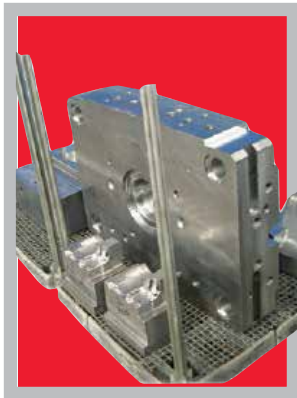


ASSAB

금형강 열처리



본 브로슈어는 금형강이 어떻게 열처리되며, 열처리 동안 어떻게 거동하는지에 대한 일반적인 개념들을 제공합니다. 경도, 인성 및 치수안정성에 초점이 맞춰져 있습니다.

금형 공구강이란

금형 공구강은 화학성분을 제어하고 특성을 개선하는 공정을 통해 작업재를 가공하고 성형하는 데 유용하도록 만든 고품질 강재입니다. 금형 공구강의 탄소 함량은 0.1% 에서 1.6% 정도의 범위에 있으며 많은 부분이 크롬, 몰리브덴, 바나듐과 같은 합금 성분과 결합되어 있습니다.

금형 공구강은 블랭킹 및 포밍, 플라스틱 금형, 다이캐스팅, 압출 및 단조와 같은 적용분야에 사용되어 집니다.

합금설계, 강의 제조공정 및 열처리 품질은 제공된 강재의 강화된 특성과 함께 금형 공구 및 부품을 개발하기 위한 주요 인자입니다.

내구성, 강도, 내식성 및 고온안정성같은 이점은 순수 금형 공구 적용만큼이나 다른 목적만큼 매력적입니다. 이러한 까닭으로 금형 공구강은 다른 많은 산업에 전략적부품으로 사용되는 건설 및 공업용 강재보다 더 양질이 필요합니다.

고급 재료를 사용하면 유지보수

비용이 적게 들고 부품이 가벼워지며 정밀도가 높아지고 안정성이 향상합니다.

ASSAB 은 주로 플라스틱 성형, 블랭킹 및 성형, 다이캐스팅, 압출, 단조, 목공 산업, 재활용 산업, 부품 사업과 같은 목적을 위해 고품금 강재 금형 공구강 제품에 중점을 두고 있습니다. 이러한 제품군에는 분말 야금(PM)강도 들어갑니다.

금형 공구강은 보통 연화 소둔 상태로 공급됩니다. 이 상태는 절삭공구로 쉽게 가공할 수 있으며, 미세조직도 열처리에 적합합니다.

이런 연화 소둔 미세조직은 탄화물이 내부에 박혀 있는 연화 조직으로 구성됩니다. 아래 사진을 참조하십시오.

탄소강에서, 이 탄화물은 철 탄화물이고, 합금강에서는 강의 구성에 따라 크롬(Cr), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V) 탄화물입니다. 탄화물은 탄소 및 합금 원소로 이루어진 화합물이며 매우 높은 경도를 특징으로 합니다. 탄화물 함량이 높을수록 내마모성이 높아집니다.

또한 조직내 용해되는 코발트(Co) 및 니켈(Ni)과 같은 탄화물을 형성하지 않는 합금성분도 사용됩니다. 코발트는 일반적으로 고속도강의

열간 경도를 높이는 데 사용되고, 니켈은 열처리 특성을 향상시키는 데 사용되며 또한 열처리 상태에서 인성을 증가 시킵니다.

소입 및 뜨임

금형 공구를 소입할 때, 많은 인자들이 결과에 영향을 줍니다.

이론적 측면

연화 소둔 강재에서 대부분의 탄화물 형성 합금 성분은 탄화물로서 탄소와 결합되어 있습니다.

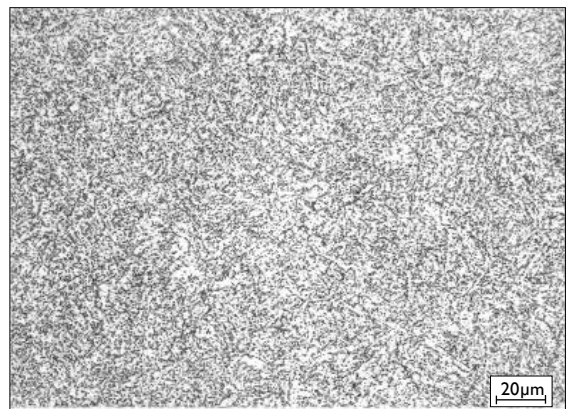
강재가 소입 온도로 가열될 때, 조직은 페라이트에서 오스테나이트로 변환됩니다. 이것은 철 원자가 원자격자에서 위치를 바꾼다는 것과 다른 결정입계로 새로운 격자구조를 생성한다는 것을 뜻합니다.

오스테나이트는 탄소 및 합금 성분的高용한계가 높고 탄화물은 어느 정도까지 조직내로 용해됩니다. 이러한 방법으로 인해 조직은 조대입계가 형성되지 않고 소입 효과를 주는 탄화물 형성 합금 성분이 필요합니다.

소입 작업 시 강이 충분히 빠르게 퀘칭되면, 탄소 원자는 소둔 될 때와는 다르게 오스테나이트에서 페라이트로 재 형성될 수 있는 재배열 시간을 가질 수 없게 됩니다. 이러한 경우 탄소원자는 충분한 공간을 갖지

내용

금형 공구강	2
소입과 뜨임	2
치수와 형상 안정성	9
표면처리	10
기계적 특성 시험	12
금형 설계 시 몇가지 제언	13
열처리 후 경도	14
경도 변환표	15



Dievar 연화소둔한 미세조직

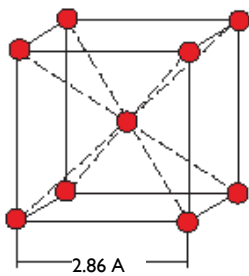
“ASSAB” 및 로고는 등록 상표입니다. 이 정보는 현재의 지식을 기반으로 우리의 제품 및 그 사용에 대한 일반사항을 제공하기 위한 것입니다. 따라서 설명 된 제품 또는 특정 목적에 대한 적합성에 대한 보증의 특정 속성의 보증으로 해석되어서는 안됩니다. ASSAB 제품의 사용자는 ASSAB 제품 및 서비스의 적합성 여부를 스스로 판단 할 책임이 있습니다.

20201118 판

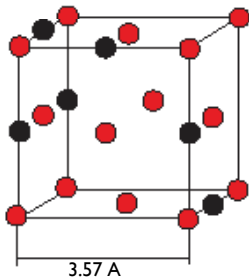
못한 상태에서 고정되며, 결과적으로 높은 미세응력이 발생하여 경도가 증가하게 됩니다. 이러한 경화 구조를 마르텐사이트라 부릅니다. 즉, 마르텐사이트는 페라이트 내에 강제로 탄소가 고용된 것으로 볼 수 있습니다.

강이 소입 될 때, 조직은 완전히 마르텐사이트로 변환되지는 않습니다. 일부의 오스테나이트가 항상 남게 되며, 이러한 것들을 잔류 오스테나이트라고 합니다. 그 잔류량은 합금원소가 증가할수록, 소입 온도가 높을수록, 그리고 장입 시간이 길어질수록 퀴칭 속도가 느릴수록 증가합니다.

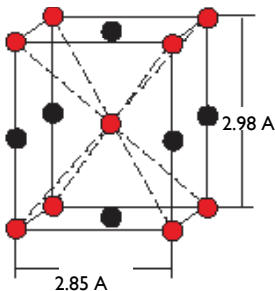
- = 철 원자
- = 탄소 원자의 가능 위치



페라이트 결정 단위 입계 체심입방격자 (BCC).



오스테나이트 결정 단위 입계 면심입방격자(FCC).



