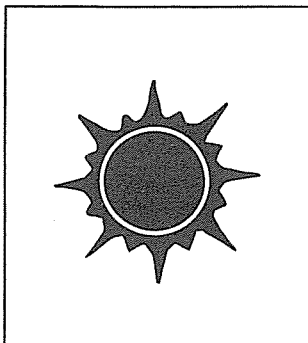


超硬合金材料의

技術現況

文 仁 炯

(漢陽大 工大 教授)



20세기의 機械文明이 가능했던 점을 超硬工具 開發에다 근거하는 주장이 있다. 즉, 機械製造의 수단인 工具和 工作機械의 性能向上으로 高速 切削을 가능하게 했던 超硬合金工具가 개발되어서 크게 향상되었기때문인 것이다.

「다이아몬드」와 같이 단단하다는 뜻에서「Widia」란 상표로 「코발트」접합 WC초경합금이 독일서 첫선을 보인지 50여년이 지난 지금 초경합금은 절삭공구, 내마모공구 및 광산용공구재의 대중을 이루고 있다.

다층 피복초경합금재의 生産이란 소위 초경합금기술 제3世代에 이르기까지 숨가쁜 추적을 벌여야만 하는 우리 超硬合金産業의 기술 및 生産現況을 간단히 살펴보고 先進外國에서 벌이는 超硬材料기술 개발노력과 그 展望을 살펴본다.

1. 超硬材料, 超硬合金

工具材가 要求하는 耐磨減性和 高溫強度, 높은 彈性率, 耐化學性 등을 부분적으로 만족시킬

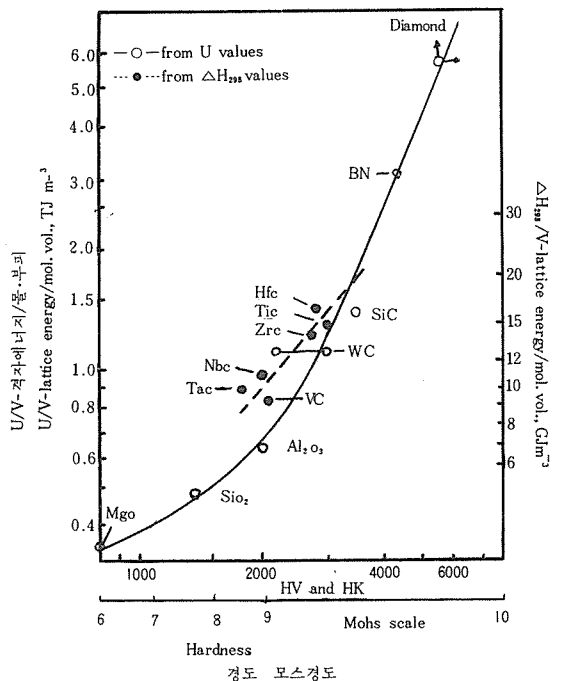


그림 1 경도와 단위몰체적당 응집에너지간의 관계: 승화열U와 결합열 ΔH_{333} 의 향으로 나타내었다.

수 있는 재료는 높은 경도값을 갖는 금속탄화물이나 산화물, 또는 질화물 종류를 들 수 있다. 이들은 높은 비결합에너지치를 갖기 때문에 응점도 높고 또 탄성율도 크며, 아울러 化学적으로도 비교적 安定하다. (그림 1에 몇몇중요 초경재료의 비결합에너지와 경도와의 관계를 보라)

그러나 이들 덩어리상태의 초경재료는 파단 인성이나 인장강도 등이 매우 적은 취성이 큰 약점을 갖는다. 즉, 적은 균열이나 결함이 원인이 되어 균열파괴되며, 따라서 열충격과 같은 충격에 약하다. 이와같은 미세균열이나 결함의 전파를 막고 초경재료의 여타 특성을 살리자면 그 방법은, i) 이들 초경재료를 다만 피복층으로만 사용하던지, ii) 매우 고온 多結晶狀으로 만들든지, iii) 적절한 간격을 갖는 分散상태로 분포하도록 하던지 iv) 끝으로 이들을 인성이 큰 結合材料로 결합하는 방법등으로 이들이 미세구조를 갖도록 하는 것이다.

