

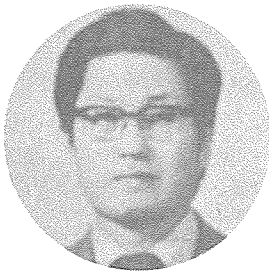
◇精密工業의 定義

여러 사람들은 精密機械 혹은 精密工業이라는 것이 무엇이나라는 질문들을 많이 한다. 사실 大學 敎育機關 自体에서도 精密機械라는 科名稱을 가지고 있는 곳은 한국 및 일본의 몇개 大學 정도라고 본다. 원래 제 2 차대전 造兵工學科, 精密機械科라는 명칭들이 있었는데 終戰과 더불어 종합해져서 精密機械工學科로 탈바꿈한 것이 오늘날까지 사용되어 왔고, 일본에서 현재는 精密機械科가 精密工學科로 精密機械學會가 精密工學會로 명칭변경을 하고 있다. 精密工業은 그 시대 기술의 첨단을 걷는 공업이며 관여되는 기술분야도 복합적이기 때문에 개념을 잡기가 곤란하다는 질문이 많이 생긴다. 특히 현대에 와서 機械와 電子工學的 複合要素가 많아졌기 때문에 日本人들은 mechatronics라는 日本英語를 창조해서 쓰고 있다. 이 mechatronics가 精密機械를 상징하는 매우 적합한 명칭이라고 볼 수 있다. 精密工業은 대별해서 두가지 Category가 있는데, 첫째는 본질적(機能指向的)으로 특정한 精密性を 유지하지 못하면 그 기능을 발휘할 수 없는 機器들을 생산하는 산업인 것이다. 半導體 分野에서 예를 들자면 1~2 μ m 정도가 되고 靜密加工이 되지 못하면 LSI는 제 기능을 발휘할 수가 없다. 材料的인 面에서도 fine ceramics, fine chemical 등이 있으나 이들은 주로 재료나 化工系列에서 취급하는 精密工業인 것이다. 둘째로는 정밀할수록 성능이 향상되고 경제적 가치 혹은 附加價値도 향상되는 機器들을 말한다. 일반적인 計測機器나 光學機器들은 그 정밀성에 따라 指數函數的인 가격차가 있음을 잘 아는 바이나 삼파루 같은 것은 여하히 정밀하게 제작했더라도 그 경제적 價値向上은 기대할 수가 없다. 미세한 機器만이 精密機械인 것이 아니고 工作機械, 印刷機 등은 대형기계이면서도 정밀기계이고 많은 兵器들도 그러하다. 이처럼 精密性이 한없이 要求되는 機械工業은 근대에 와서 他工業과의 복합성을 많이 띠고 있으므로 마침내 精密工學이라는 광범위한

■精密工業의 어원과 내역

模倣단계 벗어나

創造性 지향해야



金光植
(漢陽大工大敎수 · 機械工學)

이 글은 지난 8월 26일부터 27일 2일간 한국기술사회가 실시한 기술사 보수교육에서金光植敎수가 강의한 내용이다. ...(편집자 註)

명칭이 사용되어 오고 있다. 따라서 精密機械는 Analysis 보다 Synthesis를 중요시하는 특징을 가지고 있고 현재 보다는 미래지향적이고 창조적인 工業이라고 말할 수 있을 것이다. 현대의 精密工業은 未來에 가서는 보편화된 公業으로 輪廓된다. 그러므로 이와 같은 工業技術은 항상 첨단기술에의 도전이 될 것이다. 선박이나 內燃機關과 같이 고유의 명확한 기능을 가지고 있는 기계들은 精密機械라 할 수 없지만 그 機能向上을 위해서는 역시 정밀기술의 꾸준한 적용이 있어야 할 것이다. 우리나라와 같이 부존자원이 부족하고 人口密度가 조밀하면서도 地震, 氣候 등의 環境條件이 양호한 나라에서는 모든 기술분야를 정밀, 고도화시키는 것이 Swiss국과 같은 고도화된 국가사회를 이룰 수 있는 첩경이 될 것이다. 왜냐하면 정밀기술은 항상 첨단분야를 주도하는 기술이면서 附加價値가 높기 때문이다. 精密機械工業이나 精密工業을 발전시키기 위해서는 꾸준한 研究投資가 國家와 民間機關에 의해서 이루어져야 할 것이고 조금이라도 고삐를 늦추게 되면 他國의 추월을 받을 것이다. 진정한 첨단기술은 결코 模倣技術이 아니고 창조기술이므로 꾸준한 창조성과 미래지향성이 연구에서 결핍되면 달성하기 힘든 분야라 할 수 있다.