마르텐사이트 결정 단위 입계 정방정계

냉각 이후, 강은 마르텐사이트, 잔류 오스테나이트 그리고 탄화물로 구성된 미세조직을 갖습니다. 이러한 구조는 쉽게 균열을 발생하는 내재 응력을 갖게 됩니다. 그러나 이것은 특정 온도에서 강을 재 가열하여 응력을 감소시키고, 재 가열 온도에 따라 일정 수준으로 잔류 오스테나이트를 변형시킴으로 방지할 수 있습니다. 이러한 소입 후 재 가열을 뜨임이라 합니다. 금형강은 소입 후 바로 반드시 뜨임 작업해야 합니다.

저온 뜨임은 마르텐사이트에만 영향을 주고, 고온 뜨임은 잔류 오스테나이트에까지 영향을 줍니다.

일차 고온 뜨임 이후, 미세조직은 템퍼드 마르텐사이트, 새롭게 만들어진 마르텐사이트와 일부 잔류 오스테나이트 및 탄화물로 구성됩니다.

석출된 2차(새로 형성) 탄화물과 새로 형성된 마르텐사이트는 고온 뜨임에서 경도를 증가시킬 수 있습니다. 고속도강 및 고합금 공구강의 소위 2차 경화라고 하는 전형적인 상태입니다.

일반적으로 강재의 용도에 따라 경도수준이 요구되므로 열처리 인자는 요청 경도에 맞춰 범위가 정해집니다. 경도가 마르텐사이트 조직에서 탄소의 함량, 소재내 미소 응력, 잔류 오스테나이트 양 및 뜨임 간 석출 탄화물의 양과 같은 여러 다른 인자의 결과라는 것을 염두에 두는 것은 중요합니다.

이러한 인자의 다른 여러 조합으로도 동일한 경도 수준을 얻는 것은 가능합니다. 이러한 조합들은 다른 열처리 사이클에 부합하지만, 어떤 경도는 소재의 특성에 특별히 부합한다고 보장하지는 못합니다. 소재 특성은 얻어진 경도가 아닌 미세조직 및 열처리에 의해 결정됩니다.

열처리 품질은 요구 경도뿐만 아니라 적용 목적에 따른 소재의 특성을 최적화하는 데 있습니다.

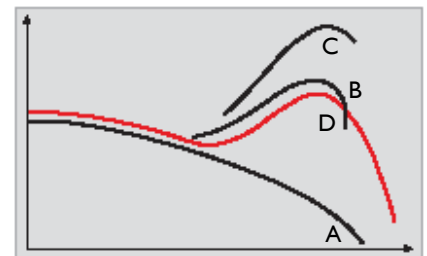
금형 공구강은 적어도 두번

뜨임처리 해야 합니다. 이차 뜨임은 초기 뜨임 처리 후 냉각 동안 새로 형성된 마르텐사이트를 처리합니다.

다음과 같은 경우에는 3회 뜨임 처리를 권장합니다.

- 고탄소 고속도강
- 다이캐스팅 금형과 같은 복합 열간 금형
- 플라스틱 사출용 대형 금형
- 높은 치수안정성이 필요한 경우 (예: 측정계기 또는 IC 금형)

경도



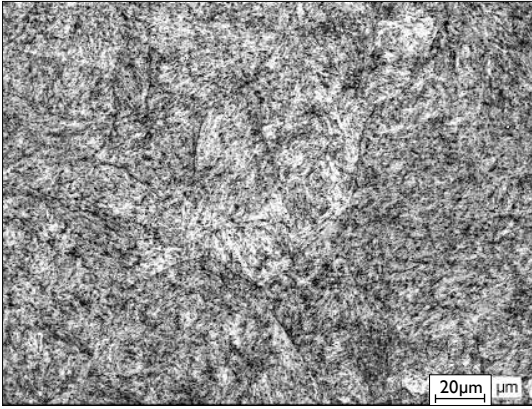
- A = 마르텐사이트 뜨임 처리
- B = 탄화물 석출
- C = 잔류 오스테나이트가 마르텐사이트로 변환
- D = 고속강 및 고합금 공구강 뜨임 처리 곡선
- A+B+C = D

도표는 2차 경화에 대한 다양한 요인의 영향을 보여줍니다.

응력 제거

공구를 황삭 가공할 때 열처리에 의한 뒤틀림은 반드시 고려해야 합니다. 황삭가공은 소재 내부에 열적 기계적 응력을 가져옵니다. 이는 단순한 설계의 대칭 부분에서는 그다지 크지 않지만 다이캐스팅 금형의 한쪽 부분 같은 비 대칭적이고 복잡한 기계가공에는 매우 중요합니다. 이러한 경우에는 응력제거 열처리를 항상 권장합니다.

이 처리는 황삭 가공 후 열처리 전에 이루어지며, 550~700°C 온도에서 가열합니다. 소재는 심부까지 동일한 온도에 도달할 수 있을 때까지 가열하며, 2-3시간 유지 후 가열로 같은 곳에서 서냉해야 합니다.



Dievar, 열처리 조직

서냉이 필요한 이유는 열에 의한 새로운 응력을 피해 응력이 없는 소재상태로 만들기 위한 것입니다.

응력제거의 개념은, 상승된 온도에서 소재의 항복강도가 매우 낮아짐에 따라, 소재가 내부 응력을 저항하지 못한다는 것을 기반으로 합니다. 항복강도가 초과되면서 응력이 방출되고, 결과적으로 더하거나 덜한 정도의 소성변형이 생깁니다.

잠재된 중요성을 고려한다면 응력제거가 너무 많은 시간이 소요된다는 핑계는 타당하지 않습니다. 반제품 가공 중에 부품을 수정하는 것은 본 열처리 금형을 정삭가공으로 치수 조정하는 것보다 거의 예외 없이 저렴합니다.

소입 온도까지 가열

이미 설명한 바와 같이, 소재 내부 응력은 열처리 동안 뒤틀림을 발생시킵니다. 이러한 이유로 가열 중 열 응력 발생을 피해야 합니다.

따라서 소입 온도까지 가열하는 기본적인 원칙은 서서히 조금씩 올려 분당 몇 도 정도로만 증가해야 한다는 것입니다. 모든 열처리에서 가열과정은 램핑(ramping)이라 합니다. 소입 시 램핑은 여러 단계를 거치는 데 각 온도마다 온도를 멈추게 되는데 일반적으로 예열 단계라고 합니다. 목적은 부품의 표면과 심부간에 온도를 평형화 하려는 것입니다. 전형적인 예열 온도는 600~650°C 및 800~850°C입니다.

복잡한 형상의 대형 금형의 경우 오스테나이징 구간과 가까운 온도에서 세번째 예열과정을 권장합니다.

소입 온도에서의 유지 시간

모든 가열 상황에 적용되는 정확한 권고사항을 간략하게 언급하는 것은 가능하지 않습니다.

노의 종류, 소입 온도, 노의 크기에 따른 차지 중량, 차지 당 다른 부품들의 형상 등과 같은 인자들은 매 상황에 따라 고려되어야 합니다.

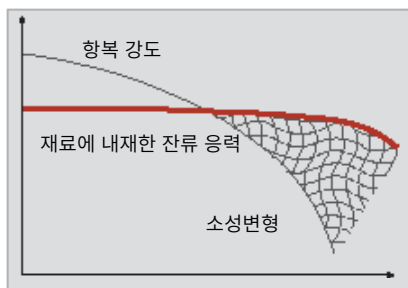
열전대의 사용은 노안에 여러 금형이 장입된 여러 위치에서 온도를 살펴볼 수 있어야 합니다.

노안에서 금형의 심부가 최종 온도에 도달하면 예열단계는 끝이 납니다. 이 온도에서 일정시간 동안 온도는 유지됩니다. 이것을 유지시간이라 합니다.