초경합금은 경도가 큰 초경탄화물 결정을 인성이 큰 연질의 금속결합재로서 결합시켜, 앞에서 언급한 ii)~iv)의 조건을 만족시킨 복합재료로서 粉末冶金方法으로 제조한다.

초경탄화물粉末과 금속바인더 분말을 混合, 壓縮成形 및 燒結하여 제조하는 超硬合金에서 어느 용도의 초경합금에 있어서나 대종을 이루고 있는 탄화물은 WC를 주성분으로 하고, 결합재료로서는 「코발트」를 사용한 것이다. 그러나 고온 용착성 내식성 등등이 문제가 되는등 각각 그 용도에 따라서 WC탄화물이나 Tic 또는 TaC 등을 더 첨가한다던지 결합금속상에서도 Co 이외에 Cr, Mo 또는 Ni 등이나, 이들 합금이 사용된다. 초경합금을 만들어 사용함으로써 탄화물만의 초경재가 지니는 취성문제가 많이 해결되었으나 보다 고속절삭을 향한 욕구는, 그러나 접합금속의 낮은 용점관계로 초경합금에서는 제한을 받지 않을 수 없다. 따라서 보다 고온작업을 가능케하는 「시라믹스」초경재료의 응용은 점차 향상되는 이들의 인성증가와 함께 중요한 공구재료의 위치를 차지하게 되었다. 「알루미나」 「실리콘나이드라이드」, 「시알론」 「보론나이드

라드」등의 「시라믹스」초경재가 바로 그것이다.

2. 생산 및 기술현황

우리나라의 초경합금생산역사를 1962년 신서공업의 창립에다 맞춘다면 20년이 되겠으나 신서공업「株」한국야금「株」등이 대량생산체제를 갖춘 1970년대초를 그 기점으로 한다면 이제 겨우 10년이 된다. 그러나 지난 10년은 우리에게 초경합금역사 60년에 버금가는 발전을 보았다. 1977년의 大韓重石의 超硬合金工場建設은 가히 韓國超硬合金工具史의 新紀元을 연것이다. sh-eelite 원광석으로부터 최종초경합금공구 생산까지에 全体生産工程을 自体施設로 갖춘 大韓重石은 充分한 자체資金지원을 통한 最新生産施設을 갖추었고 또한 적극적으로 기술개발에 많은 투자를 했다. 이렇게하여 이루어진 관련 工具工場의 건설과 피복초경합금공구 개발은 우리의 초경합금기술을 10年內에 초경합금기술 제3세대라 칭하는 多重피복합금생산 단계로 끌어 올렸다.

우리나라의 초경합금생산규모를 살펴보면, 그 시설에 있어선 大韓重石 72톤, 韓國冶金약60톤 新瑞工業 약40톤등이며, 서독「헤르텔」사와 기술 제휴한 「아세아 헤르텔 중석」사가 1982년 현재 80톤 규모의 시설을 갖추어 그 생산량의 70%을 수출할 것으로 계획하고 있다. 이밖에 군소제조업체의 시설도 총 30~40톤규모에 달할 것으로 추정, 총 시설규모는 거의 300톤 가까이 달할 것이다. 1982年度 生産量은 昨年以後에 기계공업의 부진과 또한 아세아헤르텔은 이제 생산시작단계로서 生産実績이 극히 소량이다.

앞서 언급한 大韓重石, 韓國冶金, 新瑞産業 順으로 하는 국내 생산량은 總 150톤 정도에 이르렀을 것으로 추정한다. 이 生産量으로 대부분의 국내 수요를 충족하고 일부는 미국을 비롯한 동남아제국에 수출까지를 가능하게 하였다.

그러나 아직도 일부 고급재종 및 특수재종(특히 내마모공구)은 외국에서 수입하여야만 했다.

大韓重石은 1980년에 TiN 피복 초경합금 in-

sert팁을 개발한 이래 1982년에는 다시 Al_2O_3 층에 피복초경재의 개발생산에 성공하여 아직 그 응용범위는 제한되고 있으나 우리나라가 多層피복재의 생산국 대열에 끼이는데 크게 기여했다.

