

신기술 정보*

沈載哲**

전기·전자 기술

반도체 나노細線 형성 기술

히타치(日立)製作所の 중앙연구소는 굵기가 10 nm(1 nm=1/1000 미크론)로 極細한 반도체 細線의 형성 기술을 확립하였다. 結晶 기관상에 金微粒子를 증착해서 원료 가스를 공급하면 반도체가 위스커狀의 結晶을 형성하여 식물같이 수직 방향으로 성장하는 것에 착안하고, 그 현상을 이용해서 세선의 성장 위치나 굵기, 길이를 조절할 수 있도록 하였다. 지금까지 極微細로 질 좋은 세선을 만드는 것은 기술적으로 어려웠기 때문에 새로운 전자 소자의 개발은 곤란하였지만 이 형성 기술의 확립으로 가능케 되었다.

반도체는 미세 가공 기술의 진보와 軌를

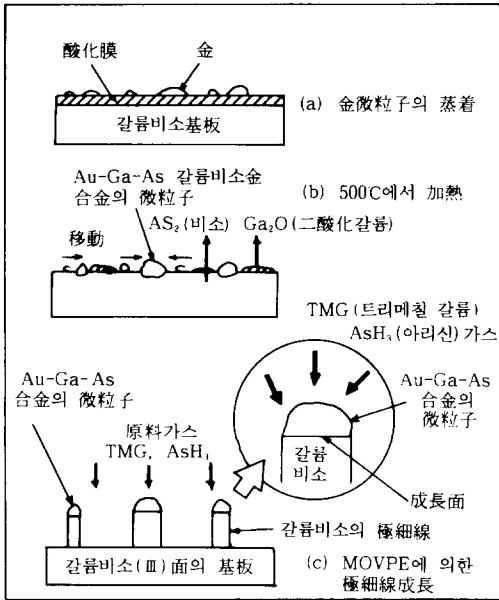
같이 하여 고집적화가 진행되고 있다. 이에 따라 전자가 흐를 수 있는 선의 폭은 현재로는 1 μm(미크론)이지만 보다 한층 미세화가 연구되고 있다. 길이가 전자의 파장이 이하가 되면 「量子 사이즈 효과」라고 불리는 전자의 특수한 현상이 나타나기 때문이다. 이 현상을 응용한 것이 量子 效果 素子이다. 예를 들어 이 소자를 이용해서 발광 효율이 높고 소비 전력이 월등이 적은 반도체 레이저를 만들 수 있다.

다만 양자 사이즈 효과를 얻기 위해서는 선폭을 100 nm~10 nm까지 가늘게 할 필요가 있다. 이를 위해 지금까지 여러가지 소자가 연구·발표되고 있는데 量子 細線도 그 하나이다. 반도체 세선이라고도 불리는 그 속에 전자를 흐르게 하면 종래의 반도체와 비교해서 속도가 비약적으로 향상하는 외에 전자 디바이스에 적용하면 새로운 형태의 초고속 능동 디바이스나 평행으로 배치한 세선간 신호를 초고속으로 주고 받는 형태의 개발도 가능하다.

* 본 자료는 TRIGGER(1994. 11. 12.)와 「日刊工業新聞(1994. 10. 26.)」의 내용을 발췌·정리한 것임.

** 현대경제사회연구원 수석연구원, 미국 Texas A&M대학교 공학 석사, 산업공학 전공.

<그림 1> 細線 성장의 원리



또 이 개발에는 超LSI 등 반도체의 회로 패턴의 미세화와 무시할 수 없는 양자 효과 수준도 배경이 되고 있다. 나노 수준의 極細線 등을 개발하지 않는 한 고성능화도 한계에 달할 수 밖에 없는 상황이 되고 있다.

양자 세선의 제조법에는 현재 반도체의 가공 기술을 이용하는 에칭(食刻), 반도체의 원자를 한개 한개 겹쳐 쌓는 段差面에의 성장, MOVPE(유기 금속 기상 화학 성장법)에 의한 선택 성장을 들 수 있다.