일반적으로 유지시간은 30분입니다. 고속도강의 경우 소입 온도가 1100°C 이상이면 유지시간은 짧아집니다. 만일 유지시간이 초과된다면 입계 성장과 같은 미세조직 문제가 발생합니다.

본 열처리 전 정확한 작업 절차는 황삭 가공, 응력제거 그리고 중정삭 가공 순입니다.

MPa



온도



열전대의 사용은 열처리 중 여러 위치의 온도를 개괄적으로 확인할 수 있습니다. 사진 : voestalpine High Performance Metals CZ s.r.o.체코

담금질(퀀칭)

빠르거나 느린 퀀칭 속도의 선택은 종종 절충됩니다. 최상의 미세조직과 성능을 얻기 위해서는 퀀칭 속도가 빨라야 합니다. 뒤틀림을 최소화하기 위해서는 느린 퀀칭 속도가 권장됩니다.

느린 담금질은 부품의 표면과 중심 사이의 온도 차이를 줄이고 두께가 다른 부분의 냉각 속도를 더 균일하게 만듭니다.

이것은 M_s 온도 아래의 마르텐사이트 범위를 담금질할 때 매우 중요합니다. 마르텐사이트 형성은 재료 부피와 응력을 증가시킵니다. 또한 상온에 도달하기 전 일반적으로 $50-70^\circ\text{C}$ 에서 담금질을 중단해야 하는 이유이기도 합니다.

그러나 담금질 속도가 너무 느리면, 특히 소재가 두꺼운 단면의 경우 미세 조직이 바람직하지 않은 상변태가 발생하여 공구 성능이 저하될 수 있습니다.

요즘 합금강의 퀀칭 매체로는 유냉, 폴리머 용제, 공냉 및 불활성 가스를 사용합니다. 염욕로를 사용하는 일부 열처리 공장이 있지만 이 기술은 환경 고려 차원에서 사라지는 추세입니다.

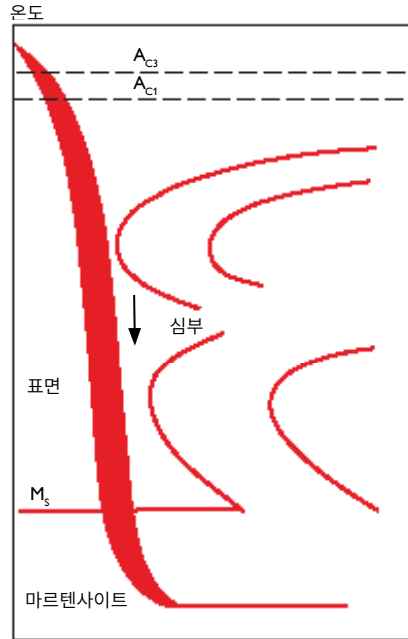
유냉 및 폴리머 용제는 일반적으로 저합금강과 탄소 함량이 낮은 공구강에 사용됩니다.

공냉은 대부분 망간, 크롬, 몰리브덴이 결합된 고경도 강재에 사용됩니다.

스텝 퀀칭 또는 마르 템퍼링을 통해

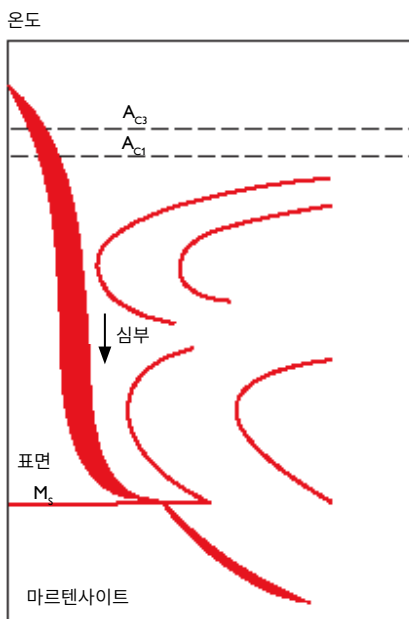


열처리 장비 준비
사진 : voestalpine High Performance Metals CZ s.r.o... 체코



CCT 도표로 나타낸 퀀칭 공정

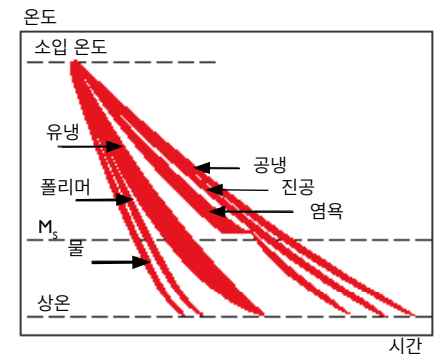
변형과 담금질 균열 위험을 줄일 수 있습니다. 이 공정 간 소재는 두 단계로 퀀칭됩니다. 먼저 표면 온도가 M_s 온도 바로 위에 올 때까지 소입 온도에서 냉각합니다. 그런 다음 표면과 심부온도가 균등해질 때까지 유지합니다. 그 후, 냉각 과정을 이어갑니다. 이 방법을 사용하면 중심과 표면이 거의 동시에 마르텐사이트로 변형되어 열 응력이 감소합니다. 진공로에서 담금질할 때도 스텝 퀀칭이 가능합니다.



마르템퍼링 또는 스텝 퀀칭

얻을 수 있는 최대 냉각 속도는 강재의 열전도도, 퀀칭 매체의 냉각 용량, 해당 부분의 단면적에 따라 다릅니다.

퀀칭 속도가 부족하면 금형 중심부 입계면에 탄화물 편석이 발생하며 이는 강의 기계적 특성에 매우 해롭습니다. 또한 대형 금형의 표면 경도는 심부로 부터 표면으로 이동하는 열량이 높아 자체 뜨임 효과가 발생하여 얇은 부분보다 두꺼운 부분이 낮을 것입니다.



다양한 매체를 통한 냉각 속도

몇가지 실제적인 고려사항

고온에서 강재는 산화 및 탄소함량면에서 변이(탄화 또는 탈탄)가 쉽게 발생합니다. 보호가스 및 진공기술은 이러한 문제의 해결방안이 됩니다.

탈탄은 낮은 표면 경도 및 크랙의 위험을 가져옵니다.

반면 탄화는 두 가지 다른 문제점의 원인이 될 수 있습니다.

- 먼저 쉽게 확인되는 것은 취약한 경화 표면층의 형성입니다.
- 두번째 문제로는 표면에 잔류 오스테나이트입니다.

잔류 오스테나이트는 광학 현미경으로 관찰할 때 페라이트와 혼동될 수 있습니다. 또한 이 두가지 상은 유사한 경도를 가지므로, 처음 관찰 시 어떤 경우에는 완전히 반대 문제점인 탈탄으로 판단하게 될 수도 있습니다.



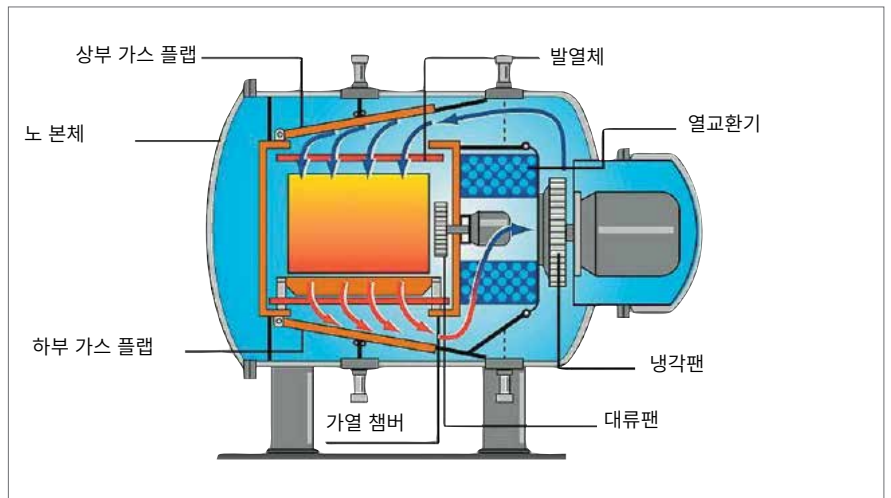
분위기 제어 배치형 로 사진 : Bodycote Stockholm, 스웨덴.