◇現代 機械技術의 特性

1930년대 이후부터 성취한 科學上的 大發展 相對性理論의 배경을 기술화한 것을 제외하고는 생산의 管理技術, 自動化로서의 大量生産體制를 확립해 왔다는 것 정도가 현대 機械技術의 특성이라고 생각된다. 1960년대에 Transistor가 개발되었을 때는 이미 이들 素子の 출현이 예측되었던 것이고, 다만 System的 성공으로 얻어진 결과에 지나지 않는다. 이제 電子計算機器는 대폭 발전해서 20년 전에 비해 價格은 100분의 1 정도가 되었고 IC로부터 LSI로, 또한 층 나아가서 Super LSI 등이 개발되고 있으나 두뇌와 같은 기능을 발휘하는 즉, 인식·판

단 그리고 思考를 할 수 있는 綜合的 能力 등을 지니는 電子計算機는 아직 만들어지지 않고 있다. 科學上的 大成果라고 알려진 달 여행으로 상징되는 宇宙開發도 古典力學, 既存科學技術을 극한까지 이용한 것이지 새로운 것이라고도 볼 수 없다. 즉, Apollo 계획은 20만명의 科學技術者를 동원한 거대 Project에 적용되는 Network System인 PERT(Performance Evaluation and Review Technique)아래에서 각각 세분화된 部分研究를 일정한 방향으로 계속시킨 성과라고 볼 수 있고 진실한 뜻에서 새로운 것은 아니다. 이와 같은 사정에서는 科學上的 중대한 발명이나 발견같은 것이 없을 뿐 아니라 기술상의 흥미를 자아내는 창조도 생겨날 수 없음이 명백하므로 技術革新은 停滯狀態에 빠져 있다. 다만 機械技術은 ①高速化, ②兩極化, 그리고 ③自動化 및 System化에 의한 大量生産體制로의 발달이 뚜렷해지고 있는 실정이다. 이러한 현대 機械技術의 특징으로부터 精密機械部分이 차지하는 분담내용을 살펴보기로 하자.

○高速化 傾向

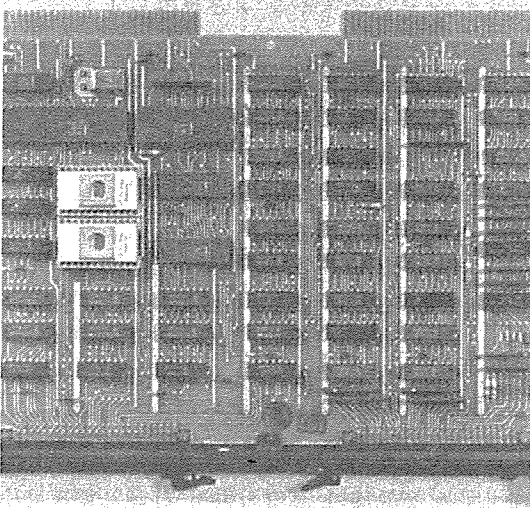
機械의 高速化에 대한 실정을 살펴보면 飛行體가 mach 4까지의 속도로 비행할 수 있게 되어 小統彈丸보다 훨씬 빠른 속도가 된다. 齒科醫師가 사용하는 整形drill의 回轉速度는 50만rpm이 되고 反撓磁石力을 이용한 Bearing에 설치한 回轉體는 이미 100만rpm까지도 낼 수 있게 되었다. 自動車 機關의 최대 回轉速度도 1940년대에 비하여 약 2 배로 증가된 6000~7000rpm을 내고 있고, 各種工場의 生産速度는 약 10년간에 2~4 배가 증가되었다. 이것은 工場機械의 構成과 技術 System에 대한 原理的인 改革에서 얻은 것이 아니고 設計製作의 合理化와 精密化에 따른 고속으로부터 얻어진 결과이다. 이와같이 高速화된 機械를 조작하는 사람들은 한시라도 기계에서 눈을 돌려서는 안될 실정이다. 이와같이 高速화된 機械라는 것은 한마디로 말해서 精密하게 설계·가공 및 조립된 機械이므로 機械 各부가 力學的으로 정교하게 균형을 갖추

