

技術解説

탄소공구강재의 특성 Characteristics of STC Steels

김문일

연세대학교 금속공학과

1. 서론

공구강은 금속재료 또는 비금속재료를 가공 또는 성형하기 위한 공구외에 게이지 등의 계측기구에 사용된다. 또한 가공성형의 보조기구 및 jig에도 이용된다.

공구를 사용하는 작업방식은 절삭, 전단, 성형, 인발, 타발, 압출, 순연, 타격 등이 있으며 냉간, 열간 및 온간에서 행해진다.

공구강은 이들 각종 목적용도에 사용되며 탄소공구강과 합금공구강으로 구분된다. 합금공구강은 각종원소로서 Si, Mn, Ni, Cr, W, Mo, V 또는 Co등 중에서 1종 또는 2종 이상을 함유하는 합금공구강과 고속도강으로 다시 분류된다. 다음 표 1은 공구강을 강종별로 분류한 것이다.

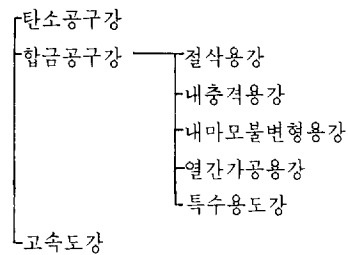
공구는 그 용도가 다양하며 이에 적합한 개질의 선택이 대단히 중요하다.

공구로서 구비되어야 할 일반적인 성질을 보면 다음과 같다.

- 가) 상온 및 고온에서의 경도가 클것
- 나) 가열에 의한 경도변화가 적을것
- 다) 내마모성이 클것
- 라) 인성이 클것
- 마) 지축내력이 클것
- 바) 열처리가 용이하고 또한 열처리시 변형이 적을것
- 사) 기계가공성이 양호할것
- 아) Heat Check가 없을것
- 자) 내산화성, 내식성, 내용손실성(die-cost의 경우)이 클것
- 차) 시장성이 있고 가격이 싼것

을 들 수 있다.

표 1. 공구강의 강종별 분류



물론 공구의 종류에 따라서 요구되는 특성은 다르다. 그러나 크게 볼 때 공구는 내마모성과 인성의 적당한 배합을 고려하므로써 그의 요구조건을 만족시킬 수가 있다.

따라서 본인은 여기에 이들 공구로서의 성질을 만족시킬 수 있는 방법을 기술하여 이 방면의 기술향상에 도움이 되고자 한다.

2. 공구강과 구조용강의 차이

공구강으로서의 조건은 경하고 마모에 강해야 함은 물론이고 또한 인성도 필요하다. 그러나 구조용강은 강하고 인성이 있어야 한다. 즉, strong and toughness (강인)함이 요구된다. 경(硬)하고 인성이 있는 것과 강하고 인성이 있다는 것은 의미가 다르다.

경하면서 인성이 있도록 하려면 우선 탄소%가 높아야 한다. 기계구조용 탄소강(SMXXC)과 탄소공구강(STC)과는 0.6%C를 경계로 구분하고 있다. 다음 그림 1은 이 관계를 나타낸 것이다.

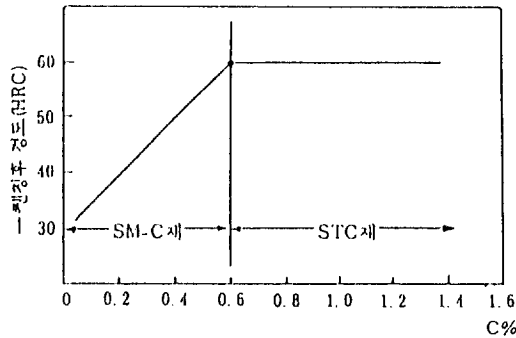


그림 1. 탄소농도와 켈칭 후경도

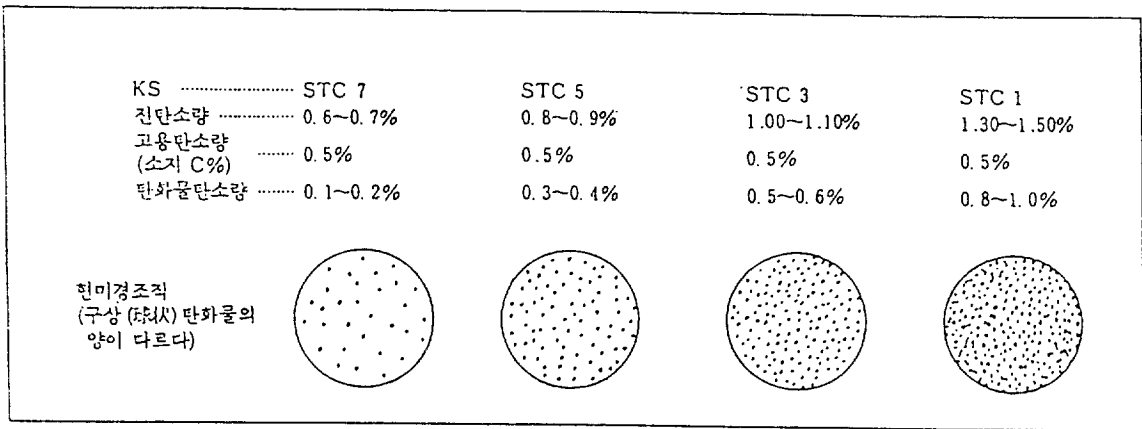


그림 2. STC기에서는 모든 강종의 고용탄소량이 대략 같다.