歐美 및 일본등 이 분야 선진국들의 초경합금 생산 現況을 살펴보면 다음과 같다. 美國은 c-arbolzy kennametal 및 Firth sterling 사를 주축으로 1981년에 약 8,000톤의 생산량을 보였으나 1982년 경우 전반적인 경기침체로 약 1/4 정도에 감산이 예상되며, 일본은 1981년에 약 1,580톤, 英國, 西獨 등도 각각 1천여톤 씩의 生産量을 보였을 것이다. 그러나 스웨덴은 유명한 sandvik 그룹이 2,600톤을 생산했다. 이밖에 공산권에서는 쏘련이 약 3천톤, 중공이 2천톤 정도를 생산한 것으로 추정되며 우리와는 경쟁관계에 있는 공업중진국 인도나 브라질 등도 각각 5백톤 이상을 생산한 것으로 추정되며 우리나라의 생산규모가 양적인 면에서 「팅그스텐」의 세계적인 생산국으로서의 면목 유지에는 부족한 것이라는 것을 나타낸다.

3. 超硬合金製造의 新技術 및 新材料

앞서 살펴본 바와 같이 초경공구재료의 사용 성능향상을 위해서는 재질특성의 향상을 위한 제조공정개선 및 기본 재종의 부분적인 조성변화를 통한 개선된 재종의 설계등이 시도되며 나아가서는 「시라믹스」 재료와 같은 초경재료의 개발의 경우 있다 몇가지 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

(1) 被覆超硬合金 (Coated Cemented Carbide)

초경합금 母材上에다 Tic와 같은 超硬材를 化學蒸着法 (CVD) 등의 증착방법으로 회복시켜서 공구의 수명을 3~4 배까지 연장시키는 방법이다.

1969년 서독의 krupp사에서 처음 개발된 이 기술은 그후 그 응용범위가 크게 확대되어 오늘날에와서는 「팅그스텐」 탄화물재의 互換性 「인

서트」팁의 50%이상이 피복되어 사용되고 있다.

TiC피복층은 암회색을 띠며 경도는 3,000~4,000Hv정도로 가장 硬하며, TiN는 黃色으로 金鍍金과 같은 빛을 띠며 경도는 2,500~3,000 Hv인데 이들 모두 우수한 내마모성과 耐融着性을 보여준다. 그리고 Al_2O_3 층은 경도는 다소 떨어져도 (1,900~2,400Hv) 耐化學性을 지니므로 이점이 요구되는 경우에 사용된다.

이들 피복층은 모두 10 μ m미만에 얇은 층을 이루는데 최근에 이르러서는 단일피복층이 아닌 TiN과 TiC 또는 TiC와 Al_2O_3 등에 몇가지 초경재를 다층피복하므로서 母超硬材와 부착력도 강화할뿐더러 요구되는 기계적 특성인 耐마모나 耐「크레이터」성을 높이도록 하고 있다. 예를 들어 TiC-Ti(C, N)-TiN順의 多層피복이 그 예이다.

최근 발표된 바에 의하면 서독 krupp사는 TiN의 중간피복층으로 입자성장을 억제시킨 가운데 AlON-TiN-AlON順으로 특수모층 초경합금에다 酸窒化 알루미늄 (AlON) 층을 피복시킨 초경합금을 개발하여으며, Fansteel의 VR/Wessen사는 TaC층을 母초경재 바로 위에 최 초피복층으로 하는 TaC-TiC-TiN과 TaC-TiC- Al_2O_3 -TiN층순에 피복초경합금을 개발했는데, 이와같이 TaC를 기지피복함으로써 모층과의 부착성을 크게 향상시킬 수 있었다고 한다.

피복 방법의 多樣化와 특히 피복성분의 여러 가능한 조합등을 통한 재질 향상을 위한 노력은 계속 경주되고 있다.

특히 insert 팁의 일반화 및 CNC (Computer Numerical Control) 작업의 필요성 등을 공구 수명연장 및 고속절삭을 가능케하여 그 생산성을 크게 높여주는 피복초경합금의 수요를 증가시킬 것이다.

초경재피복기술은 超硬合金에서 뿐만 아니라 일반 공구강에도 응용되고 있으며 고속도강과 같은 비싼 합금성분을 갖는 공구재의 대치를 위해서 일반강재에다 응용하는 방법이 크게 연구되고 있다.