도록 보정된 결과이다. 그러기 위해서는 設計自体가 力學的으로 잘 해석되어야 하고, 적절한 재료를 사용하며, 그 加工度가 극히 정밀해야 하므로 μm order 뿐만 아니라 nm order 까지 도 도전되어 가야 한다. 이에 따른 工作技術이라는 것은 거의 한계에 도달되어 있다 하여도 故障가 아니며 여러가지 精密加工機나 測定器가 있다 하여도 μm 또는 nm order에의 도전은 예술에 있어서 名人의 演技와 마찬가지로 機器에만 의지할 수 없는 感覺의 問題를 내포한다.

바로 이와같은 감각을 가지고 행동하고 평가하고 사고할 수 있는 高級人力이야말로 이 高速化 産業을 지탱해 갈 수 있는 가장 중요한 사람들인 것이다. 設計圖上에 간단히 그려진 한 가닥의 선도 충실히 그것을 구현하기 위해서는 얼마나 어려운 단계를 많이 거쳐야 할지 모른다. 高速化는 바로 精密化와 직결되어 있는 개념이고 精密工業으로부터의 소산인 것이다. 이미 만들어져 있는 機械들도 보다 高速화된 것으로 발전되어 가기 위해서는 機械各部의 면밀한 力學的 再檢討가 이루어져야 하고 機構, 材料, 潤滑油 그리고 制御 등이 잘 균형되게 정밀히 조정되어야 할 것이다.