이 그림에서 알 수 있듯이 경도만의 관점에서는 0.6%C와 1.0%C의 것은 그다지 큰 경도 변화는 없다. 그러나 경도가 같다 하더라도 내마모성은 다르며 C%가 많을수록 내마모성이 향상된다. STC(KS 공구강 기호) 재의 탄소량은 표 1과 같이 0.60~1.50%이다. 이것은 STC1종에서 STC7종으로 분류되고 있으나 실은 열처리에 의해 이들 모두가 그의 탄소량 중 0.5% 정도를 기지에 고용시키고 나머지 0.1~1.0%를 미세하게 구상화된 탄화물의 형태로 균일하게 분포시켜 놓고 있다. (그림 2 참조)

따라서 C%가 높은 STC재일수록 탄화물이 많으면 이 탄화물은 경도에는 그다지 기여하지 못하나 내마모성에 크게 기여하므로 C%가 높을수록 내마모성 향상에 기여도를 높게 된다. 그러므로 미고용 탄화물이 많을수록 취약하게 되므로 C%가 낮은 것은 인성이 낮은 공구에

C%가 높은 것은 내마모성을 필요로 하는 공구에 사용되고 있다.

일반적으로 공구강이 구조용강재에 비해 크게 다른 점은 우선 C%가 높다는 것이다. 그리고 STC계 보다 다소 고급인 합금공구강은 탄화물생성을 위한 특수원소 즉 W, Cr, Mo, V 등이 들어 있다. 탄소공구강에서의 탄화물은 세멘타이트(Fe₃C)이다.

강의 소지를 매트릭스(matrix)라 하나 켈칭처리된 소지는 강도가 높은 마르텐사이트(martensite)조직을 이루고 있다. 이때 이 소지의 강도를 Hv=1000 이라고 하면 탄화물은 Hv 2000 또는 3000의 높은 강도를 나타내며 강한 소지속에 더욱 강한 물질(탄화물)이 산재하게 된다. 이는 마치 시멘트 콘크리트를 할때 자갈을 넣어서 콘크리트의 강도를 높이는 것과 같다. 따라서 이것으로 내마모성이 향상되게 된다.

이 소지에 인성(질긴 성질)을 부여하게 된다면 경하고 인성이 있는 재료가 만들어진다. 이것이 공구강의 열처리가 된다.

그러나 구조용강에서는 그렇지 못하다. 마르텐사이트를 템퍼링 처리하면 소지는 연화된다. 연한 소지에 세멘타이트와 같이 경한 물질이 있으면 와력을 받으면서 경한 물질은 연한 소지속으로 파묻혀 들어가므로 내마모성을 기대할 수가 없다. 그대신 소지 전체가 치밀하여 강도가 있고 충격에도 강하게 된다.

즉, 연한 것과 경한 것이 잘 조화된 상태에서 강인성을 발휘하게 되는 것이다.

3. 필요한 공구의 성질

공구를 사용하는데 있어서 알아두어야 할 공구의 중요한 성질에 관해 설명하여 보자.

3.1. 경도

절삭용공구나 내마모성공구에서 필요한 기본적인 성질은 경도다. 경도는 그강을 적당한 온도에서 켈칭처리시 얻어지며 그때 최대경도는 그 강재의 탄소함량에 비례하게 되나 공구강(C>0.6%)에서는 대략 일정한 치를 지닌다.

그러나 이 고경도치는 켈칭시 발생한 내부응력이 관계되므로 사용중 연화등 여러가지 장애를 일으킨다. 그러므로 공구는 켈칭후 반드시 템퍼링 처리하여 인성을 부여한 후 사용하는 것이 원칙이다.

일반적으로 경도가 높을수록 절삭능력은 향상되나 고속절삭 또는 중절삭시에는 발열작용 때문에 경도의 저하가 일어난다. 예로서 고속도강(SKH)은 열에 의한 경도의 저하에 대한 저항이 크다. 즉 적열경도가 크다.

그림으로 상온경도와 내열경도의 차를 알아둘 필요가 있다.

3.2. 내마모성

일반적으로 경도가 높을수록 내마모성이 크다. 경도와 내마모성과는 공히 강의 탄소%에 중요한 관계가 있다. 탄소공구강(STC)에서의 경도는 STC5 까지는 탄소%와 함께 증가하고 그 이상에서는 크게 증가하지 않는다. 그러나 합금공구강에서는 탄소 이외에 가해지는 합금원소의 종류와 양에 의해 경도는 여러가지로 변한다. 그리고 내마모성은 탄소%와 함께 증가한다.

