제조 산업은 혁신이 진행되고 있다. 이에 최근 스마트공장 도입으로 다수의 공정과정이 자동화되면서 공작기계 자동화 및 스마트화의 필요성이 대두되고 있다. 이로 인해 기업들도 역시 주문형, 맞춤형 생산을 대량생산 가격에 맞추어 제공하는 것이 가속화되고 가능해지는 것을 의미한다<sup>9)</sup>.

이는 제조·공정의 설비 및 기계가 연결되어 통합 운영관리가 가능해지면서 고객의 요구사항을 반영하면서도 생산 가격일 높이지 않고도 생산 가능한 구조로 전환할 수 있도록 했다. 또한, 이러한 유연한 생산 방식은 작업 환경을 개선하고 공작기계와 근로자가 상호작용하여 협업할 수 있도록 만들어 주어 공정상의 안전성과 효율성 그리고 더 나아가 생산성이 향상되었다.

둘째는 빅데이터를 활용한 제조 산업의 서비스화이다. 4차산업혁명 기술로 공작기계가 하드웨어형에서

임베디드 소프트웨어형으로 변화하고 있으며, 개별적으로 존재하던 데이터를 통해 새로운 기능과 가치가 창출된다. 즉, 스마트공장이 도입되면서 고정과정에서 발생하는 모든 데이터가 저장되고 저장된 데이터는 분석되어 문제점과 고객 요구사항을 도출할 수 있다<sup>9)</sup>.

셋째는 빅데이터 기반의 제조 산업 가치사슬의 변화이다. 현재는 스마트공장을 중심으로 제조·공정 대상이 빠르게 변화하고 있지만 점차 공작기계의 자동화와 스마트화를 통해 공정 과정의 대부분이 변화하고 산업간 연계성이 강화되고 있다<sup>9)</sup>. 특히, 공작기계의 스마트화와 자동화에 대해서도 관심이 증대되면서 이와 관련된 연구도 활발하게 이루어지고 있다.

### 2.3 기계 산업 IT융합의 기대효과

한국은행 경남본부에서 기업체들을 대상으로 설문 조사를 실시한 결과, 선진기업들이 IT융합을 적극적으로 추구하고 있으므로 기계 산업의 글로벌 경쟁력을 확보와 공작기계의 품질 향상과 고부가가치 산업으로 전환을 위해 IT융합이 필요하다고 응답하였다. 이외에도 기업들은 기존 기술과 IT융합은 세계적 추세이고 소비자들 역시 관련 기업 및 제품을 요구하면서 수요가 발생하고 있기 때문에 필요하다고 하였다<sup>10)</sup>.

또한, 기업들은 IT융합의 파급효과에 대해서 기술돌파(break through)에 비해 경제성을 갖추고 있으며 고부가가치화를 달성할 수 있는 수단이라고 인식하고 있었다(Figs. 3,4)<sup>10)</sup>. 이러한 결과는 기업들이 R&D에 대한 의존도가 높지만, 실패확률이 높아지고 있기 때문에 기술융합 성공보다 기술돌파에 초점을 두어야한다는 사실을 보여준다.



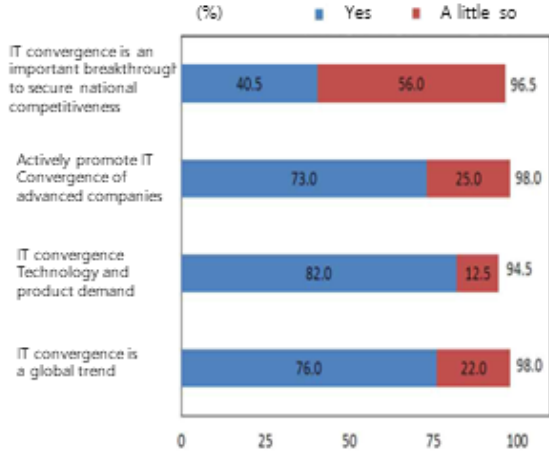


Fig. 3. Recognition of IT convergence trends.