진공 기술

진공 기술은 근래 고합금강의 열처리 시 대부분 사용되는 기술입니다.

진공 열처리는 청정공정으로 나중에 부품을 세척할 필요가 없습니다. 또한, 고도의 자동화, 낮은 유지보수, 환경친화적인 안정적인 공정제어를 제공합니다. 이러한 모든 요소를 갖춘 진공 기술은 고품질 부품에 특히 매력적입니다.

대류 열교환 효과는 복사열 기재의 효과에 비해 기능이 떨어집니다. 따라서 대류열 기재는 이러한 새 물리적 조건에서는 효과가 미약하므로 복사의 효과를 최적화하기 위해 질소압력을 줄이게 됩니다. 새로운 질소 압력값은 약 1-7mbar입니다. 이런 미압을 유지하는 이유는 합금 성분의

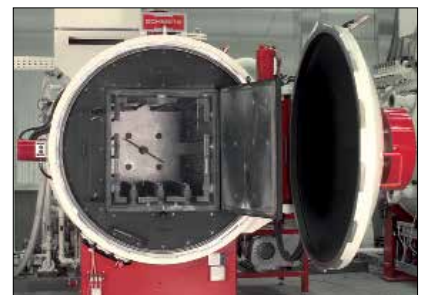


냉각 형태. 상부 냉각, Schmetz GmbH 진공로 도식, 독일

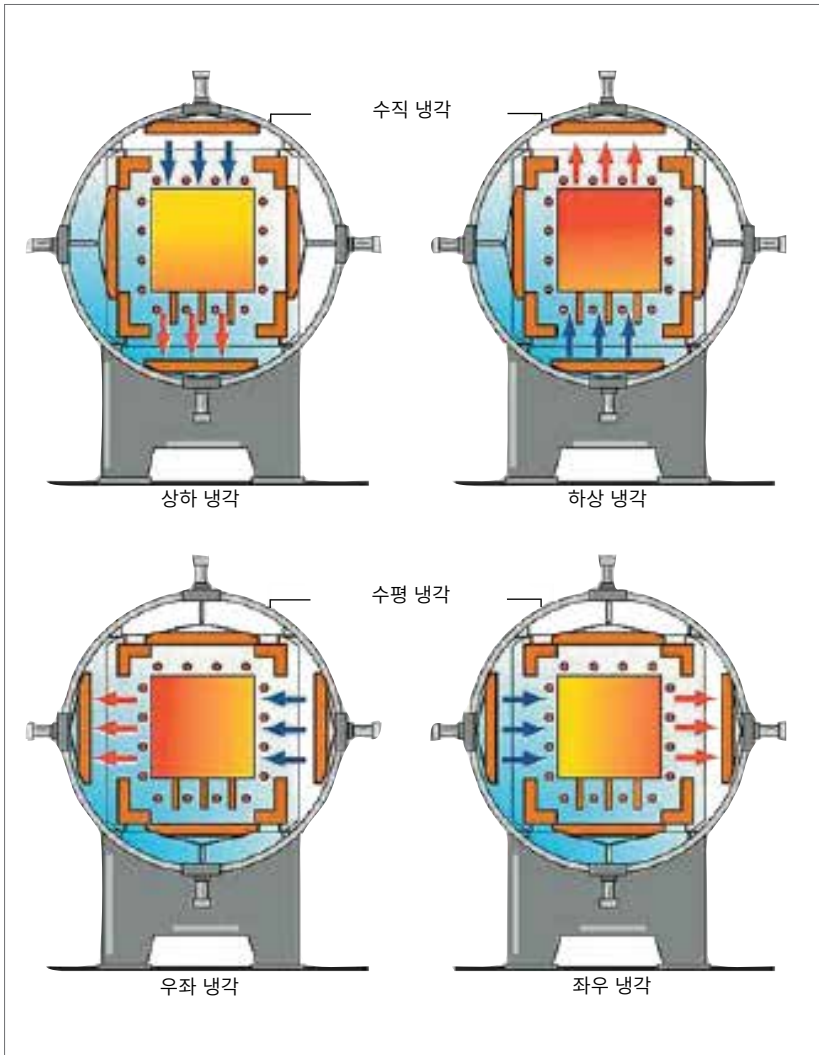
진공로의 여러 단계 기능은 다음과 같이 체계적으로 나열할 수 있습니다.

- 장입 후 진공로를 닫으면 산화방지하기 위해 가열챔버에서 외부로 공기가 배출됩니다.
- 비활성 가스(일반적으로 질소)를 압력이 1~1.5bar 도달할 때까지 가열 챔버에 주입합니다.
- 가열 시스템이 시작됩니다. 비활성 가스는 대류를 통해 열 전달을 할 수 있게 합니다. 이것은 노의 온도를 약 850°C로 가열하는 데 매우 효과적입니다.
- 노가 약 850°C(1560°F)에 도달 했을 때, 열교환 공정에서

승화를 방지하기 위함인데, 즉, 진공으로 인한 합금성분이 탈락하게 되는 것을 방지하는 것입니다. 이런 저압 조건은 가열공정 최종 단계, 소입온도 유지 시간 동안 지속됩니다.



그래파이트 단열재 가열 챔버, 사진 : Schmetz GmbH 진공로, 독일.



냉각 형태. 가열 챔버에서 여러 방향으로의 질소 가스 순환, Schmetz GmbH 진공로 도식, 독일

- 냉각은 가열 챔버로 비활성 가스 (일반적으로 질소)의 교대 방향 대량 주입을 통해 이뤄집니다.
- 노 프로그램 시 사전에 설정한 대로 가열 챔버를 과압에 도달하게 합니다. 최대 과압은 각 노의 공칭 특성이며 이것으로 냉각용량을 가늠할 수 있습니다.



장입조작. 사진 : voestalpine High Performance Metals CZ s.r.o.. 체코

진공로. 사진 : Schmetz GmbH 진공로 독일

뜨임 처리

담금질 직후 소재를 뜨임 처리해야 합니다. 담금질은 50~70°C 온도에서 중단해야 하며 뜨임 처리도 즉시 진행되어야 합니다. 이것이 불가능할 경우 예를 들면 특수한 “핫 캐비닛”에 해당 재료를 넣어 뜨임 처리할 때까지 따뜻하게 유지해야 합니다.

담금질한 소재에 내재한 응력은 담금질 공정 직후에 뜨임 처리하지 않으면 결정 구조가 깨지고 균열이 발생할 수 있으므로 주의해야 합니다. 이러한 결정 구조의 파손은 폭발적으로 발생할 수 있습니다. 따라서 가급적 빨리 뜨임 처리하는 것은 부품을 균열로부터 보호하는 것뿐 아니라 인명적인 안전 문제면에서도 매우 중요합니다.

ASSAB은 광범위한 실험과 측정을 수행하고 경도, 인성, 치수 변화, 잔류 오스테나이트에 관한 결과 데이터를 수집해 도식화 자료를 보유하고 있습니다. 이 그래프는 다양한 강종을 아우르며 올바른 뜨임 처리 온도를 선택하는 데 큰 도움이 됩니다.