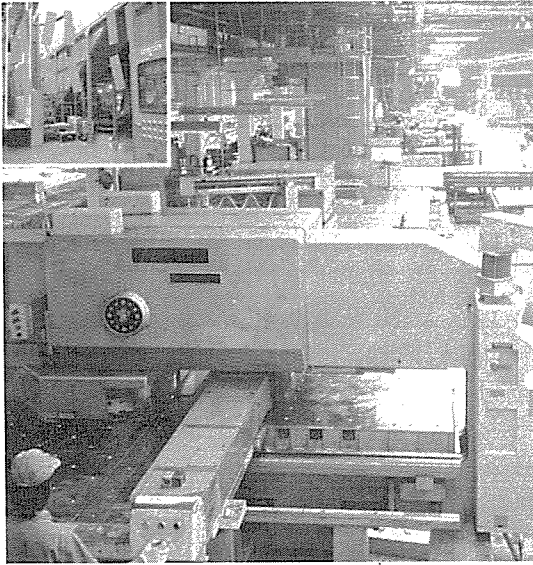
○兩極化 傾向

構造物 生産施設 또는 輸送機關 그리고 電子



機器들은 거대 및 微少化되고 있는 兩極性을 띠고 있다. 따라서 이를 뒷받침 하거나 주도하고 있는 機械類도 兩極化되고 있다. 이미 造船에 있어서 1960~1970년대에 걸쳐서 大型化 傾向이 생겨 50만톤에서 100만톤까지도 만들 수 있게 되었다(現代造船 등도 이 추세에 맞추어 dock건설이 되었다.) 그러나 建造費나 運賃에 있어서 20만톤 이상의 船舶은 특별한 merit가 없고 너무 大型化하면 韓國-Arab를 연결할 경우 maracker 海峽 통과가 곤란해서 Romboy 海峽을 지나가야 하므로 도리어 運賃負擔이 커지게 된다. 그래서 scale merit가 없어져서 大型化는 20~30만톤으로 한계를 가지게 되었다. LD 轉爐는 日産 11,500톤 이상의 것은 만들 수 없다고 한다. 그 이유로는 爐内の 通風確保, 爐底壓力, 爐體冷却, 코크스強度, 原料의 均一裝入 등의 문제점 때문이다. 결국 새로운 製鐵法이 발견되지 않는 한 이것이 그 한계점 이라고 볼 수 있다. 極小化의 動向에 대해 말하고자 하는 것은 두가지 종류가 있다. 일반적인 機械에서 그 출력에 비해 機械의 重量이나 容積이 점차로 小型化되어 간다는 것이고, 또 하나는 半導體分野처럼 μm 單位의 요소들이 현재 생산되고 있다.

2000년대에는 Super LSI의 크기는 線幅으로 해서 $0.5\mu\text{m}$ 정도가 요구되리라는 전망이다. 이들을 가공하기 위해서는 현재 주로 사용되고 있는 紫外線을 이용해서 mask에 그려진 pattern을 찍어내는 方法에서도 $0.5\mu\text{m}$ 정도는 加工할 수 있지 않은가 보고 있다. 그러나 加工物에 대한 평가와 안정된 재생기술이 동시에 요구되며 nm (nano meter) 정도의 10^{-9} order의 안정된 측정장치의 출현이 필요하게 될 것이다. 10^{-9} order라 해도 실제 이를 측정하고, 제어하고, 조정하는 기술은 현재로서는 거의 극한에 도전하고 있다고 본다(原子의 크기는 $10^{-10}\text{m}=0.1\text{nm}$ 이다.). 여기에는 여러가지 곤란과 어려움이 있는데 특히 이런 일을 해낼 수 있는 人力을 養成하고 敎育하고 그 기술을 전승케 하는 것이 현재 매우 중요한 문제라 할 수 있다.



이와 같은 극한점에서의 인간의 최고 능력을 발휘하는 경우는 역시 감각적인 문제가 되리라 생각한다. 한편 $0.5\mu\text{m}$ 정도의 미세 크기의 반도체加工을 함에 있어서는 環境管理가 절대적이며 이것이 없이는 여하한 방법도 nm order의 가공과 측정에 성공할 수 없음을 잘 알아야 할 것이다. 온도, 기압, 먼지, 振動騒音, 濕度 등을 종합적으로 생각지 않으면 안된다. 실용적으로 가능한 溫度制御는 0.1°C 정도여서 熱膨脹으로 인해서 생기는 오차의 補正問題를 잘 해 나가면 $1/100\mu\text{m}$ 의 오차도 感知補正될 것 같다. 진동 뿐만 아니라 소음까지도 nano meter 측정에 영향을 주는 것은 명백하며 이와같은 超精密感知技術은 바로 尖端技術이 된다. 金屬의 熱膨脹係數는 대체로 10^{-5}K^{-1} order이기 때문에 10mm의 길이는 1K도의 변화에서 100nm변화한다. 만일 이를 1nm 이하로 유지하려면 溫度變化는 1mK 이내가 되어야 한다.

이와 같은 溫度制御는 현재 불가능하며 nm측정에 앞서 해결해야 할 어려운 부분이다. 또 防振對策이 필요한 것은 말할 것도 없다. 市販하는 高性能 防振台를 사용하면 만사가 해결되는 것이 아니다. 일반적으로 裝置全體의 加速度보다는 要素 相互間의 相對變位가 문제되는 것이 많으므로 防振의 基本對策은 장치의 彈性特