또한 공구강 중에서 특히 내마모성을 증가시키기 위해서 탄소와 경한 탄소물을 만드는 특수원소를 첨가한 것으로는 STD1, STD11, STD2, STD12 등 대표적인 것이 있으며, 탄소공구강 또는 저합금공구강에 비해 10 배 내지는 수십배의 내마모성이 있다.

이상은 공구강 자체가 가지는 내마모성에 대한 성질이며, 공구를 사용하는 동안에 발생하는 마찰열에 의해 경도가 저하하므로서 생기는 내마모성의 감소를 고려하여야 한다. 따라서 사용중 공구에 부하되는 하중을 경감시켜주는 외에 필요 이외의 마찰은 극히 적게 할 것이며 방열을 잘 시켜주어야 한다.

인물의 이동, 물리량의 가감, 발형에 최적의 간격 등을 주어 윤활유를 공급하므로써 공구의 내마모성을 크게 개선시킬 수가 있다.

3.3. 내마모성

공구는 절삭성 또는 내마모성에 대한 요구도가 높으므로 일반적으로는 경도를 높여준다. 그러나 공구에 따라서는 충격을 받는것도 있으므로 내마모성도 또한 중요하다. 내마모성은 강의 인성에 비례하는 것으로 경도는 이와 정반대의 성질을 나타낸다. 공구에 절삭성 또는 내마모성과 내충격성을 동시에 부여한다는 것은 어려우며 어느 하나를 희생시켜야 하나, 그 어느 성질을 어느 정도 희생시킬 것인가는 과거의 경험과 실험에 의해 결정하여야 한다. 공구강에서 탄소%를 저하시키고 켈칭경도를 감소시켜 켈칭상태에서 인성을 부여한 강종을 특히 내충격강이라 부르고 있다. 또한 내충격강중에서도 탄소%를 높이고, 표면경도를 높이고, 중심부의 경도를 저하시켜 표면에 절삭성능 또는 내마모성을 부여한 STS42, STS43, STS44 와 같이 소입경화층이 특히 얇은 강종도 있다.

3.4. 열처리에 의한 변형

공구를 기계가공할 때는 그 피가공성으로부터 보통 어닐링상태의 공구강으로서 가공하여 그의 치수, 형상을 완성품에 가깝게 한 후에 켈칭·템퍼링을 행하여 그 공구에 요구되는 성질을 부여하는 것이 일반적이다. 공구강에 열처리를 행할때는 열응력과 공구강의 조직의 변화에 의해 변형과 내부응력이 발생한다. Die단조에 사용되는 Die Block과 같이 사용경도가 낮고 조작후의 열처리가 곤란한 것은 켈칭 템퍼링작업을 완료한 소재(Prehardened steel)로 가공하여 그 이후의 열처리만을

행하는 경우가 있다.

여기서 변형이라함은 강의 켈칭전의 치수와 켈칭후의 치수의 변화, 즉 치수변화 외에 켈칭 굽힘, 비틀림, 국부적 팽창, 수축 등의 형태변화도 포함시킨 광의 변형을 말한다.

공구강의 열처리시에 발생하는 변형과 내부응력의 정도는 공구강의 특성, 켈칭의 격렬도, 공구의 형상에 다르나 열처리전의 그 공구강의 이력 등에 관계가 있다. 예로서 사용된 공구강이 완전 어닐링이 될 수 없기 때문에 각부의 조직이 불균일하다든가 내부응력이 일부 남아 있다든가 하면 가열작업중에 조직이 불균일하게 되고 내부응력이 없어지므로 켈칭전에 이미 예기하지 않았던 변형이 발생하는 일이 종종 있다. 이들이 원인이 되어 켈칭후에 공구에도 변형이 나타나게 되는 것이다.

상술한 변형외에 어떤 강종이든지 정도의 차는 있으나 반드시 열처리에는 변형과 내부응력이 수반하기 마련이다. 공구류의 대부분은 높은 경도로서 사용되며 정확한 치수와 형상이 요구된다. 따라서 열처리후의 마무리 작업에는 심한 곤란을 수반하므로 열처리전의 Frouthing Allowance는 가능한한 적은 것이 요망된다. 따라서 특히 정확한 치수와 형상을 필요로하는 공구에서는 열처리에 의한 변형과 내부응력이 가능한한 적은 강종을 사용하고 그 변형량과 변형의 발생장소를 미리 알아서 사전처리를 할 필요가 있다.

열처리시 특히 강을 경화시키기 위해 강을 변태점 이상으로 가열하여 켈칭한 경우 발생하는 변형과 내부응력은 냉각이 격렬할수록 큰 것이며 강의 성분에도 깊은 관계가 있으므로 공중방냉으로 경화되는 강이 가장 이상적이다. 그 다음가는 것이 유중켈칭이 되겠다. 그러나 동일강종이라도 열처리 방법에 따라서 변형과 내부응력의 정도차가 현저함을 잊어서는 안된다.