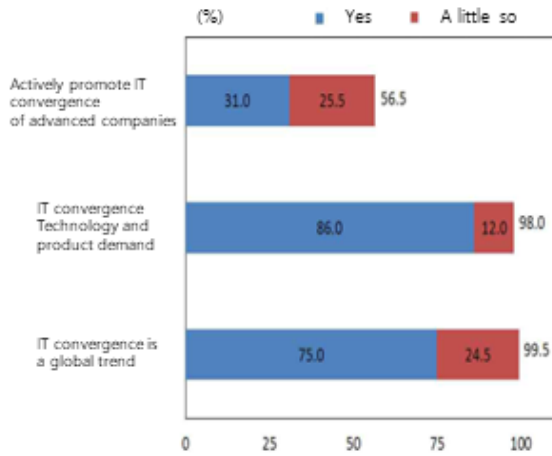


Fig. 4. Recognition of the ripple effect of IT convergence.

### 3. 중국 스마트 공작기계 시장 동향

중국은 오랫동안 국가 경제를 이끌어왔던 제조업에서 세계적 추세에 맞춰 고도화와 스마트화가 빠르게 진행되고 있다. 중상산업연구원에 따르면, 미국, 일본 등에 비해 스마트 제조 산업의 시작은 다소 늦었음에도 불구하고 최근 5년 동안 2배 가까이 성장하였다. 이에 중국 공업용 로봇 산업 영업이익이 2016년 39.3억 달러에서 2020년 63.2억 달러로 성장하였다<sup>1)</sup>. 그러므로 산업용 기계의 스마트화가 우리나라보다 더 높은 수준에 이르렀을 가능성이 존재한다.

공작기계 또한 시장의 규모가 성장해왔으며, 그 중에서도 NC공작기계는 2015년 이후 연평균 3.4% 성장하면서 2019년에 1,313.6억 위안을 기록하였다. 2020년에는 코로나 19의 여파로 공작기계 수요가 소폭 감소하여 성장세가 주춤했지만, 중국의 전문가들은 2024년에 산업 규모가 1,483.8억 위안을 기록하며 성장세를 보일 것으로 전망하고 있다(Figs 8,9)<sup>1)</sup>.

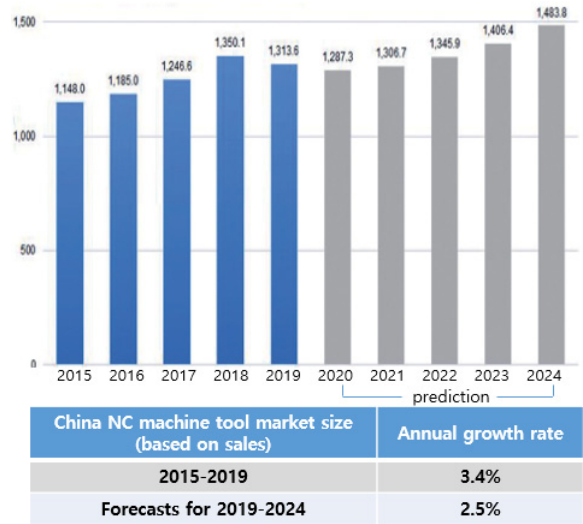


Fig. 5. 2015–2024 China NC Machine Machinery Market Size.

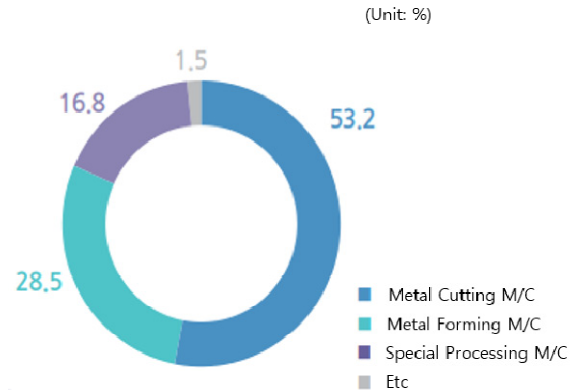


Fig. 6. In 2019, the proportion of NC machine tools in China.

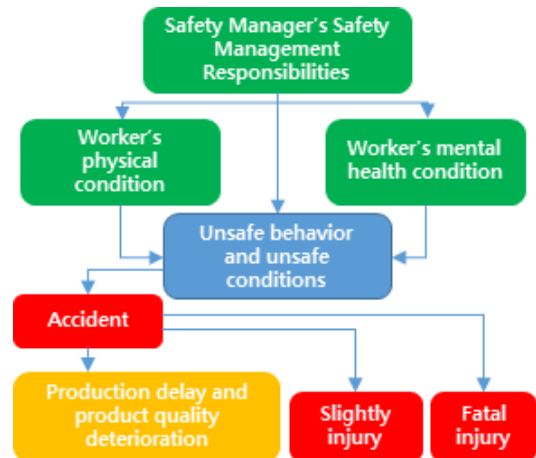


Fig. 7. Accident flow chart.