이 가운데 에칭이 압도적으로 많이 이용되고 있지만 이 방법으로 만드는 선폭은 0.3~0.1 μm가 한계로 그보다 가늘게 하는 것은 곤란하며, 가공할 때 세선의 측면을

깎기 때문에 그 측벽에 오물이나 흡집 등의 손상이 남아 양질의 세선 제조가 어렵게 된다. 또 에칭 외의 기술에서는 세선이 기관에 평행으로 밖에 형성될 수 없는 등의 어려움이 있다.

이러한 점을 토대로 同연구소에서는 종래 기술의 개량에 더해 다른 각도에서 접근함으로써 반도체 나노 세선의 새로운 제조 기술을 확립하였다.

이번에 개발된 기술은 MOVPE에 의한 針狀結晶成長法이다. 그 성장 메커니즘은 다음과 같다.

갈륨비소 기판상에 金微粒子를 증착시켜 섭씨 500도로 가열하면 金이 갈륨비소와 반응하여 합금이 된다. MOVPE를 이용해서 TMG(트리메틸갈륨)과 AsH₃(三水素화 비소)로 구성되는 원료 가스를 공급하고 종래의 膜成長 때보다도 저온으로 반응시키면 합금은 촉매와 같은 움직임을 보이고 갈륨비소의 結晶이 위스커狀에 신장하는 것을 지원한다. 이 결과 미세한 위스커 結晶이 얻어지게 된다. 깎는 공정이 없기 때문에 양질의 세선이 효율 좋게 만들어진다. 인지 음비소에서도 같은 현상을 보이고 있다.

結晶 成長에는 金微粒子의 존재가 중요하기 때문에 이것을 둘 장소나 양, 반응시의 온도 등을 조절함으로써 위스커의 위치

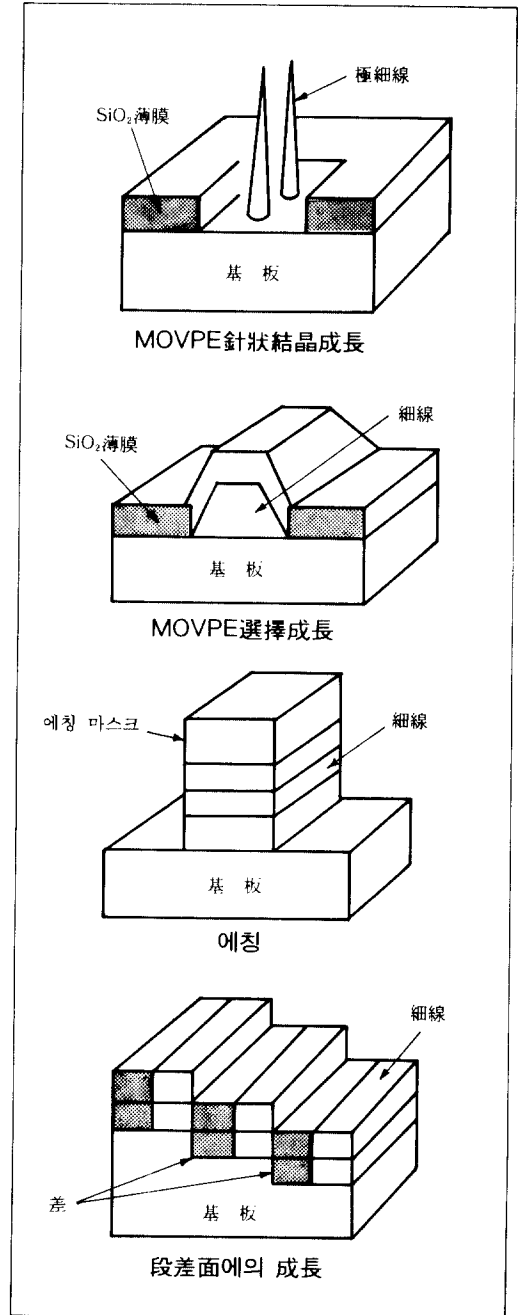
나 굵기, 길이, 형상을 자유롭게 선택할 수 있다. 기판상에 형성된 이산화규소 막에 電子線 描畵法으로 極微小한 구멍을 뚫고 이것을 마스크로서 金을 증착시킴으로써 목표하는 위치에 목적하는 굵기와 길이의 細線이 만들어진다.