3.5. 경화심도

경화성이 좋은 공구강은 비교적 대형의 공구라도 그 중심부까지 경화시킬 수 있다. 경화성이 좋지 못한 강은 표면에서 조금만 들어간 내부는 연한 상태를 그대로 유지하고 있다. 공구는 그 성능상 공구의 중심까지 경화됨을 필요로 하는 것과, 역으로 중심까지 경화한 것이 불리한 경우도 있다. 전자의 예로서는 Coning Dies, 후자의 예로서는 Heading Dies 등이 대표적인 것이 되겠다.

경화층의 깊이는 그 강의 경화성을 측정하므로써 알

수가 있으나 경화성은 그 강의 성분과 Austenite 결정입도에 깊이 관계된다. 따라서 사용하는 공구강의 성분이 규격범위내에 든다 하더라도 합금원소의 양이 그 범위내의 상한인가 하한인가에 따라 경화성은 변화하며 또한 Austenite 결정입도에 의해서도 큰 차이가 생기므로 특히 경화층의 깊이에 한도를 정하는 경우에 사용하는 공구강에 대해 charge별로 경화성을 측정하여 품질관리를 하는 것이 좋다.

또한 경화층의 깊이는 공구의 질량에 따라 변화하는 것이다. 이 현상을 질량효과라고 한다. 강의 경화유선이 있으면 각종 공구의 표면경도, 경화층깊이, 중심부의 경도 등이 대략 추정된다.

3.6. 열에 의한 연화

공구의 사용온도가 높아지면 상온에서 측정된 경도보다 저하한다. 그러므로 절삭능력, 내마모성이 급격히 떨어지고 강도도 감소한다. 공구강도 이 철칙에 적용되거나 강에 첨가되는 합금원소의 종류, 또는 그 양에 의해 연화되는 정도에 차이가 있다. 고속도강은 열에 의한 연화 저항이 가장 큰 강종으로서 약 600°C까지는 연화되지 않는다. 합금공구강종의 열간가공용강은 모두 고온도에서의 강도는 크며 또한 내마모성도 크다.

3.7. 내열성

공구의 사용온도가 더욱 높아지면 전항의 열에 의한 연화외에 고온에서 산화하기 어려운 성질, 반부에 의한 가열 및 냉각에 의해 발생하는 Heat cracking에 의한 균열이 발생하지 않는 성질 등이 필요하게 된다. 고로 Ni, Cr 등을 증가시켜 산화를 방지, C, W, Mo 등을 감소시켜 Heat Cracking에 의한 균열을 방지하는 것이 중요하다.

3.8. 열처리의 용이도

공구를 연화시키기 위한 열처리의 용이도는 현장 작업자로서 가장 요망되는 것이며, 설계기술자로서도 크게 숙고하여 공구제조작업의 능률과 경제성의 향상을 도모하여야 한다. 공구의 형태, 또는 특별한 성능의 요구로 켈칭균열, 변형 등이 많아지고 제품의 성능에 불균일성이 나타나는 경우도 있다. 이들을 방지하기 위해서는 우선 켈칭이 용이한 공구강, 즉 수중켈칭보다도 공기켈칭강을 선택하여야 한다. 그외에 켈칭온도범위가 넓은 공구강을 선정하는 것도 열처리를 용이하게 하는 방법이다.

3.9. 피질삭성

피질삭성에 관해서도 현장작업장의 문제이기는 하나 피질삭성의 양부는 직접 경제성과 연결되는 중요문제가 되므로 설계에 즈음하여 신중히 생각하여야 한다. 피질삭성은 합금원소의 첨가량의 증가에 따라 나빠지며 특히 경화후의 피질삭성은 이들 첨가원소가 만드는 탄화물의 양과 종류에 따라 변화한다. 고합금공구강중 탄소%가 많은 강종의 연삭가공은 대단히 곤란하며, 가공중 연삭균열이 발생하여 공구의 불량률이 증대한다. 연삭균열이 발생하지 않는 범위내에서 동력의 최소가 되며 연삭능률이 최대인 조건을 피연삭성이라 칭하며, 각 강종에 관해 연구가 행해지고 있다.

3.10. 탈탄저항

공구강의 탄소%는 일반적으로 높으므로 가열중에 탈탄되는 일이 많다. 공구에 탈탄부위가 있으면 절삭성, 내마모성, 내충격성 등의 성능저하가 있으므로 열처리가 완료된 공구는 모든면에서 이 탈탄층을 제거하여 주어야 한다. 이것은 대단한 작업이다. 따라서 가열작업중에서 탈탄방지를 위해 노력하여야 한다. 그러나 강종에 따라서 탈탄의 난이도가 있으므로 가능하면 탈탄이 어려운 강종을 선택하여야 한다. 탈탄이 심하면 켄칭작업을 아무리 잘하여도 공구에 Soft Spot가 생기거나 경화되지 않는 일이 있다.