뜨임 처리 온도를 선택할 때 최우선 순위는 기계적 특성이 되어야 합니다. 작은 치수 정도는 최종 정삭 가공 단계에서 다소 조정이 가능하기 때문입니다.

뜨임 처리 후 얻은 기계적 및 물리적 특성은 뜨임 처리 온도 선택에 크게 좌우됩니다. 뜨임 처리 온도가 고온일 때가 저온 뜨임보다 잔류 오스테나이트 함량이 낮습니다. 따라서 재료의 압축 강도가 높고 치수 안정성(작업 및 표면 코팅 시)이 향상됩니다.

고온에서 뜨임 처리할 때, 열전도성도 높아지는 등 다른 특성에서도 차이가 보입니다.

2차 탄화물의 석출은 고온에서 고함금강 뜨임 시 발생합니다. 이로 인해 내식성은 저하되지만 내마모성은

다소 올라갑니다. 금형을 방전가공(EDM)하거나 코팅해야 하는 경우 고온 뜨임 처리가 필요합니다.

뜨임 처리 실시 횟수는?

일반적으로 금형 공구강에는 뜨임 처리를 2회 권장하지만 단면이 큰 경우, 복잡 형상을 가진 부품, 치수 안전성이 매우 높게 요구되는 경우는 예외로 합니다. 이러한 경우에는 보통 3차 뜨임 처리가 필요합니다.

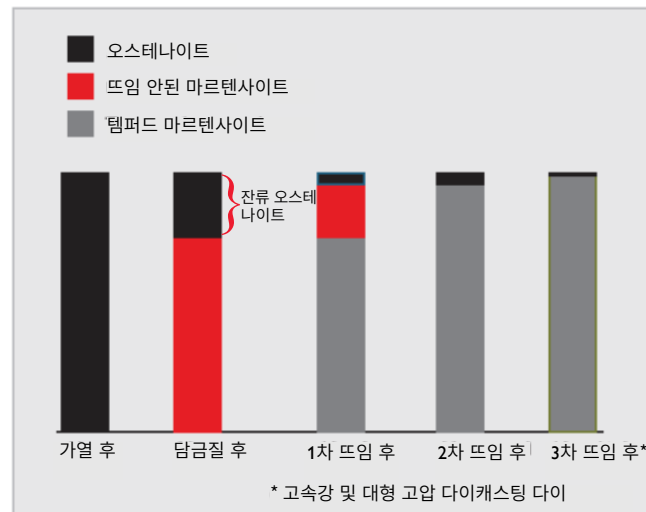
담금질의 기본 규칙은 50~70°C에서 중단하는 것입니다.

따라서, 뜨임 처리 대기 중인 재료에는 변환되지 않은 잔류 오스테나이트가

일정 정도 남아있습니다. 뜨임 후 소재를 냉각하면, 대부분의 오스테나이트는 새로 형성된 마르텐사이트 (뜨임되지 않은)로 변환됩니다. 2차 뜨임 처리는 선택한 경도 수준에서 소재에 최적의 인성을 가져옵니다.

뜨임 관련 유지 시간

여기에는 대부분의 경우에 적용할 수 있는 일반 규칙이 있습니다. 일단 금형을 숙열하고 나면 매 최종 온도에서 최소 2시간 유지합니다.



열처리 단계에 따른 상 함량 변화



열처리 전
장입판에 위치시킨
알루미늄림용 하부
다이
사진 : voestalpine High
Performance Metal
Anonim Sirketi

치수 및 형상 안정성

금형 공구강의 소입 및 뜨임 처리 중 변형

금형 공구강이 소입 및 뜨임 될 때, 일반적으로 약간의 굽힘과 뒤틀림이 발생합니다. 이것은 잘 알려져 있고 열처리 작업 전에 금형에 약간의 가공 여유를 두는 것이 일반적입니다. 그렇게 하면 예를 들어 연삭 같은 방식으로 소입 및 뜨임 처리한 후에 공구를 올바른 치수로 조정할 여지가 생깁니다.

변형은 왜 발생하는가?

원인은 재료가 가진 응력입니다. 이러한 응력은 다음처럼 분류할 수 있습니다.

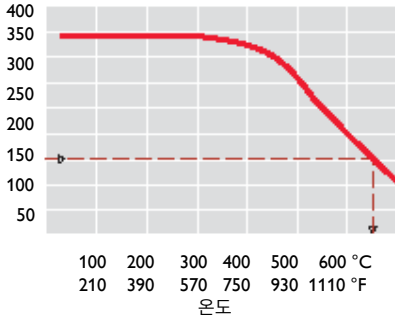
- 가공응력
- 열응력
- 상변태응력

가공응력

선삭, 밀링, 연삭 또는 모든 유형의 냉간 작업 등 가공 작업 중에는 가공 응력이 발생합니다.

부품에 응력이 쌓이면 가열하는 동안 응력이 풀려납니다. 가열은 강도를 줄이고 국부적 변형을 통해 응력을 완화합니다. 이로 인해 전반적인 변형이 발생할 수 있습니다.

항복 강도Rp0.2 MPa



연화소둔처리한 ASSAB 8407 Supreme의 항복 강도에 미치는 온도 영향

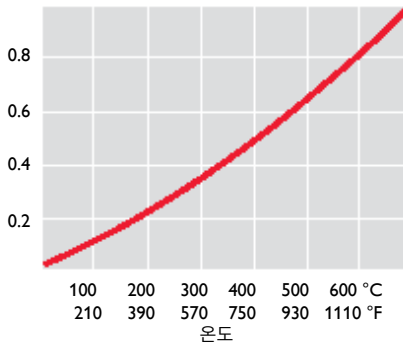
소입 공정에서 가열하는 동안 변형을 줄이려면 소입 작업 전에 응력 제거 작업을 수행해야 합니다. 황삭 가공 후 재료의 응력을 제거할 것을 권장합니다. 그러면 본 열처리 작업 전 어떤 변형도 반제품 가공으로 수정할 수 있습니다.

열응력

이 응력은 소재에 온도 구배가 있을 때, 즉 온도가 부품 전체적으로 일치하지 않은 한 때 발생합니다. 가열 속도가 올라가면 열응력도 증가합니다. 균질하지 않은 가열은 불균질한 팽창 속도 때문에 부피의 국부적인 변이를 가져오고, 이는 또한 응력 및 뒤틀림이 생기도록 합니다.

이 문제를 해결하기 위해 표면과 중심 사이 온도가 균일해지도록 단계적으로 재료를 가열하는 것이 일반적입니다.

선팽창 mm/100 mm



연화소둔처리한 ASSAB 8407 Supreme의 선팽창에 미치는 온도 영향

부품 전체에 걸쳐 온도를 거의 동일하게 유지하려면 항상 충분히 천천히 가열하도록 합니다.

이러한 사항은 가열뿐 아니라 냉각에도 적용됩니다. 담금질 동안 매우 강한 응력이 발생합니다. 일반적으로 담금질을 천천히 수행하면 열응력으로 인한 뒤틀림이 줄어듭니다. 그러나 앞에서 언급했듯이 담금질을 신속하게 수행할수록 기계적 성질은

향상됩니다.

퀀칭 매체가 가능한 균질하게 적용되는 것은 중요합니다. 이것은 강제 순환 공냉 또는 보호 가스분위기 (진공로에서와 같이) 를 사용하는 경우 특히 유효합니다. 그렇지 않으면 금형에 온도 차이가 생겨 상당한 뒤틀림이 발생할 수도 있습니다.