갈륨비소와 인지움비소에 의한 헤테로 접합(異種의 반도체 접합으로 양자 효과를 제어하는데 필요함)에서는 組成 변화가 5 nm의 대단히 좁은 영역에서 일어난 결과, 極細線 結晶의 긴쪽 방향으로 組成을 임의로 변화시키는 것이나 p-n 接合 形成도 가능케 되고 있다. 또 기판 結晶 面方位의 방향을 선택함으로써 결정의 성장 방향을 수직 이외에도 변화시킬 수 있다.

반도체 細線은 次世代 電子 素子の 개발에는 없어서는 안되는 소재이지만 지금까지 나노 오더에서의 세선화 기술에는 一長一短이 있었다. 이번에 새로운 기술이 확립됨에 따라 量子 細線을 이용한 소자가 再現性 좋게 형성될 수 있게 되었다.

同연구소에서는 이것을 기초로 신형의 초고속 전자 디바이스의 개발이나 세선간의 터널 효과를 이용한 多 입력·多 출력의 병렬 신호 처리가 가능한 소자 등 차세대 정보 네트워크의 구축을 리드하는 신개념의 소자를 개발하고 있다.

<그림 2> 반도체 細線의 형성 기술



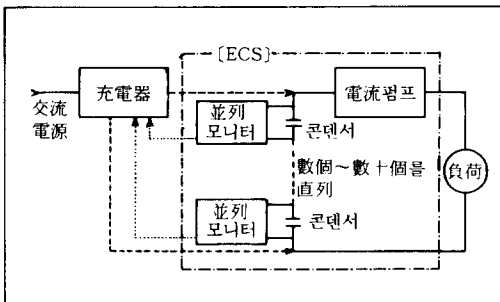
콘덴서와 전자 회로로 합성한 新電池

콘덴서와 전자 회로를 조합시켜 만든 전혀 새로운 전지가 최근 실용화되고 있다. 오카무라(岡村)연구소가 파워시스템과 日本電子의 협력을 얻어 개발한 ECS(에너지 캐패시터 시스템)이라고 부르는 신형 物理電池가 바로 그것이다.

ECS는 종래의 전지와는 달리 전기를 축적하는데 화학 반응을 이용하지 않는다. 구조는 <그림 3>과 같이 대용량의 전기 2重層 콘덴서와 전자 회로를 조합시켜 만든다.

충전기는 병렬 접속되고 있는 각 콘덴서에 破線의 경로로 전류를 흘려 충전한다. 병렬 모니터는 각 콘덴서를 모니터하고 모든 콘덴서에 최대 한계까지 충전할 수 있도록 點線의 경로로 충전 전류를 제어한다. 또 전류 펌프는 負荷를 운전하기에 필요한 전압, 전류를 콘덴서에서 低손실로 빼내는 구조로 되어 있다.

<그림 3> ECS의 구성



이에 따라 大容量型에서도 15분만에 완전 충전할 수 있고 1만회 이상의 充放電 사이클에 견딜 수 있다고 한다. 출력 전압은 전자 회로의 작용으로 언제나 일정하고 내부 콘덴서의 전압때문에 잔량은 정확히 표시될 수 있다.

콘덴서를 에너지 축적에 사용하는 구상은 종래부터 있었지만 2차 전지를 보강하는 정도에 머물러 있었다.