3.11. 경제성

공구강은 제조작업의 난이, 첨가원소의 종류와 양에 따라 대폭적인 단가의 차가 생긴다. 공구의 성능이 우수하므로 강재는 고가라도 좋다고는 할 수 없다. 특히 그 공구를 다량으로 생산하는 경우에는 재료원가가 높아지고 심한 경제경쟁에 걸릴 수 없게 된다. 따라서 필요하고도 충분한 성능을 가지는 공구를 가장 경제적인 공구강으로 만드는 것이 공구설계자의 책임이다.

또한 공구강의 단가만을 고려하여 선정하므로써 현장작업이 곤란하고 불량품이 속출하여 강재원가의 수배의 손실을 가져온다는 사실은 적은 예는 아니다. 특히 공구의 설계자로서 연구하여 종합가치로서 본 경제점을 발견할 수 있게 노력하여야 한다.

4. 炭化物の 球狀化 기술

위에서 설명한 바와 같이 공구강에서는 탄화물의 특

징에 있다고 해도 과언은 아니다.

공구강재를 구조용강재와 같이 생각하여 아무렇게나 켄칭처리하면 C%가 높으므로 결정입계에 탄화물이 강상으로 석출되어 있으므로 급냉순의 열응력에 의해 변형 또는 균열이 발생하기 쉬우며 또한 대단히 취약하게 되어 쓸 수 없게 된다.

옛날 대장간에서 부엌칼 또는 낫을 만들 때를 보면 적열 상태에서 두들기면서 쇠가 흑색을 띠때까지 또는 그 후에도 망치로 가공한 후에 어닐링(달군다)한다. 이렇게 하면 탄화물은 구상화되고 종자는 미세하게 된다.

최근의 금속학적으로 볼때 흑색을 띠때까지 또는 그 후에도 망치로 가공하는 것은 어닐링 전의 상온가공에 해당한다. 이와같이 구상화 열처리의 전처리공정으로서의 상온가공은 구상화에 대단히 좋다.

탄화물은 일반적으로 결정입계에 석출하므로 교직상태에서는 가늘고 긴 강상으로 된다. 이것을 가공으로 잘게 잘라주는 것이다. 가공으로 에너지가 저장되게 되므로 언젠가는 표면적이 적은 상태로 되고자 한다. 그러므로 이에 열을 주면 이 열에너지에 의해 탄화물은 구상화가 된다(그림 3 참조).

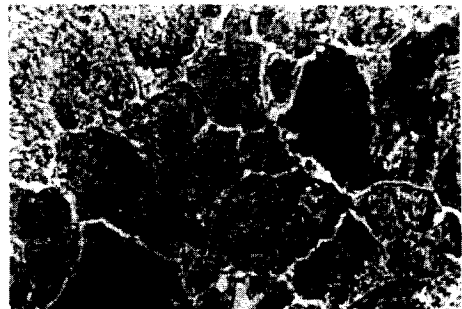


그림 3. 공구강(SK2)의 구상화 어닐링 전후의 조직
(위) 입계에서 석출한 망상 세멘타이트
(하) 어닐링으로 구상화된 세멘타이트

공구강에서 가장 중요한 것이 이 탄화물의 구상화 어닐링 처리이다.

이 구상화를 입상화라고도 하며 공구강의 켄칭처리의 전처리로서 반드시 행하여야 할 공정이다. 그러나 STC 재의 경우는 비교적 입상화가 잘 일어나는 것이 이 강재의 특징이다.

이 처리방법으로서는 강의 변태점인 727°C (A_{e1} 라고도 칭함) 적상온도, 좀더 구체적으로는 750°C 정도에서 1~2 시간 유지한 후 서서히 로내에서 냉각시키는 것이다. 이 처리후 다시 760~820°C로 가열하여 유증 켄칭하고 다시 내마모성을 높이기 위해 150~200°C의 낮은 온도에서 템퍼링(잔류응력의 재기를 위한 처리)를 하므로써 열처리를 끝낸다.

재강소에서 공구강이 만들어진 상태 즉 압연 후의 표준조직에서는 앞에서 말한 바와 같이 결정입계에 탄화물이 망상으로 석출하고 있다.

이것은 A_{e1} 온도보다 더욱 높은 온도로 가열하면 전부 균일한 오스테나이트(γ)로 된다.

탄화물이 소지에 용해되어 있는 상태(γ)에서 서서히 냉각하면 원래의 상태대로 결정입계에 탄화물이 석출한다. 그러나 처음 e_1 온도 직상의 온도로 가열하면 가늘고 긴 망상의 탄화물은 토막토막 끊어져서 오스테나이트(γ)에 용해되는 형태가 된다.

이 망상의 탄화물이 용해되는 과정을 겨누어 이 때의 상태에서 냉각하면 구상화 세멘타이트(Fe_3C)를 얻게 되는 것이다 (그림 4 참조).

5. 구상화 어닐링

소성가공이나 절삭가공을 쉽게 하고 기계적 성질을 개선할 목적으로 탄화물을 구상화하며 이에 관한 열처리를 구상화 어닐링이라 한다.