이러한 성과를 달성하는 데 정부의 지원도 있었다. 정부는 스마트 공작기계산업 발전을 위해 2015년에 ‘중국제조2025’를 발표하여 경제적 지원을 하였고,

2017년 ‘첨단스마트기술제조업행동계획(2018-2020년)’, 2018년 ‘인터넷, 선진 제조업 업그레이드를 통한 공업 네트워크 발전 지도의견’ 등을 잇달아 발표하여 스마트화, 혁신 등을 강조하면서 제도적으로도 지원했다. 이에 중국 정부는 스마트 제조 생태계 조성을 위해 산업단지 건설, 플랫폼 연계 등을 추진하고 연구개발 투자 확대와 더불어 우수 기술기업 육성을 함께 추진하고 있다. 특히, 공작기계 분야는 수치제어 금속절삭기계(2019년 기준 전체의 53.2%)를 중심으로 발전해 나가고 있으며, 그다음으로 금속 성형기계(28.5%), 금속가공기계(16.8%)가 성장하고 있다. 또한, 기존 제조업이 발달한 도시 외에도 균형 잡힌 스마트 제조산업 육성을 위해 정책도 시행해 나가고 있다<sup>12)</sup>.

#### 4. 산업용 기계의 새로운 위험요소

##### 4.1 기계의 위험요인

산업용 기계에는 많은 위험요소가 존재한다. 그리고 관리자 및 근로자의 태도와 인식에도 영향을 받는다. Fig. 7<sup>13)</sup>은 사고 발생에 기여하는 요인부터 불안정한 행위 및 상태, 사고의 결과까지를 도식화하여 보여주고 있다. 여기서 말하는 관리 의무와 불안정한 행위 및

상태가 근원이라고 할 수 있으므로 사고 방지대책을 마련하는 과정에서 이들을 고려할 필요가 있다. 또한, 사고에 관련된 많은 구성 요소들은 사고의 원인을 분석하고 규명하는 데 필요하다. 특히, 기계사고(incident) 발생 시 사고 요인을 분석하기 위하여 기계의 위험부를 나타내려는 노력은 끊임없이 이루어져 왔다<sup>15)</sup>.

기계설비에 따라 사고가 발생하는 위험점은 6가지 유형으로 구분할 수 있으며, 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

첫째, 기계가 왕복운동하는 부분과 공정부위에 형성되는 협착점은 프레스, 전단기, 평삭기 등에서 많이 발생하는 사고 유형으로 2013년부터는 용어의 혼란을 막기 위해 깔림(물체의 쓰러짐이나 뒤집힘)이라는 용어로 대체하여 사용되고 있다.

둘째, 기계설비 중 비고정부와 회전 또는 직선 운동하는 부분을 말하며, 대표적으로 연삭숫돌, 탈수기 회전체와 같이 반복적인 동작이 일어나는 부분에 신체 일부분이 끼이는 것을 말한다.

셋째, 날카로운 부품이 설치된 부분에서 회전 또는 반복적인 동작이 일어나는 부분과 신체 사이에서 일어나는 것으로 주로 링 커터, 톱날, 목공용 띠톱 등이 설치된 작업부에서 발생한다.