성을 파악하고 그 固有振動數로서 勵振되지 않아야 하는 것이 絕對條件이다. 장치가 소형화 되면 필연적으로 固有振動數는 높게 되므로 바닥 振動이나 音響對策이 필요하다는 것을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. nm計測에서는 幾何學的 量 이외에도 대상의 物理的 特性에 대한 계측과 평가가 중요한 技術的 課題가 될 것이다.

nm計測에서 앞으로 개발을 진행해가는데 필요한 기술로서는 非接觸測定法, probe素子の 小型化 및 應答의 高速化가 이루어져야 한다. 對象이 微細化할수록 probe를 機械的으로 접촉하는 것은 곤란해지고 또 접촉으로 인한 負荷效果가 과대해지면 對象物이 손상된다. 또 高速應答의 處理에도 Computer의 도움이 유력한 방법이라는 것은 말할 것도 없다.

○ 自動化와 大量生産体制

現代 技術體系에서 중요한 특징의 하나는 大量生産方式 및 管理技術의 출현이다. 武器의 대량생산 때문에 고안된 互換生産方式, Taylor System, Ford System이라고 알려진 발전된 관리기술은 오늘날의 大量生産方式의 기초가 되었다. Ford에 의한 Conveyor-System은 당시 독일에서 재료로부터 完成車까지 180일이 요하던 것을 美國의 Ford 自動車會社에서 2일로 단축시킨 방법이다. 이와 같은 흐름 System은 機械式 大工場의 출현을 유도했고 手工業이나 人間の 리듬에 의한 생산을 機械 리듬으로 바꾸는데 기여했으며 Conveyor의 흐름에 인간을 종속시키는 결과가 되었다. 이렇게 해서 美國과 같은 大資本會社들에 의해 技術體系와 管理技術이 특별히 발달된 것이다. 이러한 大會社의 研究所에서도 그 指導者는 大學으로부터 선발한 科學者나 技術者로서 구성된다. 機械製作의 흐름 작업에는 작업의 자동화가 수반되어야 하며 이 영역의 技術發展은 상당한 여지가 있다고 본다. 자동화라는 것은 좁은 의미에서는 原動機-傳動機-作業機의 機械體系에서 Feed-Back제를 포함한 自動制御系의 삽입을 말한다. 이제까지는 電算機가 高質이어서 하나의 電算機를

여러개의 기계에 결합해서 control하는 방식이 취해져 왔다. 그러나 이제부터는 Super LSI라는 論理素子の 超微細化, 低廉化에 따라 小型化된 自動制御機器가 출현하고 電算機는 각 기계에 하나씩이 아니라 각부에 삽입되어 자동화는 구석구석까지 이루어지게 될 것이다.

이상과 같이 다소의 예외가 있으나 高速化, 兩極化, 自動大量生産System화라는 機械産業發展은 거의 극한에 달해 가고 있다고 해도 무방하다. 새로운 획기적인 이론이 나오지 않는 이상, 국부적으로 혹은 매우 낮은 속도로 漸進的인 발전이 되어가는 하나 오늘날의 機械技術은 대체로 봐서 정체되는 국면을 가질 것이라고 말할 수 있다. 그러나 精密機械分野는 한없는 미래에 도전해서보다 효과적이고 효율적이며 생산적인 기계 및 장치를 얻기 위해서 지속적 발전이 계속될 것이 틀림없다. 이것이 바로 高度産業國家에서 독자적으로 창조해 나가는 技術分野가 되는 것이다. 현재 우리의 모방기술이 점차 국제적으로 한계성을 드러내고 있는 이 시점에서 精密分野를 置重開發해 나가야 함은 지극히 당연하고 중요한 國家的 課題이라고 말할 수 있다.