일반적으로 탄화물만이 아니라 고용체중에 제2의 상이 석출하는 경우 석출초기를 제외하고는 제2 상은 구상으로 존재하는 것이 가장 에너지가 낮은 안전된 상태라 하겠다. 그러나 퍼라이트(Pearlite) 조직 중의 세멘타이트(cementite Fe_3C)는 판상을 이루며 과공석강(공구강)의 망상세멘타이트로 판상에 가까운 형태를 하고 있다. 이와 같이 판상으로 석출하는 것이 용이하고 성장속도도 빠르기 때문이며 이 판상세멘타이트도 적당한 고온

에서 장시간 가열하면 그의 표면장력으로 차차 에너지가 낮은 구상으로 변화한다 (그림 4 참조). 그림 5는 실제의 구상세멘타이트 조직의 예를 표시한 것이다.

퍼라이트 중의 세멘타이트도 $A_1(727^\circ C)$ 점 직하의 온도에 유지하더라도 구상화는 진행된다.

세멘타이트가 구상화되면 경한 세멘타이트로 차단되어

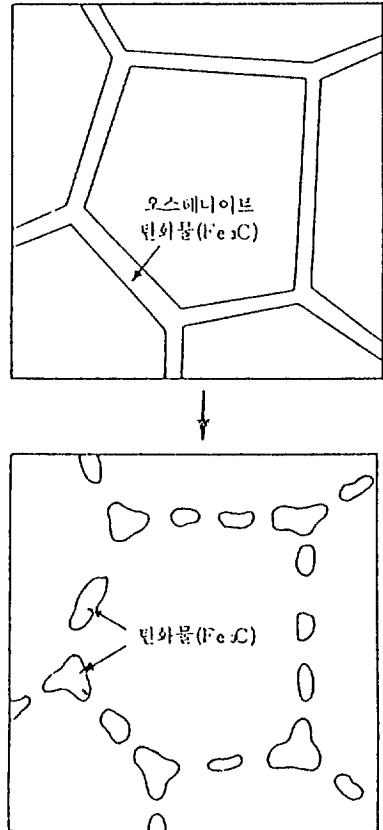


그림 4. 망상세멘타이트의 구상화

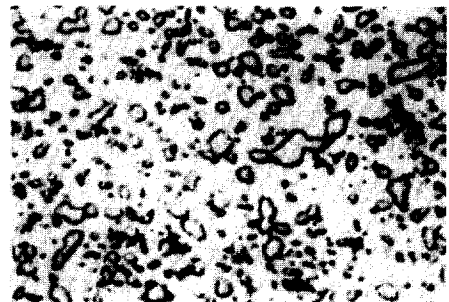


그림 5. 구상 세멘타이트 조직

있던 조직 중의 연한 페라이트(ferrite)입자가 서로 연결되며 특히 가열시간이 길어짐에 따라 구상세멘타이트는 응집되어가므로 입자수가 적어지고 또한 입자는 크게 성장하여 페라이트의 연속성은 더욱 좋아진다. 따라서 경도는 차차 저하하고 소성가공 및 절삭가공이 용이하게 된다. 그림 6은 가로축에 1mm²내에 존재하는 탄화물의 입자수를 취하고 이들 입자의 응집에 의한 연화양상을 표시하였다. 공구강에서 탄화물을 구상화할 때 이점은 켄칭조작의 진척리로서 켄칭 후의 인성증가, 켄균일방지효과를 기대할 수 있다.

그림 7은 일반적으로 추천되고 있는 구상화 어닐링의 열처리 선도를 표시한 것이다.

그림 7에서 (1)은 A₁점 직하온도(650~700°C)로 가열하는 것으로 냉간가공재나 켄칭제에 적용되며 조대함 망상탄화물은 이 방법으로는 구상화가 어렵다.

(2)의 방법은 A₁의 직상 직하로 몇번 반복 가열 및 냉각하는 것으로 A₁이상에서는 망상탄화물을 응집시키기 위해 또한 A₁ 직하에서는 A₁ 이상에서 구상화한 탄화물 위에 석출한 세멘타이트를 부착 성장시키기 위한 것으로 작은 공구에 적용된다.

(3)은 A₃ 또는 A_{cm} 이상으로 가열하여 탄화물을 완전히 오스테나이트에 용해 시킨 후 급냉(예로서 유증 켄칭) 하고

(1) 또는 (2)의 방법으로 구상화 처리하는 방법으로 서 이 때는 켄칭균열에 대해 주의해야 한다.

(4)는 A₁이상 A_{cm}이하의 온도로 가열한 후 Ar₁이하까지 서냉하는 방법으로 탄소강의 경우는 탄소량에 따라 가열온도가 다르다.

C%와 가열온도에 대해서는 그림 8을 참고하기 바란다.

6. 공구강의 켄칭

일반적으로 공구강은 탄화물을 포함하고 있으므로 탄화물계라 부르며 탄화물이 없는 구조용강은 페라이트계라 부른다. 구조용강에서 변태점을 지나면 페라이트는 바로 오스테나이트에 용해되어 버리며 이 오스테나이트를 급냉하므로써 경화가 일어난다.