ECS는 전기 二重層 콘덴서에 있어서 그 내부 저항을 희생하는 대가로 靜電 용량을 4배로 늘리고 더구나 4배의 효율로 充放電하는 전자 회로를 합쳐 2차 전지의 특성을 합성하였다. 그 결과 에너지 밀도는 종래 콘덴서의 약 16배가 되고 중간 시작품인 100 Wh 모델에서도 鉛전지로 환산하여 약 20 Wh/kg으로 약 절반 정도이다. 그러나 시작품을 개량함으로써 장래는 鉛전지를 능가하는 에너지 밀도를 곧 실현할 것으로 보인다.

ECS의 고안자인 오카무라연구소의 사장은 다음과 같이 말하고 있다.

“2차 전지의 약점이라고 할 수 있는 수백회 정도로 끝나는 짧은 사이클 수명이나 충전 시간이 오래 걸리는 것은 전기 에너지를 화학 반응을 거쳐 축적하는 동작 원리 때문이 아닐까라고 전부터 생각하고 있

었습니다. 어느 겨울 아침, 들고양이를 잡아서 플라스틱 책받침으로 문질렀더니 1만 볼트의 정전기가 일어났습니다. 그래서 이러한 물리 현상을 이용해서 전기를 축적한다면 充放電 사이클 수명이 길게 되고 충전이 빠른 물리 전지가 가능하다고 생각하였습니다. 그렇지만 물리 전지는 축적해 두는 전기량이 많으면 부피가 커지는 중대한 결점이 있고, 絹이나 모피로 축적한 전기는 소형으로 하거나 억지로 저장하려 한다면 어딘가로 없어져 버리게 됩니다.

그래서 착안한 것이 絶緣膜의 양측에 電荷를 모우는 콘덴서였습니다. 절연막은 얇을 수록 용량이 큼니다. 게다가 導體를 전해액에 담그면 界面에 분자가 1층으로 늘어서고, 그 외측 층과의 사이에 자연스럽게 절연막이 생성되는 2중층이라 불리우는 현상이 일어나는 것이 지금부터 100여년 전에 발견되었습니다. 이 막을 사용한 콘덴서는 이미 제품화되고 있기 때문에 그것을 이용한다면 간단히 만들 수 있다고 생각하였습니다.

그러나 콘덴서가 전지 대용이 된다면 왜 누구도 만들지 않는 것인가. 그 이유도 곧 알게 되었습니다. 동일한 에너지를 축적하는데 전지에 비해 20배 무겁고 40배나 부피가 커져버립니다. 400 kg의 鉛전지에 질리고 있는 전기 자동차에 8 톤의 콘덴서를 탑재하기는 불가능합니다.

그런대로 數倍라면이라고 생각한 바로 그때 돌연히 스치는 것이 ECS 구상이었습니다. 전자 회로를 사용함으로써 지금까지 유효하게 출입되고 있지 못했던 콘덴서의 전력을 3~4배로 높일 수 있게 되었습니다. 그 후 콘덴서의 능력을 4배로 한다면 콘덴서의 전력은 16배가 될 것이고 그렇다면 콘덴서가 전지와 동등하게 되는 것도 꿈은 아닐 것입니다.

이렇게 해서 우선 최초의 ECS를 아날로그 시뮬레이터를 사용해서 컴퓨터상에서 제작하였습니다. 이어서 시판할 수 있는 코인형 전기 2重層 콘덴서로 10 mWh라는 소형 모델을 만든 후 100 Wh 모델에 도달한 것입니다.”

ECS의 원리는 이미 국내외에 특허가 공개되어 기초적인 연구가 완료되고 응용품을 시작한 단계에 있다. 양산이 당분간 우선이 되겠지만, 無停電 전원이나 전기 자동차에서의 작동이 확인된 외에 가전, 전동 공구, 완구, 전등이나 표지, 태양 전지와외의 병용 등 넓은 분야에서의 응용이 기대된다.