Table 2. Disaster occurrence status by industry<sup>17)</sup>

Classification	2020			same period last year			Increase/decrease		Increase/decrease rate	
	Workers	Number of victims (dead)	Accident rate (10,000* dead rate)	Workers	Number of victims (dead)	Accident rate (10,000* dead rate)	Number of victims (dead)	Accident rate (10,000* dead rate)	Number of victims (dead)	Accident rate (10,000* dead rate)
Total	18,974,513	92,383	0.49	18,725,160	94,047	0.50	-1,664	-0.01	-1.8	-2.0
		882	0.46		855	0.46	27	0.00	3.2	0.0
Mining	10,664	141	1.32	11,108	186	1.67	-45	-0.35	-24.2	-21.0
		8	7.50		17	15.30	-9	-7.80	-52.9	-51.0
Manufacturing	4,012,541	23,127	0.58	4,045,048	23,684	0.59	-557	-0.01	-2.4	-1.7
		201	0.50		206	0.51	-5	-0.01	-2.4	-2.0
Construction	2,284,916	24,617	1.08	2,487,807	25,298	1.02	-681	0.06	-2.7	5.9
		458	2.00		428	1.72	30	0.28	7.0	16.3
Electricity · gas · water industry	79,034	87	0.11	76,687	97	0.13	-10	-0.02	-10.3	-15.4
		2	0.25		1	0.13	1	0.12	100.0	92.3
Transportation · warehouse · telecommunications business	936,449	6,504	0.69	910,585	5,464	0.60	1,040	0.09	19.0	15.0
		67	0.72		59	0.65	8	0.07	13.6	10.8
Forestry	101,404	1,004	0.99	91,682	985	1.07	19	-0.08	1.9	-7.5
		16	1.58		16	1.75	0	-0.17	0.0	-9.7
Other business	10,683,419	36,008	0.34	10,239,876	37,339	0.36	-1,331	-0.02	-3.6	-5.6
		122	0.11		118	0.12	4	-0.01	3.4	-8.3
Etc	866,086	895	0.10	862,367	994	0.12	-99	-0.02	-10.0	-16.7
		8	0.09		10	0.12	-2	-0.03	-20.0	-25.0

넷째, 두 개의 회전축이 서로 반대 방향으로 맞물려 회전하는 부분에서 옷이나 신체 일부 등이 휘말려 들어가는 지점을 말하며, 주로 기어, 롤러의 회전으로 인한 끼임 사고가 발생한다.

다섯째, 앞서 설명한 끼임은 두 개의 회전축이 맞물리는 부분에서 발생하는 것이라면 접선 물림점은 하나의 회전축과 벨트를 회전시키면서 옷이나 신체 일부를 물고 들어가는 것을 말한다. 즉, 기어와 락, 롤러와 평벨트 사이의 지점을 말한다.

여섯째, 끼임과 달리 말림점은 회전하고 있는 회전축의 표면이 모두 말림점이라고 볼 수 있다. 기계가 회전하고 있는 표면에 옷이 닿을 경우 회전력에 의해 그 대로 말려들어가면서 사고가 발생하는 것이다.

**4.2 산업용 기계 재해발생 현황**

2020년 기준 업종별 재해현황에 대해서 살펴보면, 건설업 다음으로 제조업에서 발생하는 사고재해 현황이 많았으나, 전년 동기대비 유사한 수준을 유지하고 있었다(Table 3)<sup>6)</sup>. 특히, 제조업 중에서도 기계기구와 관련된 업종에서 2020년에는 11,380명의 재해자수가 발생하였으며, 이는 작년 동기 대비 462명 감소한 것이라고 했다. 그럼에도 불구하고 가장 많은 재해자가 발생하고 있으므로, 이는 기술은 고도화·스마트화되고

있음에도 불구하고 여전히 사고원인에 대해서는 궁극적으로 해결하지 못하고 있다고 해석할 수 있다. 제조업에서 발생하는 재해유형에 대해서 구체적으로 살펴보면, 끼임이 가장 많이 발생하는 것으로 나타났으며 그 다음으로 떨어짐, 물체에 맞음 순으로 나타났다. 특히, 제조업에서는 건설업보다 끼임사고 발생비중이 가장 높았으며, 최근에는 다른 유형의 사고 발생 비중은 감소했지만 물체에 맞는 사고만큼은 증가했다는 특징이 있었다(Table 4)<sup>17)</sup>.

특히, 물체에 맞음으로 발생하는 사망사고는 다양한 작업 과정에서 발생하는데, 그 중에서도 기계기구, 설비 설치·보전작업에서 81명(40.3%)이 사고사망자가 발생한 것으로 조사되었으며, 다음으로 운반, 상·하역 및 운전 작업 시 많이 발생하는 것으로 나타났다.

규모에 따른 재해방생률을 살펴보면, 가장 많은 재해가 발생하는 규모는 5~49인이었으며 오히려 300인 이상의 사업장에서는 재해 발생비율이 낮았다(Table 5)<sup>6)</sup>.

이 같은 조사결과에 따르면, 공정과정 대부분이 자동화되면서 사고 위험성이 높은 공정에서 사람 대신 도입되면서 끼임, 절단 등과 같은 사고는 감소하고 있지만 로봇을 운영·관리하는 과정에서 오작동 등 예측 불가능한 상황이 발생함에 따라 부딪힘 사고가 증가하는 것이라고 해석할 수 있다.