◇工作機械의 將來

장차 工作機械가 발전되어가는데는 두가지 方向이 있다고 생각된다. 다시 말해서 二極分화라는 말을 사용하는데 하나는 소위 극한 微細部分을 가공하는 極限加工이고 다른 하나는 FA, FMS 분야라고 말할 수 있다. 하지만 이들 工作機械도 중국에는 상품으로 발전되어야 하므로 수요를 신장시키는 것이 중요한 문제이다. 즉, 工作機械로 가공되는 對象物品이 人間社會에 얼마나 필요한지에 따라 결정되는 수요를 신장시켜야 한다. 超精密, 極微少分野에 있어서는 半導體産業에 의한 수요와 핵융합과 같은 核energy의 개발, 宇宙航空開發에 필요한 부품의 超精密加工에 의한 需要를 들 수 있다. 현재 우리나라에서는 이러한 加工機械를 100% 外國製

에 의존하고 있는 실정이므로 하루속히 부분적으로라도 개발이 돼야 장래가 약속되지만 그렇지 않으면 기술적 자립을 얻을 수 없을 것이다. 반면에 技術主導型産業의 발전에 따라 工作機械의 方向이 변화될 것이고 또 새로운 技術開革의 파급효과로 인하여 변화되리라 생각한다. FA, FMS의 발전방향은 어느 정도 예상되지만 超精密, 超微細加工에 대해서는 전혀 창조적이고 독자적인 것이므로 예측을 불허한다. 또 新素材인 FRP, FRM, fine ceramic과 같이 切削하기 힘든 材料, 精度를 낼 수 없는 재료의 가공에 대해서는 어떤 工作機械를 사용해야 하는가도 문제시된다. 그러나 설명의 대상을 半導體 또는 핵energy 관계의 超精密加工에 한정하면 대체로 0.1 μ m 정도의 形狀精度가 요구되는데 그 면의 精粗度는 보다 낮아서 0.05 μ m 또는 0.03 μ m까지 도전하고 있다고 한다. 이것도 球面이 아닌 대체로 단순한 형태의 平面加工에서나 가능성이 있지 3차원적인 것이 되면 한계에 와 있다고 보여진다. 발전을 위해서는 工作機械 자체 다시 말해서 Hardware로서의 品質向上을 기해야 함은 물론이고 동시에 Computer를 이용하여 intelligent한 기계를 구성하지 않으면 안된다. Computer를 이용하기 위해서는 超精密計測이라는 것이 문제가 되므로 運轉中인 工作機械가 현재 어떤 운동을 하는지? 어떤 精度를



내는지를 측정하면서 補正을 해가는 방식이 필요해 질 것으로 예측된다. 동시에 그들 工作機械를 作動하는 환경도 매우 중요하므로 空氣中の 먼지를 제어한다든가 온도, 습도를 조정한다든가 하는 것이 필요하게 되리라고 생각한다. 卽, 環境整備技術의 발전도 꼭 수반되어야 한다.

最近 半導體分野의 가공에서 바로 工作機械의 運動狀態를 측정하면서 이를 수정해 가는 방식이 取해지고 있으나 이때 얻어진 극한적 精度 이상의 오차를 電子的으로 수정해 가면 현재보다 더 나은 精度를 얻을 수 있는 工作機械들이 장차 출현하게 되리라 생각한다. 그래서 μm 精度에서 nm 精度로 발전해 갈 것이다.

◇計測技術의 現況과 問題點

超精密 加工技術中에서 計測技術이 따라가지 못하는 매우 중요한 문제로 되어 있음이 명확하다고 생각한다. 문제점은 두가지로 대별되는데 하나는 高感度の Sensor나 detector에 관계되는 것이고, 또 하나는 넓은 범위의 측정을 가능케 하는 System에 관계된 것이다. 이러한 문제들을 잘 combine해서 nm order의 측정까지 가능하도록 하는 것이 당면한 測定技術의 목표가 될 것이다. 가공은 되었는데 計測이 정확치 못해서 문제가 되는 경우가 더러 있다. 일종의 상대치만 가지고도 해결되는 경우가 있겠지만 절대치가 필요한 경우도 있고 꼭 絕對尺度뿐만 아니라 參考尺度로서도 해결할 수 있을 때도 있다. μm order로부터 nm order로 넘어가면 幾何學的 크기만을 제어하는 안되게 되는데 그것은 표면의 구조와 成分狀態等의 特性變化를 고려한 측정이 되어야 하기 때문이다. 이런 점에 또한 어려움이 생기게 된다. 高感度の 檢出問題에서는 또 Linearity와 Re-Productibility가 測定信賴度와 range 확대에 큰 문제가 된다. 이러한 檢出部 특성의 정확성이 없으면 測定評價의 신뢰성이 크게 의문시 된다. 따라서 단순한 有效數字의 제시 만으로는 안되고 恒時 誤差의 概念과 일치된 측정치가 소망되는 것이다.