기계 기술

CNC 장치의 전망

마이크로프로세서를 탑재한 수치 제어 장치가 개발된지 이미 20년이 경과되고 있

다. 그 동안 제어 기술 또는 마이크로프로세서 그 자체의 기술도 있어 보다 고도의 제어가 실현 가능하게 되었다. 즉, 분당 수십 미터를 넘는 이송 속도나 1 마이크로 이하와 같은高精度 위치 결정 또는 多軸 同時制御 기술 등 기술 개발이 놀랄만큼 훌륭하다. 또 수치 제어 장치 그 자체의 이용 형태에도 변화가 있다. 종래의 수치 제어 장치에서는 입력된 NC 정보를 해독하고 그 정보를 기초로 공작 기계를 제어하는 기능이 기본이었다. 그러나 탑재되는 마이크로컴퓨터가 고성능화되고 있고 수치 제어 장치도 보다 다기능화 하는 경향이 있다. 맨 머신 인터페이스가 충실하고 자동 프로그래밍 시스템 내장형에서 본격적인 CAM 시스템 내장에의 움직임 또는 다양화하는 사용자의 요구에 대응하기 위한 오픈 아키텍처화 등이 고려되고 있다.

여기서는 이러한 수치 제어 장치에 대한 기술 개발 동향과 향후 전망에 대해서 언급하고자 한다.

다양화하는 사용자의 니즈에 응하기 위해 리얼 타임 OS를 탑재하고 시퀀스 제어부와 서보 처리부에 있어서는 표준화 구성의 수치 제어 장치가 개발되고 있다. 사용자 측은 개발된 툴을 이용해서 시스템 프로그램을 개발할 수 있고 사용자 독자의 수치 제어 장치로 할 수 있는 특징을 가지고 있다. 또 UNIX 등의 표준적인 OS를 이

용할 수 있어 만일 컴퓨터 시스템과의 하드웨어상의 호환성을 수치 제어 장치가 가질 수 있게 되면 商用 CAM 시스템의 이용도 가능하게 될 것으로 보인다.

수치 제어 장치의 조작성을 향상시킬 목적으로 맨 머신 인터페이스의 충실이 도모되고 있는데 그 하나가 대화형 기능이다. 이것은 오퍼레이터가 소망하는 작업을 선택한 후 구체적인 수치 데이터를 입력하는 것만으로 수치 제어 장치가 NC 코드의 자동 생성부터 가공까지 행하는 기능이다. NC 코드에 의한 프로그래밍의 번잡성을 해결한 것이며 선반용에서 프레이스(밀링)용의 수치 제어 장치의 표준적인 기능이 되고 있다.

최근에는 수치 제어 장치에 사용되는 CPU의 능력이 대폭 향상되고 있기 때문에 수치 제어 장치내에 본격적인 3차원 CAM 기능을 내장하는 움직임도 보인다. 대화형 시스템 자체가 간단한 CAM 기능을 내장한 것이기 때문에 3차원 CAM 내장의 움직임도 이러한 동향에 일치하는 것으로 생각할 수 있다.

이러한 시스템에 있어서는 움셋 처리, 공구 간섭 체크, 공구 경로 생성의 각 처리를 高速・高精度로 행할 필요가 있다. 특히, 工具 經路 生成에 관해서는 버스落 등의 연산 실수가 없고 鋼材 등의 가공에 적합한 공구

경로 생성을 하는 것이 불가피하다.

수치 제어 장치에 대한 니즈로서 다음의 2가지를 생각할 수 있다. 즉, ① 보다 저렴하고 높은 조작성을 요하는 경우, ② 서버 계통같은 기본 기능만 요구하는 경우이다.

고도의 자동화가 실현된 경우 수치 제어 장치의 기본 기능을 모두 필요로 할 이유는 없다. 제어하는 측의 컴퓨터 시스템의 데이터를 집중 관리하면 ②와 같은 요구가 필연적으로 생기게 된다.