그러나 공구강의 켄칭에서는 페라이트가 오스테나이트로 된 것만으로는 어렵다. 즉 탄화물의 일부가 소지에 용해되어 있어야 한다.

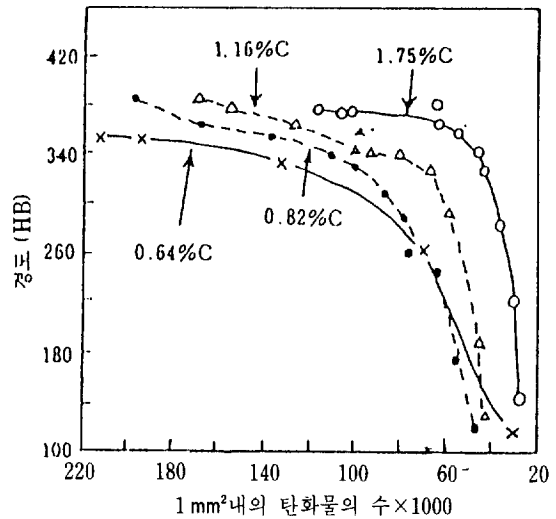


그림 6. Q.T 처리한 탄소강의 경도의 탄화물의 수

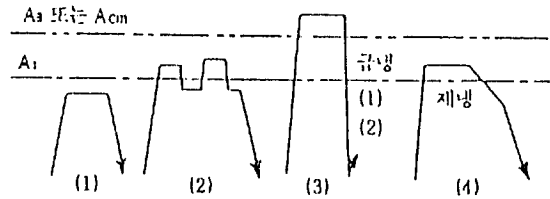


그림 7. 세멘타이트의 구상화를 위한 일반적 열처리선도

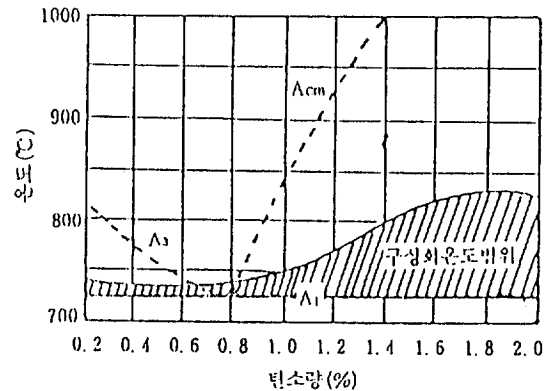


그림 8. 탄소강의 구상화어닐링 온도범위

탄화물은 앞에서 설명한 것과 같이 콘크리트내의 자갈과 같은 역할을 하며 이 탄화물을 적당량 소지에 용해시키므로써 경화가 일어난다. 그러므로 탄화물이 용해되는 데 필요한 시간적인 여유를 주어야 한다.

그러므로 가열유지시간이 문제가 된다. 공구강에서는

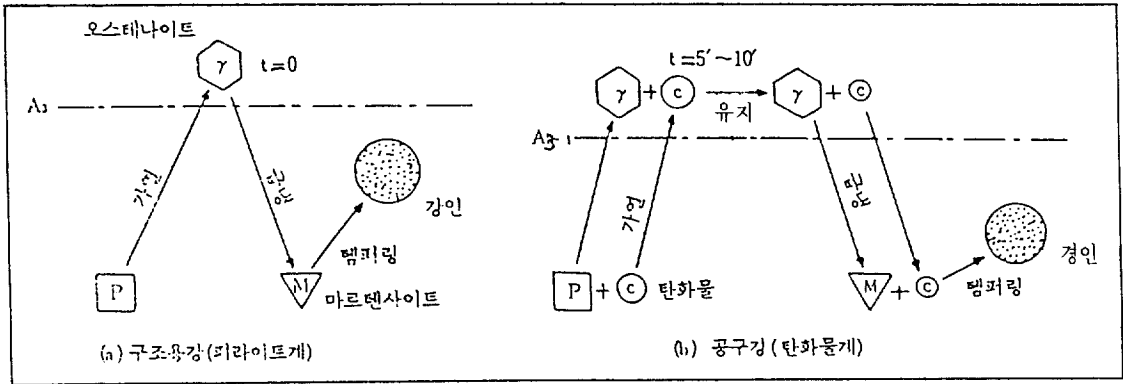


그림 9. 구조용강과 공구강에서는 오스테나이트에서의 유지시간이 다르다

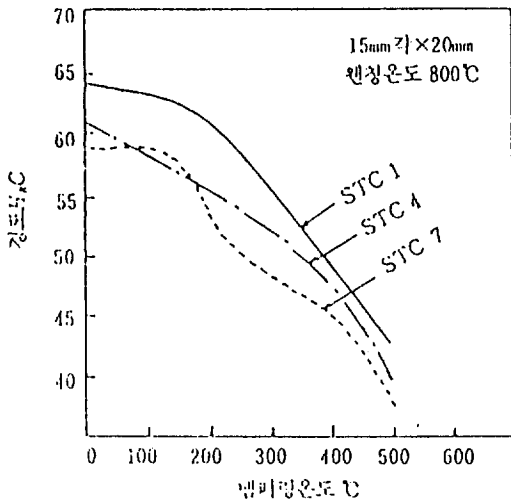


그림 10. STC재의 QT 경도변화

그 탄화물의 종류, 크기, 양에 따라 유지시간이 달라진다(그림 9).