**Table 3.** Disaster occurrence status by accident type

Classification	Total	Jamming		Falling		Hit		Explosion, rupture		Squeeze		Bump		Etc	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
2020	201	60	29.9	41	20.4	24	11.9	18	9.0	15	7.5	14	7.0	29	14.4
2019	206	66	32.0	32	15.5	12	5.8	14	6.8	24	11.7	22	10.7	36	17.5
Increase/decrease	-5	-6	-2.1	9	4.9	12	6.1	4	2.2	-9	-4.2	-8	-3.7	-7	-3.1

**Table 4.** Disaster occurrence status by job content

Classification	Total	MC Installation and maintenance work		transport, loading and unloading, driving		processing and handling		Connection, assembly and disassembly		Other construction related work		Etc	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%			
2020	201	81	40.3	54	26.9	30	14.9	21	10.4	5	2.5	10	5.0
2019	206	79	38.3	60	29.1	31	15.0	23	11.2	4	1.9	9	4.4
Increase/decrease	-5	2	2.0	-6	-2.2	-1	-0.1	-2	-0.8	1	0.6	1	0.6

**Table 5.** Disaster occurrence status by workplace size

Classification	Total	less than 5 people		5-49 people		50-299 people		more than 300 people						
		Occurrence/10,000	%	Occurrence/10,000	%	Occurrence/10,000	%	Occurrence/10,000	%					
2020	201	0.50	38	18.9	0.94	120	59.7	0.70	34	16.9	0.32	9	4.5	0.11
2019	206	0.51	43	20.9	1.07	121	58.7	0.70	30	14.6	0.28	12	5.8	0.15
Increase/decrease	-5	-0.01	-5	-2.0	-0.13	-1	1.0	0.00	4	2.3	0.04	-3	-1.3	-0.04

### 4.3 4차산업과 안전보건

공작기계의 스마트화와 자동화가 이루어지면서 산업재해는 줄어드는 것은 분명하다. 실제로 앞서 살펴본 산업재해 현황에서도 보면 발생건수가 감소하는 추세를 보이고 있기 때문이다. 하지만 스마트화·자동화되면서 새로운 유형의 공작기계들이 개발되고 기업들은 생산성 향상을 위해 산업용 로봇을 적극적으로 도입하기 시작하면서 관리자들도 더 많은 디지털 기기를 조작하게 된다. 즉, 오히려 안전 관리자가 체감하는 신체·심리적 부담과 피로감은 증가하여 이로 인한 문제가 발생할 가능성이 높다.

또한, 공작기계운영관리 시스템이 하드웨어에서 소프트웨어 중심으로 바뀌면서 시간·장소의 제한이 없어지면서 일과 휴식의 구분이 모호해지고, 고령인구의 비중이 높다는 제조업의 특성상 특정 연령의 인력을 중심으로 운영될 가능성도 높아진다. 이에 따라 특정 인물들의 업무는 가중되고, 근로자들은 높은 스트레스와 업무수행 강도로 인한 피로 등 신체 질환이 발생할 위험 요소도 존재한다.

최근 가장 많이 보편화되고 있는 신기술 중 하나인 클라우드 역시 근로자들은 일과시간이 아니더라도 언제 어디서든 협업, 업무수행 등이 가능해지면서 결과적으로 업무의 강도를 강화하거나 노동자들의 근무 환경을 어렵게 만들고 있다.

그 외에도 산업 현장에서의 정교한 인공 지능 알고리즘 활용은 방대한 데이터를 분석하여 더 나은 의사결정과 예방책을 제시할 수 있게 해준다는 장점을 가지고 있지만<sup>14)</sup>, 한편으로는 인공지능의 업무수행 능력을 기준으로 성과평가가 이루어질 가능성이 존재하기 때문에 근로자들은 높은 수준의 심리적 압박과 스트레스를 느낄 것이라고 주장하면서, 결국에는 근로자들의 업무 증대, 스트레스, 탈진과 같은 문제가 사회적 문제로 대두될 것이라고 말한다. 즉, ICT로 생산성과 효율성이 높아지는 만큼 근로자들은 신체적으로 안전하고 좋은 환경에서 근무는 할 수 있지만 심리적으로는 오히려 부담감 및 스트레스가 높아질 것에 대한 우려가 높아지고 있다는 것이다.