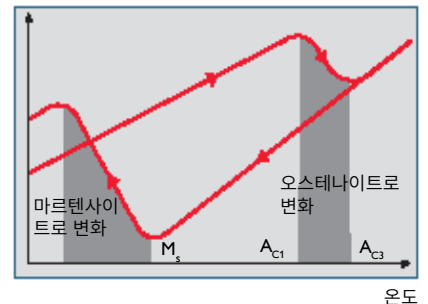
상변태응력

강의 미세 조직이 변형될 때 상변태응력이 발생합니다. 이것은 세 가지 미세조직(페라이트, 오스테나이트, 마르텐사이트)이 다른 밀도 즉 체적이 다르기 때문입니다.

열처리 동안 발생하는 모든 미세 조직 변화 중에서, 가장 큰 변태응력 변화는 오스테나이트가 마르텐사이트로 변할 때 생깁니다. 이 때 체적이 증가합니다.

또한 지나치게 빠르거나 불균질한 퀀칭 또한 국부적인 마르텐사이트 변형을 일으키며 부분적으로 체적이 증가되고 그 위치에 응력이 발생합니다. 이러한 응력으로 인해 뒤틀림이 발생하고 경우에 따라 소입 균열이 생길 수 있습니다.

체적



조직 변화에 따른 체적 변화

뒤틀림을 감소시킬 방법

다음을 통해 변형을 최소화할 수 있습니다.

- 설계를 단순하고 대칭적으로 유지
- 황삭 가공 후 응력 제거로 가공응력 제거
- 소입온도까지 천천히 가열
- 적절한 강재 사용
- 강의 정확한 미세조직을 얻기에 충분한 빠르기로 가능한 천천히 시행되는 담금질
- 마르템퍼링 또는 스텝 퀴칭 사용
- 적절한 온도에서 뜨임 처리

가공 공차에 대한 다음 값을 지침으로 사용할 수 있습니다.

ASSAB 강재	길이와 직경에 대한 가공 공차 % (치수 대비)
ASSAB DF-3	0.25 %
CALDIE	0.25 %
CALMAX/CARMO	0.20 %
CHIPPER/VIKING	0.20 %
ASSAB XW-10	0.20 %
ASSAB 88	0.25 %
ASSAB XW-42	0.20 %
VANADIS 4 EXTRA SUPERCLEAN	0.15 %
VANADIS 8 SUPERCLEAN	0.15 %
ASSAB PM 23 SUPERCLEAN	0.15 %
VANCRON SUPERCLEAN	0.20 %
CORRAX	0.05-0.15 %*
ELMAX SUPERCLEAN	0.15 %
MIRRAX ESR	0.20 %
STAVAX ESR	0.15 %
UNIMAX	0.30 %
DIEVAR	0.30 %
FORMVAR	0.30 %
ASSAB 8407 2M	0.20 %
ASSAB 8407 SUPREME	0.20 %
QRO 90 SUPREME	0.30 %
VIDAR SUPERIOR	0.25 %

* 시효 온도에 따라

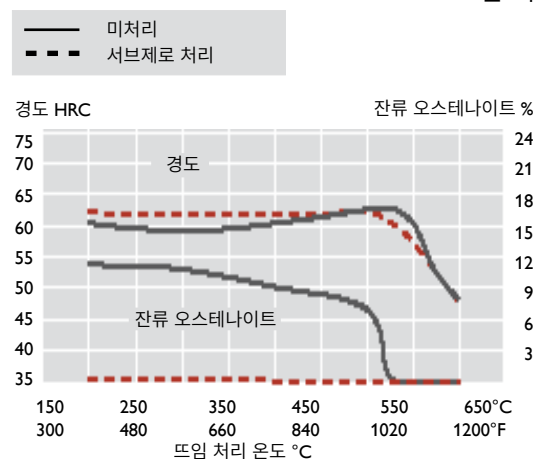
서브제로 처리

금형의 잔류 오스테나이트는 사용 중 마르텐사이트로 변화 할 수 있습니다. 뜨임 처리되지 않은 마르텐사이트가 있으면 금형의 국부적인 변형과 취화로 이어질 것입니다. 따라서, 사용할 때 최대의 치수안정성이 필요하다면 오스테나이트 함량이 전혀 없거나 거의 없는 상태가 되어야 합니다. 이는 퀴칭 또는 고온 뜨임 후 서브제로 처리를 통해 얻을 수 있습니다.

서브제로 처리는 금형 또는 부품을 매우 낮은 온도에 노출시켜 잔류 오스테나이트 함량을 줄입니다.

대부분 -80°C 및 -196°C 를 사용합니다. 이것은 낮은 뜨임 처리가 동반되면 서브제로 처리하지 않은 부품에 비해 1~2 HRC 까지 경도가 증가합니다. 저온 뜨임 처리하면 서브제로 처리하지 않은 공구와 비교했을 때 최대 1-2 HRC 까지 경도가 증가합니다. 고온 뜨임 처리 금형의 경우 경도는 미세하게 낮아지거나 증가 하지 않습니다.

고온 뜨임 처리한 금형은 서브제로 처리하지 않아도 일반적으로 잔류 오스테나이트 함량이 낮으며 대부분의 경우 충분한 치수안정성을 갖습니다. 그러나, 사용 시 치수안정성에 대한 요구가 높으면 고온 뜨임 처리와 함께 서브제로 처리를 하는 것이 좋습니다.



ASSAB 88 서브제로 처리 여부에 따른 경도 및 잔류 오스테나이트와 뜨임 처리 온도 함수

치수안정성이 최대 요건인 경우 담금질 후 그리고 매 뜨임 처리 후에 액화 질소에서 서브제로 처리할 것을 권장합니다. 부품에 뜨임 되지 않은 마르텐사이트가 남지 않도록 항상 뜨임으로 작업을 최종 마무리합니다.

표면 처리

질화

질화는 특정 물리적 조건 하에서 부품을 질소가 풍부한 일부 매질에 노출시켜 수행하는데 그 결과 질소 원자를 강 속으로 확산시켜 질화물을 형성합니다. 그러면 부품 표면이 더 단단해지며 외부층의 내마모성이 올라갑니다.

크롬 함량이 높은 내식성 강의 경우 질화가 재료의 내식성에 해로운 영향을 미친다는 사실을 유념해 고려해야 합니다. 그 외의 경우 질화는 내식성에 긍정적인 영향을 줄 수 있습니다.

질화 처리에 적합한 강은 일반적으로 크롬, 알루미늄, 몰리브덴, 바나듐과 같은 질화물 형성 원소를 갖는 중탄소강입니다.

기계적 특성과 미세 조직과 관련하여 심부는 안정적인 기질로 작용해야 합니다. 즉 본 열처리 된 소재의 경우 질화 공정 동안 심부 연화를 피하기 위해 질화 온도보다 높은 온도에서 뜨임 처리해야 합니다.

질화 표면은 절삭공구로 기계가공이 안되고 오직 연마만 할 수 있는 데 작업이 어렵다는 것에 유의해야 합니다. 또한 질화 표면은 용접 보수 시 문제가 됩니다.

질화 처리는 몇 가지 기술이 있습니다. 주로 가스 질화, 고압 질화(진공로에서 수행), 플라즈마 질화입니다.

종래 질화 기술이 가진 두 가지 일반적인 문제점은 기재의 과뜨임 가능성 및 날카로운 모서리부의 질화층이 두꺼워 지는 것입니다.

펄스 플라즈마 질화 기술은 소재에 플라즈마가 단속적으로 적용되어 과 뜨임의 가능성을 줄입니다. 이를 통해 공정 중 국부 온도를 보다 효과적으로 제어할 수 있습니다.

또한 플라즈마 질화 기술을 더욱 발전시킨 액티브 스크린 플라즈마 질화 기술이 있습니다. 이 기술은 형상에 상관없이 균질한 질화층을 만듭니다.