탄화물이 크면 용해되는 시간이 길어진다. 철탄화물 (Fe_3C)는 고온 입자이다. 그러므로 STC1~7은 그다지 시간을 변화시키지 않더라도 좋으며 약 5분 정도로 족하다.

이러하여 퀴칭처리를 끝낸 공구강은 150~200°C의 낮은 온도에서 템퍼링 한다.

이와같이 공구강에서는 탄화물의 거동에 주의해야 하며 온도, 시간, 탄화물의 형태 이 세가지를 확실히 결정하고 열처리에 임해야 한다.

7. 탄소공구강의 특성

STC재는 C%가 높고 탄화물은 세멘타이트(Fe_3C)로 퀴칭경도가 높으나 열에 약하다. 즉 사용중 온도의 상승이 있으면 경도가 떨어져 제 기능을 발휘할 수 없게 된다. 따라서 절삭열이 없는 조건에서 사용하는 것이 좋다. 따라서 목공구 대패, 톱, 망치, 줄 등의 제작에 적합하다.

그림 10은 STC재의 퀴칭 후 템퍼링에 따른 경도의 변화를 나타내었다.

그리고 이 재료는 탄화물이 미세하므로 마무리 가공 후 표면이 대단히 아름답다.

8. 탄화물의 종류와 그의 경도

공구강에 있어서 탄화물의 중요한 점을 이미 설명하였으나 이 탄화물의 종류와 경도범위를 다음 그림 11에 표시하였다. 탄화물은 금속원소와 탄소의 화합물이므로 일반적으로 $MxCy$ 의 형태로 표시한다. 왼쪽의 M_3C 중 가장 대표적인 것이 Fe_3C (세멘타이트)로서 그의 경도가 가장 낮으며 1개의 C원자와 결합하는 M의 수가 적을수록 즉 오른쪽으로 갈수록 경도는 높아짐을 알 수 있다. 즉 V 및 Ti의 탄화물의 경도가 가장 높다.

9. 결 언

공구용 탄소강재는 사용량으로 볼때 전체공구강의 과

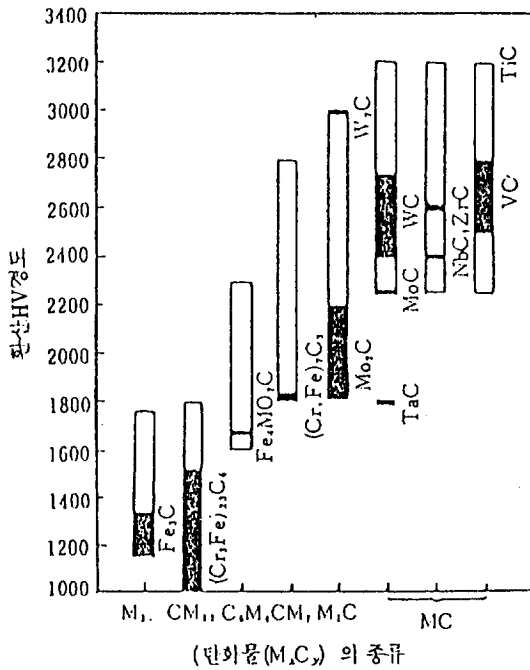


그림 11. 각종 탄화물의 경도범위와 그 대표예

반을 차지하며 절삭공구, 다이스 기타 성능면에서 비교적 가벼운 요구도에의 용도에 널리 사용되고 있다.

표 2. 炭素工具鋼의 基本的 性質의 比較

鋼 種	耐磨耗性	熱間強	靱性	硬化性	熱處理變形	被削性
STC1	4	1	3	1	1	9
STC2	4	1	3	1	1	9
STC3	4	1	4	1	1	9
STC4	3	1	5	1	1	9
STC5	3	1	6	1	1	9
STC6	2	1	7	1	1	9
STC7	2	1	7	1	1	9

탄소는 본재의 성질을 지배하는 중요 원소이므로 STC1부터 STC7까지의 것은 탄소에 의해 분류되어 있으며 탄소량이 높을수록 열처리시 미고용된 잔류세멘타이트의 양이 많게 되어 취성이 생기게 된다.

따라서 탄소량이 낮은 재료는 인성을 요구하는 공구에 반대로 탄소량이 많은 것은 경도, 내마모성, 절삭능력 등을 요구하는 공구에 사용하게 된다. 그러나 이들 STC재는 열을 수반하는 공구로서 쓸 수 없다. 따라서 일반적으로 목공용 공구에 널리 이용된다. 표 2는 이들 강재의 기본성질을 비교한 것으로 많은 참고가 되리라 믿는다.