그 밖에도 기술적, 기계적으로 매우 복잡한 메커니즘을 가지고 있어 초기에는 시스템이 불안정하여 제품 및 서비스의 오작동, 사생활 침해, 사이버 보안 위협 등이 발생할 가능성이 높고, 시스템적으로도 부담해야 하는 리스크가 커질 가능성도 존재한다<sup>15)</sup>.

한국산업안전보건공단에서 발표한 보고서에서도 산업 현장에 스마트 공작기계를 비롯한 산업용 로봇의 도입이 증가한다면 산업용 로봇과 관련한 산업재해도

함께 증가할 것이라고 지적하였다<sup>16)</sup>. 이에 따라 고용노동부에서는 2016년 산업안전 보건 기준에 관한 규칙을 개정하여 로봇에 한국 산업표준 및 국제 안전기준을 적용하도록 명시하였다. 그럼에도 불구하고 로봇을 사용하는 50인 미만 제조업체의 경우에는 안전 방책 미설치 또는 형식적 설치, 비상 정지 장치의 제어 범위 불일치, 기계적 보호의 안전거리 미준수, 출입문 연동장치 미설치 또는 임의 해제, 비상 정지 미설치, 부품입·출구 작업자 진입 가능성 등의 문제점들이 여전히 존재하고 있다<sup>15)</sup>.

현재 우리나라 산업구조상 대부분 기업이 중소기업이라는 점을 고려한다면, 표준 안전 기준은 시대적 상황에 따라 개편하여 운영하고 있으나 실질적으로는 기존 산업재해의 원인과 4차산업으로 인한 새로운 형태의 산업재해에 대한 적절한 대응을 하지 못한다고 볼 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 향후 우리나라의 공작기계산업의 발전을 위해 나아가는 방향이 무엇인지 그리고 새롭게 등장하고 있는 지능형 또는 자동화된 공작기계의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 방안이 무엇인지 제시하고자 하였다. 연구결과 해외에서는 공작기계산업에 ICT와 융복합하여 혁신을 도모하면서 다시 성장해나가고 있다. 이에 우리나라에서도 국가산업의 기반이자 경제의 핵심인 공작기계산업의 재도약을 위해 IT 기술과 연계하여 혁신을 도모하고 있다.

이에 따라 끼임 사고와 같이 근로자의 신체에 큰 상해를 입히는 유형의 발생빈도가 높았던 과거와 달리 최근 끼임이나 절단 사고 등은 감소하는 반면 부딪힘 사고의 발생 비중이 높아지고 있는 경향이 나타났다. 그 외에도 새로운 유형의 안전사고 발생 가능성이 제기되었다.

ICT는 기본적으로 네트워크 기반 기술이기 때문에 해킹과 같은 외부 침입에 대한 위험성, 노동 시간·장소의 유연화에 따라 일과 휴식의 구분이 모호해지거나, 특정 인력의 업무 과부하로 인한 만성피로 등 신체 질환이 발생할 위험 요소도 존재한다. 또한, 도입되는 로봇과 자동화 시스템으로 시스템 운용자의 신체·심리적 부담과 피로로 인한 문제가 발생할 가능성이 높다. 이에 따라 본 연구에서는 다음과 같은 시사점을 제시하고자 한다.

첫째, 정부에서도 새로운 형태의 안전문제가 발생할 가능성이 존재함을 인식하고 스마트 공작기계를 포함



한 로봇에 대한 안전기준을 마련했음에도 불구하고 제조업에서 발생하는 산업재해는 다른 산업분야보다 약 2배가량 더 높은 것으로 나타났다. 그러므로 안전기준을 마련하는 것도 중요하지만 현장에서 안전기준이 어떻게 적용되고 있는지 실태부터 정확히 파악할 필요가 있다.

둘째, 스마트공장, 산업용 기계의 자동화 등은 이미 이루어지고 있고 스마트 공작기계도 개발되고 있지만 본 연구를 진행하는 과정에서 스마트 공작기계에 관한 연구는 상대적으로 미흡하다는 사실을 확인하였다. 이에 본 연구의 결과와 선행연구의 결과를 비교분석할 수 없었다는 아쉬움이 존재한다. 하지만 공작기계는 제조업의 기반기술이자 제조업을 촉진시킬 수 있는 수단이기도 함으로 이에 대한 연구개발은 지속적으로 이루어질 필요성이 있다.