또 용도가 한정되어 있는 경우 獨白의 對話型 기능을 요구할 수 있고, 더구나 최저로 필요한 기능을 수치 제어 장치에 요구하는 것이 ①의 경우라고 생각된다. 전술한 바와 같이 오픈 아키텍처화는 이러한 움직임에 대응하는 것이지만 PC CNC도 그 하나라고 생각할 수 있다.

수치 제어 장치의 演算部를 PC로 치환하고 서버系를 어떠한 방법으로 실현한다면 수치 제어 장치로서 이용할 수 있다. 네트워크용 인터페이스도 이용할 수 있고 PC 상에서의 시스템 소프트웨어의 개발도 가능하기 때문에 확장성 면에서도 문제는 없다고 생각된다.

수치 제어 장치에 있어서 처리해야 할 형상으로 곡선 또는 곡면이 있다. 이러한

형상을 고속으로 처리하기 위해 얼마간의 기술 개발이 이루어지고 있다. 즉 서버 데이터를 고속으로 생성하는 NC 어댑터, 바이나리 데이터에 의한 고속 통신 기능 또는 NC 블록을 미리 읽는 기능, 곡선 補間 기능 등이다.

이러한 기능 개발에 수반하여 새로운 NC 코드의 설정도 이루어지고 있다. 고속 가공용 데이터 생성을 위한 G10.3, 고속 가공 실행을 위한 G65.3, 바이나리 데이터를 수치 제어측에 알게 하기 위한 G05, 곡선 보간을 위한 G06.1 등의 코드이다. 이들 코드는 표준화된 것은 아니고 사용자측에서 보았을 때 대응하는 포스트 프로세서를 따로따로 준비하지 않으면 안되어 처리의 번잡이라는 문제가 생긴다.

또 전술한 기술 개발은 간격이 좁은 点列 데이터를 고속으로 처리하기 위한 것이었다. 그 가운데 곡선 보간에 관해서는 점열을 C^2 급의 연속성을 보증하면서 補間할 수 있고 수십에서 수백의 점열을 1블럭 처리할 수 있는 특징이 있다. 前者의 특징에서 가공중인 기계 진동을 대폭 제어할 수 있는 것이 분명해지고 있다. 스플라인 關數나 NURBS에 기초하여 곡선 보간 기능이 개발되고 있는데 대응하는 코드가 표준화되어 수치 제어 장치의 보간 기능으로서 일반적으로 이용할 수 있을 것으로 보인다.

현재 생산 시스템에 있어서 自律 分散 處理化의 시도가 이루어지고 있다. 이러한 움직임에 대응하여 수치 제어 장치에도 더욱더 高機能化가 요구될 것이 예상된다. 또한 한편에서는 전술한 바와 같이 한정된 기본 기능만을 요구하는 움직임도 있어 사용자의 니즈는 점점 다양되고 있다. 오픈 아키텍처화는 필연적인 움직임이며 또 네트워크화도 표준화되어 갈 것으로 예상된다. 이러한 때 수치 제어 장치는 컴퓨터 시스템으로 商用의 CAM 시스템을 작동시키기도 하고 시스템 프로그램을 쉽게 변경하기도 하는 것이 가능하게 될 것이다. 즉 하드웨어는 고정되고 소프트웨어를 교체하면서 기능을 실현하는 CNC 본래의 자세가 실현될 것으로 보인다.

머시닝 센터 · NC 프레이스(밀링)盤의 기술 동향

1994년 10월 26일부터 일본에서 열리고 있는 제17회 일본 국제공작기계전시회에서 머시닝 센터나 프레이스(밀링)盤에 대한 화제는 뭐라고 해도 고속화와 저가격에 집중되고 있다. 특히 고속화에 대해서는 메이커들이 기술의 정수를 다 갖추고 진력하고 있다. 일본공작기계공업회의 발표에 의하면 이번 전시회에 출품된 머시닝 센터의 수는 99 대이며 그 가운데 약 45 대의 主軸 회전수가 분당 1만 회 이상의 고속 회전 주축을 탑재하고 있다. 여기서는 왜 고속화인

가, 고속 절삭이란 무엇인가 또 고속화에 수반하는 문제점이나 기술 과제에 대해서 살펴 보고자 한다.