半導體의 경우를 생각하면 成膜技術等에서는 分子 크기의 두께膜을 만들어야 하지만 그 評價技術이 완전히 되어 있지 않아서 물건은 만들어도 평가 또는 제어가 거기까지 미치지 못하고 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해서는 計測技術의 이론적 뒷받침이 필수적이다.

精密測定器에 있어서 Computer의 활용이라는 점은 금후에도 계속적으로 발전되어 갈 것이 틀림없는 일이지만 이것과 병행해서 精密計測器 자체가 電子技術, 光學技術을 구비한 기계가 되기 위해서는,

① 高精度化, 高分解能化, ② 加工과 組立과의 結合, ③ 單能한 萬能의 極限化, ④ 操作의 簡便化, 自動化, ⑤ 高速化, 高能率化, ⑥ Compact化, ⑦ 非接觸測定化, ⑧ 複合測定化 등과 같은 조건을 충족해야만 한다.

複合測定の 한 예로써, 精密길이 測定에서는 온도, 습도, 기압측정이라는 것은 불가결하며 이 장치를 복합시킨 測定值만이 高精度를 얻을 수 있다. 이와 같이 서로 다른 내용의 측정이 적당한 시간간격으로 취해진 Sampling과 합해져서 測定 精度의 향상이 도모될 것이다. 그리해서 측정의 복합화와 더불어 檢出器의 발전과 data처리법에 의하여 보다 정밀한 측정결과를 얻을 수 있을 것이다. 가공과 測定器의 결합 또한 중요시될 것이다. 測定器의 현장이용도가 빈번하고 넓어짐에 따라 가공물과 측정기를 분리해서 사용하는 것보다 결합해서 사용하는 것이 유리하다. 非接觸測定에서는 高精度面의 微少變位測定 및 반사 Pattern 처리에 대한 방법으로 高速 精密測定이 실현될 것이고 輪郭形狀의 畫像處理技術을 包含한 光技術을 이용한 3次元測定도 실현되어 갈 것이다. 精密測定은 精密의 기초이며 그 발전은 무한한 것으로 전망된다.

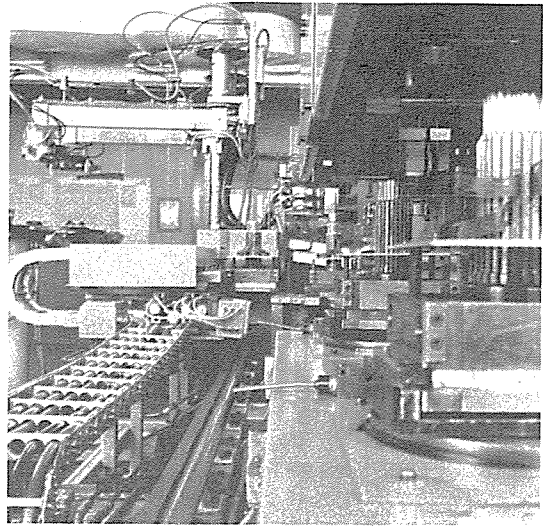
機械電子, 光學의 상호결합으로부터 보다 향상된 精密計測이 성취되리라 추측된다.

◇Robot의 將來

精密機械의 하나로서 현대에 와서 크게 주목

을 끌고 있는 Robot에 대해서 한마디 하고자 한다.