셋째, 산업현장에 대한 주기적인 모니터링을 통한 산업기계로 인한 실질적 사고 원인과 근로자들의 안전 기준 준수 여부 등에 대한 실태조사가 이루어질 필요가 있다. 이미 정부차원에서는 산업표준 및 국제 안전 기준을 준수할 수 있도록 보건기준에 관한 규칙을 개정하였지만 실제 기업은 생산성을 더 중요시할 수밖에 없으므로 안전에 대한 관리 소홀이 이루어질 가능성이 높다. 특히, 아직 현장에서 근무하는 근로자들의 경우 젊은 세대보다 고령인구가 많다는 점을 고려한다면 산업로봇 및 스마트 기기의 위험요소를 늦게 인식할 가능성이 높기 때문에 사고발생률이 높아질 수 있다. 그러므로 주기적인 모니터링 실시는 사고예방의 효과는 물론이거니와 안전에 대한 경각심도 심어줄 수 있는 계기로 작용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 실증적 연구가 아닌 문헌연구를 중심으로 실시하였기 때문에, 현장 근로자들의 견해를 반영하지 못했다는 아쉬움이 존재한다. 그러므로 후속연구에서는 이 연구를 토대로 산업안전 전문가, 현장 근로자, CEO 등을 대상으로 설문조사나 인터뷰를 실시하여 실증적 분석을 실시한다면 보다 더 현실적인 대안을 제시할 수 있을 뿐만 아니라 제도적 한계를 개선하는데 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

## References

1) J. H. Oh, "A Study on Strategic Utilization of Smart Factory: Effects of Building Purposes and Contents on Continuous Usage Intention", Doctoral Dissertation, Chungbuk National University, 2019.

2) S.-T. Jung, "A Study on the Development and Verification Experiment of Tool-life Prediction Program Using ICT-based Smart Machine Tools", Master a Thesis, Inha University, 2020.

3) G. H. Choi, "Effectiveness and Balance of Compulsory and Voluntary Safety Certification of Industrial Machines and Devices", J. Korean Soc. Saf., Vol. 30, No. 1, pp. 1-7, 2016.

4) Y. S. Park, "A Study on the Necessity of Reinforcing the Industrial Machine Safety System (Device/System)-Focused on Case Analysis -", J. Korean Soc. Saf., Vol. 36, No. 3, pp. 15-23, 2021.

5) I. S. Kim, "The Effects of R&D Investment on Firm Performance in Korean Machine Tool Industry", Master a Thesis, Changwon University, 2019.

6) Ministry of Employment and Labor, "Industrial Accident Death Statistics", 2021.

7) I. S. Kim and S. W. Park, "The Effects of R&D Investment on Firm Performance in Korean Machine Tool Industry", The Journal of International Trade & Commerce, Vol. 14, No. 6, pp. 335-355, 2018.

8) Hyundai Research Institute, "Comparison of R&D Investment Efficiency of Listed Companies in Korea, China and Japan", 2016.

9) K.-J. Jung, "A Study on the Big Data Utilization Intention of Small and Medium-sized Manufacturing Companies: Focused on Smart Industrial Complex", Doctoral Dissertation, Soongsil University, 2021.

10) Bank of Korea Gyeongnam Headquarters, "A Plan to Revitalize IT Convergence in the Machinery Industry to Create a New Growth Engine for the Gyeongnam Economy", 2013.

11) S. H. Lee, "China's Smart Machine Market Trends", Manufacturing Technology Magazine, 2021.

12) Korea Industry Daily, "China's Smart Machine Tool Market Expands Demand by Upgrading Major Manufacturing Industries", 2021. <https://www.kidd.co.kr/news/222365>

13) J. H. Ku, "A Study on the Installation of Industrial Machinery Safety Interlocking System and Its Normal Use", Master a Thesis, Ulsan University, 2019.

14) CCTV News, The 4th Industrial Revolution and Newly Emerged Industrial Accidents, 2021. <https://www.cctvnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=222288>

15) Y. J. Jang, "Economic and Social Shocks and Countermeasures of the 4th Industrial Revolution: Policy

- Tasks for Joint Development of Technology and Society’,  
Industrial Research Institute, 2017.
- 16) H. W. Yeo, “A Study on Measures to Prevent Safety  
Accidents, such as Installation of Automation Facilities”,  
2017.
- 17) H. T. Kim, S. J. Park and J. H. Park, “The Machinery  
Industry's Achievements in 2019 and Prospects for 2020”,  
Korea Institute of Machinery and Materials, 2021.