고속 절삭의 이점은 어디에 있는 것인가? 첫째는 가공 시간의 단축, 가공 능력의 향상에 있는 것은 명백하다.

틀이나 공구의 교환 시간을 필두로 일의 순서·방법을 미리 정하는 시간이나 준비 시간의 단축이 이루어진 최근, 실제로 깎아내는 시간의 단축이 최후의 문제가 되고 있다.

몇시간이나 걸리는 금형 가공 시간이 고속 절삭에 의해 현저하게 줄어들었다는 예는 언제나 보고되고 있다. 알루미늄같은 경금속의 절삭에서는 고속 절삭시 공구 마모는 전혀 문제가 되지 않고 빠른 절삭 속도가 그대로 생산성 향상에 연결된다. 고속 절삭은 능력 향상의 강력한 수단이라고 해도 좋다. 고속 절삭에는 이외에도 몇가지 이점이 있다. 그 주된 것을 살펴보면 다음과 같다.

● 가공 정도의 향상

이것은 주로 절삭력 저하에 의한 것으로 예를 들면, 알루미늄 합금의 薄肉 엔드밀 가공의 경우 주축 회전수가 높기 때문에 一刃當 깎는 두께가 작게 되어 절삭력이

저하되고 틀이나 공구의 탄성 변형에 의한 가공 오차가 저하된다.

● 완성면 性狀의 향상

완성면의 조잡성이 개선되고 경우에 따라서는 가공 변질층이 얇어져 완성면이 양호하게 된다.

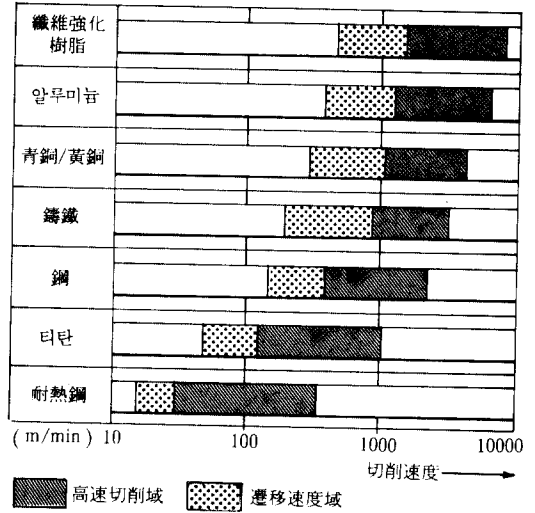
● 부스러기 발생의 감소

이른바 절삭력이 좋게 되어 절삭시 생기는 부스러기의 발생이 억제된다.

고속 절삭의 포인트는 2가지이다. 우선 절삭 속도의 고속화이다. 주축 회전수를 올림으로써 절삭 속도는 비례적으로 상승한다. 알루미늄 합금 등에서는 공구 마찰은 문제가 되지 않기 때문에 가능한 한 주축 회전수를 올리면 좋다. 그러나銅이나難削材에서는 공구 마모의 문제가 있기 때문에 알루미늄과 동일한 절삭 속도로는 깎을 수 없다. 즉 동일한 고속 절삭으로 하더라도들의 종류에 따라 절삭 속도의 범위는 자연히 결정된다.

현재 고속 절삭 속도의 범위는 <그림 4> 같이 정의된다.

<그림 4> 고속 절삭 속도의 범위



둘째 포인트는 이송 속도의 고속화이다. 주축 회전수를 올려 절삭 속도를 고속으로 하는 것만으로는 가공 능률은 향상되지 않는다. 주축 회전수와 함께 移送 속도를 올림으로써 비로소 단위 시간당 금속 제거율 즉, 가공 능률이 향상된다.