(2) Hipping (Hot isostatic pressing) 応用

Hipping은 높은 온도에서 압력을 함께 가하는 粉末의 等圧成形方法인데 超硬合金工程 에서는 氣孔을 포함한 소결체를 再次 Hipping 함으로써 초경합금내에 존재하는 氣孔이나 介在物등에 의한 재료강도에 미치는 취약점을 배제하려는 것이다.

절삭공구나 광산공구에서 보다 금형공구에서의 기공은 생산제품의 결함을 가져올 수 있다. 따라서 재질의 향상을 가져올 수 있는 Hipping 처리는 현재 복잡한 금속공구에서 흔히 사용되며 미국의 경우는 약 20% 정도의 초경합금공구가 이 처리를 받는 것으로 알려져 있다. 그러나 Hipping 처리는 제질향상에 도움을 주지만 그 경비가 너무 높아 (현재 1kg 처리의 약 7.5 파운드 : 약 8,000천원) 모든 초경합금에 응용될 수 없다. 최근 영국 금속학회가 세계 200명의 전문가를 통해 얻은 설문결과에 의하면 앞으로 6~10년 내에 모든 초경생산품에 10% 이상이 Hipping 처리될 것으로 예상했다.

(3) 「시라믹스」공구재료

1960年代에 들어서면서 부터 점차 그 수요가 증가되고 있는 「알루미나」절삭공구는 현재 「시라믹스」공구재의 대표로서 美国, 日本, 独逸, 스웨덴 등에서 생산하고 있다. 절삭온도 900°C 이상의 온도에서는 견딜수 없는 접합초경합금과는 달리 고온경도와 용점이 높은 이들 「시라믹스」공구는 낮은 인성이 그 사용을 제한하고 있다.

現在 시판되는 알루미나공구는 절삭공구용 互換性 insert 타입으로 순수 Al_2O_3 에다 입도만을 조절하기 위해 1% 미만에 MgO를 첨가한 백색

의 알루미나제와 인성의 증가를 위하여 TiC 를 30%정도 첨가한 흑색의 알루미나제의 두 종류가 있다. 이들은 모두 높은 경도와 내마모성을 갖고 있어 300/mim 이상에 고속절삭이 요구되는 곳에 사용된다. 市販되는 Alumina 타입에는 피삭재의 종류에 따라서 1,000m/min 의 초고속절삭도 가능하다.

최근에는 Al_2O_3 이외에도 窒化硅素 (Si_3N_4) 시알론 (SiAlON) 등에 「세라믹스」공구재의 응용이 폭넓게 연구되고 있다. 이밖에도 TiC 기의 세라믹스와 立方晶의 BN소결체가 이미 美国, 日本 등에서 시판되고 있다. 앞서 영국 금속학회가 조사한 동일한 통계에 의하건데 「시라믹스」절삭공구의 요구는 자원문제와 생산성에 따른 고속절삭의 요구에서 더욱 증가되어 앞으로 10~20년 사이에 적어도 절삭공구의 20%정도를 점유하게 되지 않을까 추정하고 있다.

政府가 추진하는 工業立國을 위해서나 또는 賦存資原의 附加価値極大化란 양면에서 超硬合金工具産業은 우리나라에서 重要한 위치를 차지한다. 즉 工具材의質의向上은 우리의 機械工業發展의 열쇠가 되며 世界的인 国内賦存資原인 重石의 活用方案중 高級工具材料로의 응용은 부가 가치를 극대화한 것이 된다.

先進技術의 導入消化段階를 막 거친 우리의 超硬合金産業系의 技術水準이므로 계속적인 品質向上과 함께 自体技術에 의한 새로운 材種개발과 新材料의 개발, 더 나아가서는 경쟁관계에 있는 「시라믹스」공구재에 대한 연구 및 중석관련제품의 再生活用방안 등의 문제가 앞으로 계속 연구되어야 할 과제가 아닌가 생각된다.

—국민생활과학화표어현상모집 당선작 및 우수작—

생활속에 과학있고 과학속에 번영있다
과학적인 생활속에 발전하는 우리사회