道具-作業機-機械-自動機械-Robot System이라는 일련의 발전과정은 인간수족의 연장과 확장 그리고 人間神經系統의 外在化와 같이 인간의 機能代替라는 방향으로 발전되어 오고 있다. Robot의 지능은 Decart가 분리한 정신과 육체에서 인간의 정신적 기능을 바로 대행할 수는 없고 기계에 속하기 때문에 육체적 부분을 담당케 한다. 즉, Robot는 자주적이지 못하고 의지를 갖지 않는다. 단지 인간이 만든 Software-Programing에 따라서 행동하는데 지나지 않는다. 진정한 사고에서 불가결한 자기의식을 가지지 못하고 자연과 자기를 對象化시킬 수 없는 타율적 존재에 지나지 않는다. 그러면서도 Robot의 출현이 警威를 가지고 거론되는 이유는 특정부분에서는 인간과 같거나 혹은 그 이상의 역할을 할 수 있는 가능성이 점차로 농후해지기 때문이다. 部分機能化라는 관점에서는 인간을 더 앞지를지도 모르는 실정이다. 다만 인간은 종합적으로 판단해서 工場勞動이나 事務勞動 또는 創造的인 일 및 研究등은 할 수 있기 때문에 이런 일 전부를 Robot가 대체할 수는 없다. 연구나 醫師業務等도 routine化되어 있는 것은 Robot화할 수 있다. 이는 고성능, 미세Computer를 Robot 각 부위에 내장시켜 Control함과 동시에 강력한 동력으로 움직이는 기계도 Robot로 대체 가능해지고 있기 때문에 Robot로 인한 인간 勞動失業問題가 현실적인 위협이 되고 있다고들 이야기 한다. 그런데 근대 기계문명이 라면 인간의 노동기능을 석유나 석탄을 이용한 기계로서 대체해 왔던 것이다. 지금의 Robot는 종래의 기계가 최고로 발전해 온 형태로서 인간의 手足運動과 腦機能을 대체하는 것이며 종래의 기계와는 비교가 안될 정도로 합리화되어 있다. 반면에 기계로서 고도화하면 할수록 Energy의 개념에서는 효율이 낮아진다는 점도 잊어서는 안된다. 즉, 50kg체중의 인간이면 30kg정도의 물건을 조작할 수 있지만 같은 중량의 Robot는 3kg 정도의 물건밖에 조작하지 못하므



로 효율이 떨어진다. Robot는 Energy 면에서 보면 매우 효율이 낮은 인간 勞動代替 自動機械라고 말할 수 있다. 동시에 Robot는 전면적으로 인간과 대체될 수는 없으며 항상 인간의 감시를 받아야 하므로 인간과 같은 정도의 미소한 운동이나 종합적 판단은 할 수가 없다. 인간은 점차 복잡한 물질로 형성되어 온 우주의 全發展史에서 그 최고의 발전형태에 속하고 大自然의 오묘한 비밀은 아직도 많은 부분이 베일에 쌓여 不可解한 것으로 되어 있다. 여기서 아직도 종교가 존재하는 충분한 여지가 있다. 이와 같은 大自然의 신화에 비하면 Robot는 비교할 수 없는 유치한 단계에 접어들어 있다. 일을 기능에 떠맡기므로 해서 다만 인간의 노력을 감소시키는 것이 진보라고 생각하는 競爭原理에 입각한 經濟社會에서는 Robot가 局部的 優位를 가지면서 인간으로부터 노동과 일을 빼앗아 인간을 황폐시킬 염려가 있다. Robot는 어디까지나 인간의 보조역할을 하는 것이므로 일이나 동을 전면적으로 Robot에 유지하려고 하는 인간에게는 미래가 없다. 인간과 자연과의 관계 그리고 인간과 기계 Robot와의 관계에 대한 정확한 인식과 철학을 가져야 하며 그와 같은 인식과 철학이 결여되면 인간은 자기 자신을 잃어버리게 되어 찾을 수 없는 미로에서 헤매면서 끝없는 늪속에 떨어져 갈 것이 분명하다.