移送 속도에서 보면 예를 들면, 구름 案内를 이용한 것이 분당 40 미터 정도이고 미끄럼 案内를 이용한 것이 분당 36 미터 정도로 보고되고 있다. 그러나 실제의 절삭에 있어서 이송 속도는 당연히 이들 수치보다 작게되고 起動・停止에 따른 加減速時에는 이송 속도는 작게 되지 않을 수 없다.

끝으로 고속화를 지탱하는 기술과 기술적 과제들을 살펴보면 다음과 같다.

고속 절삭은 많은 관련 기술로 지탱되어

야 비로서 실현 가능한 기술이라고 할 수 있다. 고속 절삭, 고속 가공기에 관련된 기술을 정리하면 <그림 5>와 같다. 고속 가공기에 관련된 기술적 과제의 대표적인 것을 보면 다음과 같다.

● 主軸과 軸受

첫째는 고속 주축과 그 축수이다. 輕負荷에서 高精度用的 특수한 空氣 靜壓 軸受를 제외하고 주축수에는 구름 축수가 이용된다. 여기서 문제가 되는 것은 윤활과 냉각이다. 과거에는 고속 축수에는 오일 에어 윤활이 널리 이용되고 있었다. 이것은 압축공기와 함께 최소한의 오일을 轉動體에 공급하는 방식이지만 高負荷가 되면 늘어붙을 염려가 생긴다.

그래서 윤활유의 공급량을 증가시키면 괜찮게 되지만 전동체가 윤활유를 휘저음으로서 열의 발생이 문제가 된다. 열을 냉각시키기 위해서는 유량을 증가시키면 좋지만 이것에 의해서도 열이 증가하게 된다. 윤활, 발열과 냉각이 균형된 油의 종류와 공급량, 공급 방법이 포인트가 된다. 또 원심력에 맞서서 정확히 윤활유를 필요한 만큼 공급하는 방법도 중요하다. 최근 기술로서 윤활유를 주축내에서 인도하여 축수 內輪에서 공급하는 제트 윤활 등이 화제가 되고 있다.

● 案内와 直線 驅動 매커니즘

두번째 과제는 안내와 직선 구동 매커니즘이다. 관성력에 맞서 테이블이나 主軸頭, 컬럼 등을 고속으로 게다가 각축의 連携를 유지하며 정확히 구동하는 것은 용이하지 않다. 慣性力을 경감하기 위한 輕量 高剛性 구조의 검토, 안내 방식의 재검토가 이루어지고 있다.

종래부터 이용되고 있는 서버 모터와 볼나사에 의한 직선 구동에는 한계가 있다고 해서 최근에는 일부 리니어 모터의 채용이 구체적으로 검토되어 실용화가 시작되고 있다. 리니어 모터를 채용한 경우의 최고 이송 속도는 분당 100 미터에 달하고 있다.

NC 장치의 고속화 대응도 급속히 이루어지고 있다. 특히 가감속, 反轉時에 있어서도 정확한 운동을 보증하기 위해서는 기계系와 전기系의 조화성, 새로운 제어 이론의 도입 등에 의한 連動 補償이 필요하다.

● 척크

세번째 문제로서 척크의 문제를 들 수 있다. 주축 회전수가 증가하면 원심력때문에 종래의 테이퍼에서는 입구가 열려서 把持力이 저하된다. 그때문에 고속 회전에 있어서도 안심하고 사용할 수 있는 척크의 개발이 중요한 과제로 등장하고 있다. 독일

에서 개발되어 DIN 규격으로 채용된 력을 발휘하여 최근 화제를 불러 일으키고 HSK(호보 생크 테이퍼)는 고속에서도 효 있다.♣

<그림 5> 고속 절삭, 고속 가공기의 관련 기술