연질화(NITROCARBURISING)

연질화는 소재를 질소와 탄소로 강화하는 공정으로, 이 두 원소를 풍부하게 함유한 분위기에 노출시켜 강화합니다. 이 공정에 적합한 분위기로는 암모니아 가스와

일산화탄소 또는 이산화탄소 혼합물을 예로 들 수 있습니다. 이 공정의 온도 범위는 550°C-580°C 이며 노출 시간은 30분에서 5시간 사이입니다. 노출 후 부품을 신속하게 냉각해야 합니다.

표면 경화

표면 경화는 완성 부품을 침탄 분위기와 고온에 동시에 노출하는 프로세스입니다. 온도 범위는 850°C-950°C입니다. 이 노출은 일반적으로 0.1-1.5mm 두께의 탄소 함량이 높은 층을 생성합니다. 층이 형성된 후, 고탄소 마르텐사이트로 변화시키기 위해 부품을 담금질하며 따라서 경도도 더 높아질 수 있습니다. 이어서 뜨임 처리도 수행해야 합니다.

열확산

열확산은 바나듐이 소재 내로 확산 침투하고 기존 탄소와 반응하여 바나듐 탄화물층을 형성하는 공정입니다. 이때 강은 탄소를 적어도 0.3% 이상 함유해야 합니다. 이 표면 처리는 매우 높은 수준의 내마모성을 제공합니다.

표면 코팅

공구강의 표면 코팅은 이제 일반적인 실행사항이 되었습니다. 이러한 공정의 공통 목표는 매우 높은 경도와 낮은 마찰력을 갖춘 외층을 만들어

우수한 내마모성을 실현하고 점착 및 점착 위험을 최소화하는 것입니다. 이러한 특성을 최대한 살리려면 고품질의 금형 공구강 선택해야 합니다.

가장 일반적으로 사용하는 코팅 방법은 다음과 같습니다.

- 물리증착 코팅(PVD 코팅)
- 화학증착 코팅(CVD 코팅)

플라즈마 보조 증착 기술(PACVD)로 화학증착 코팅을 할 수도 있습니다.

도금

크롬과 니켈 금속 도금은 플라스틱 사출 금형과 같은 다양한 금형 적용 분야에 일반적으로 사용됩니다. 도금은 대부분의 강재에 적용하는데, 점착 및 골링 방지, 마찰 감소, 표면 경도 증가 및 모재 표면의 부식 감소 및 방지를 위해 사용합니다.



CVD TiC/TiN. 사진 :voestalpine eifeler Coating GmbH.



플라즈마 질화 사진 : voestalpine High Performance Metals CZ s.r.o. .

기계적 특성 시험

강을 소입 및 뜨임 처리하면 강도에 영향을 미치므로 이러한 특성을 측정하는 방법을 자세히 살펴 보겠습니다.

경도 시험

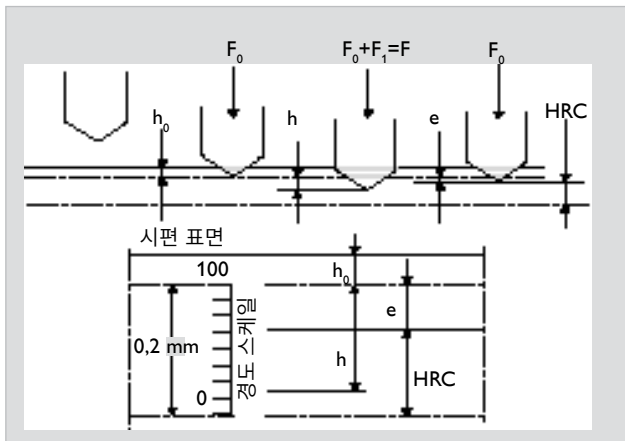
경도 시험은 경화 결과를 확인하는 가장 보편적인 방법입니다. 경도는 보통 공구를 경화할 때 특정되는 속성입니다.

경도 시험은 간단합니다. 재료를 파괴하지 않으며 장치는 비교적 저렴합니다. 가장 일반적인 방법은 로크웰 C(HRC), 비커스(HV), 브리넬(HBW) 시험입니다.

오래된 표현인 "줄경도(file-hard)"는 아직도 사용되고 있습니다. 경도가 만족스러울지 확인하기 위해, 예를 들어 60HRC 이상인지 확인하고자 할 때 양질의 줄을 좋은 측정 지표로 사용할 수 있습니다.

로크웰(HRC)

이 방법은 열처리된 소재에 적합하며 연화소둔 상태의 소재에는 적합하지 않습니다. 로크웰 경도 시험에서, 원뿔 다이아몬드 압자는 경도 측정 시편에 처음에 힘 F_0 로 누른 후, 힘 F_0+F_1 으로 누릅니다. F_0 로 하중을 줄인 뒤 F_1 때문에 생긴 압입 깊이의 증가분 (e)을 결정합니다. 침압 깊이 (e)는 경도치(HRC)로 변환되어 시험기 다이얼 눈금 또는 판독기에 수치로 표시됩니다.



로크웰 경도 시험 원리

비커스 시험 (HV)

비커스는 예로 든 3가지 시험 방법 중 가장 보편적으로 사용됩니다. 비커스 경도 시험에서는 정사각형 베이스 136°각도 피라미드 형태 다이아몬드 압자가 측정하고자 하는 소재에 F 의 힘으로 누릅니다. 하중을 제거한 뒤, 압입 대각선 d_1 및 d_2 를 측정하고 표에서 경도값(HV)을 확인합니다..

시험 결과가 제출될 때, 비커스 경도는 HV로 표현되고 아래와 같이 하중질량과 하중시간(필요한 경우)이 접미사로 표시됩니다.

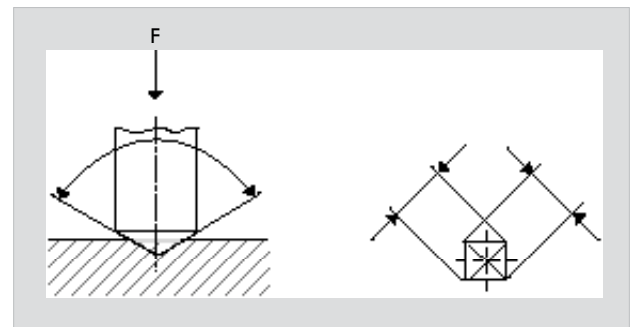
예: HV 30/20 = 20초 동안 30kgf의 하중을 가해 측정된 비커스 경도

브리넬 (HBW)

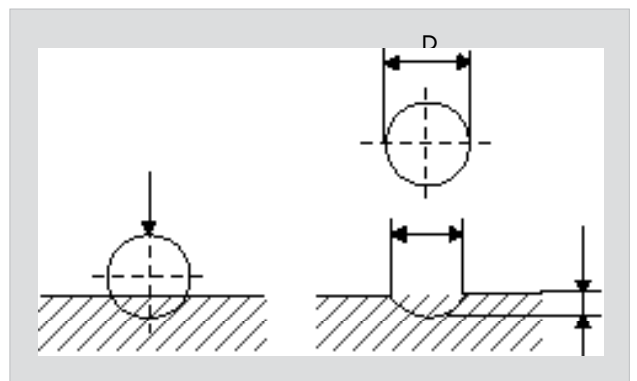
이 방법은 연화 소둔 상태 및 비교적 낮은 경도인 프리하든 강재에 적합합니다. 브리넬 경도 측정 시, 텅스텐(W) 구는 측정 소재를 누릅니다. 하중을 제거한 뒤 서로 90°인 지점(d_1 , d_2)에서 압입 직경 두

값을 측정하고 표에서 평균 d_1 , d_2 로 얻은 HBW 값을 판독합니다.

시험 결과가 제출될 때, 브리넬 경도는 HBW로 표현되고 구의 직경, 하중질량, 하중 시간(필요한 경우)이 접미로 표현됩니다. 예: HBW 5/750/15 = 5mm 텅스텐(W) 구형 압자를 사용하여 15초 동안 750kgf의 하중을 가해 측정된 브리넬 경도



비커스 경도 시험 원리



브리넬 경도 시험 원리

인장 강도

인장강도는 인장강도 시험기에 시편을 물려서 측정하는 데 파단이 발생할 때 까지 계속적으로 인장 하중을 증가시켜서 측정합니다. 통상적으로 기록되는 특성은 항복 강도 Rp 0.2 및 최대 인장 강도 Rm 이며, 시편에서 신률 A5 및 단면수축 Z를 측정합니다. 일반적으로 경도는 항복 강도와 최대 인장 강도가 좌우하는 반면, 신률 및 단면수축은 인성 지표라 할 수 있습니다. 항복 강도 및 최대 인장 강도 값이 높으면 일반적으로 신률과 단면수축률이 낮습니다.

인장 시험은 주로 구조용 강에



인장 시험

실시하며 금형 공구강에는 거의 하지 않습니다. 55 HRC 가 넘는 경도에서는 인장 시험을 수행하기 어렵습니다. 인성이 높은 유형의 공구강, 특히 강도가 높은 구조 재료로 사용할 경우에는 인장 시험이 유용할 수 있습니다. 이러한 예로는 ASSAB 718 Supreme과 ASSAB 8407 Supreme 이 있습니다.

충격 시험

소재에 균열을 만들려면 일정 양의 에너지가 필요합니다. 이 에너지 양으로 재료의 인성을 측정할 수 있으며 에너지를 더 많이 흡수할수록 인성이 더 높음을 나타냅니다. 인성을 결정하는 가장 일반적이고 간단한 방법은 충격 시험입니다. 견고한 진자를 정해진 높이에서 낙하시켜 가장 낮은 지점에서 시편에 부딪치게 합니다. 시편 파괴 후 진자가 이동하는 각도를 측정하면 시편 파괴 시 흡수한 에너지 양을 계산할 수 있습니다.

다양한 유형의 충격 시험이 사용되고 있습니다. 다양한 방법에 따라 시편 모양도 달라집니다. 여기에 일반적으로 V자형 또는 U자형 노치를 제공하여 명칭이 각각 샤르피 V, 샤르피 U라는 충격 시험 방식이 있습니다.

대부분의 부품에서 금형 공구강은 고강도로 인해 인성이 낮습니다. 낮은 인성 소재는 노치에 민감하므로 종종 금형 공구강에는 무노치로 충격시험하는 경우가 있습니다. 시험결과는 일반적으로 줄(J) 및 kgm (엄밀히 말하면kgfm)로 표기되는 데 샤르피 U시험의 경우 J/cm² 또는kgm/cm²가 사용되기도 합니다.



충격 시험기

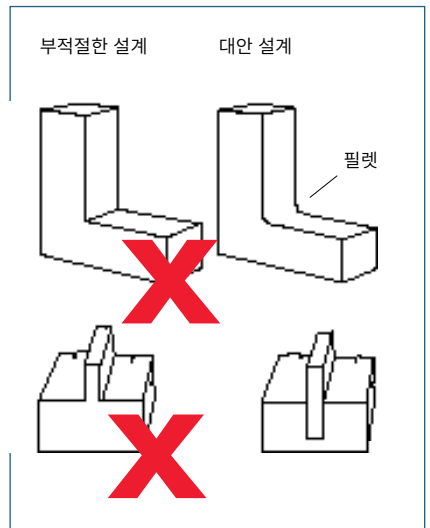
금형설계 시 몇가지 제언

설계

피할 점:

- 날카로운 모서리
- 노치 효과
- 심한 두께 편차

이러한 요인들은 종종 열처리 크랙의 원인이 되기 쉬우며, 특히 소재가 뜨임 미처리 상태로 과냉되었을 경우 그렇습니다.



열처리

해당 용도에 적합한 경도를 선택합니다. 뜨임 후 인성이 줄어들 수 있는 온도 구간을 피해 신중히 열처리 합니다.

뒤틀림의 위험을 인지하고 앞서 설명한 가공 공차에 관한 권장 사항을 지킵니다.

도면에 응력 제거를 지정 표기하는 것이 좋습니다.

열처리 후 경도

ASSAB 강종	오스테나이트 온도 °C	경도 HRC (뜨임 온도°C, 2시간 2회)					
		200	250	500	525	550	600
AM CORRAX	850 ²⁾	-	-	-	-	-	-
ASSAB DF-3	830 ¹⁾	62	60	45	43	41	38
CALDIE	1020	3 x 525°C*** 60		3 x 540°C 59		3 x 560°C 56	
CALMAX	960	59	58	53	53	50	43
VIKING	1010	59	57	59*	58	56	48
CORRAX	850 ²⁾	-	-	-	-	-	-
DIEVAR	1025	53	52	52*	-	52	47
ELMAX ³⁾	1080	59	58	60**	59**	58**	-
FORMVAR	1025	53	52	52*	-	52	47
IDUN	-	프리하든으로 납품					
ASSAB 718 SUPREME	-	프리하든으로 납품					
MIRRAX ESR	1020	-	50	52**	-	42**	36
MIRRAX 40	-	프리하든으로 납품					
NIMAX ESR ⁴⁾	-	프리하든으로 납품					
NIMAX ⁴⁾	-	프리하든으로 납품					
ASSAB 8407 SUPREME	1020	52	52	54*	-	52	46
ASSAB 8407 2 M	1020	52	52	54*	-	52	46
POLMAX	1030	53	52	54**	-	53**	37
QRO 90 SUPREME	1020	49	49	51*	-	51*	50 ⁵⁾
ROYALLOY	-	프리하든으로 납품					
ASSAB XW-10	950	61	59	56*	55*	53	46
ASSAB 88	1030	3 x 525°C*** 62		3 x 540°C 60		3 x 560°C 58	
STAVAX ESR	1030	53	52	54**	-	43**	37
ASSAB XW-42	1020	63	59	60	57	54	48
UNIMAX	1020	-	-	-	57***	55	49
VANADIS 4 EXTRA ³⁾	1020 ⁶⁾ 1150 ⁷⁾	3 x 525°C*** 61 64		3 x 540°C 60 64		3 x 560°C 59 63	
VANADIS 8 ³⁾	1020 ⁶⁾ 1180 ⁷⁾	61 64		60 64		59 63	
VANAX ³⁾	1080°C	60	-	-	-	-	-
VANCRON ³⁾	950-1150	3 x 540°C 57-65					
VIDAR 1 ESR	1000	54	53	55*	-	52	46
고속도강		3 x 560°C					
ASSAB PM 23 ³⁾	1050-1180	60-66					
ASSAB PM 30 ³⁾	1000-1180	60-67					
ASSAB PM 60 ³⁾	1000-1180	64-69					

* 이 뜨임 온도는 뜨임 취성 위험이 있으므로 피해야 합니다.

** Stavax ESR, Mirrax ESR, Polmax, Elmax의 경우 내식성이 감소합니다.

*** 고온 뜨임 시 최저 뜨임 온도는 525°C입니다.

¹⁾ 오일 퀴칭

²⁾ 시효 경화: 525°C/4h 후 ~51 HRC, 575°C/4h 후 ~44 HRC, 600°C/4h 후 ~41 HRC.

³⁾ 분말 SuperClean 금형 공구강

⁴⁾ Nimax ESR 및 Nimax의 납품 경도는 증가 시킬 수 없습니다. 뜨임은 인성을 감소시키므로 피하기 바랍니다.

⁵⁾ 650°C에서 2시간씩 2회: 42 HRC ⁶⁾ 인성 개선 ⁷⁾ 내마모성 향상

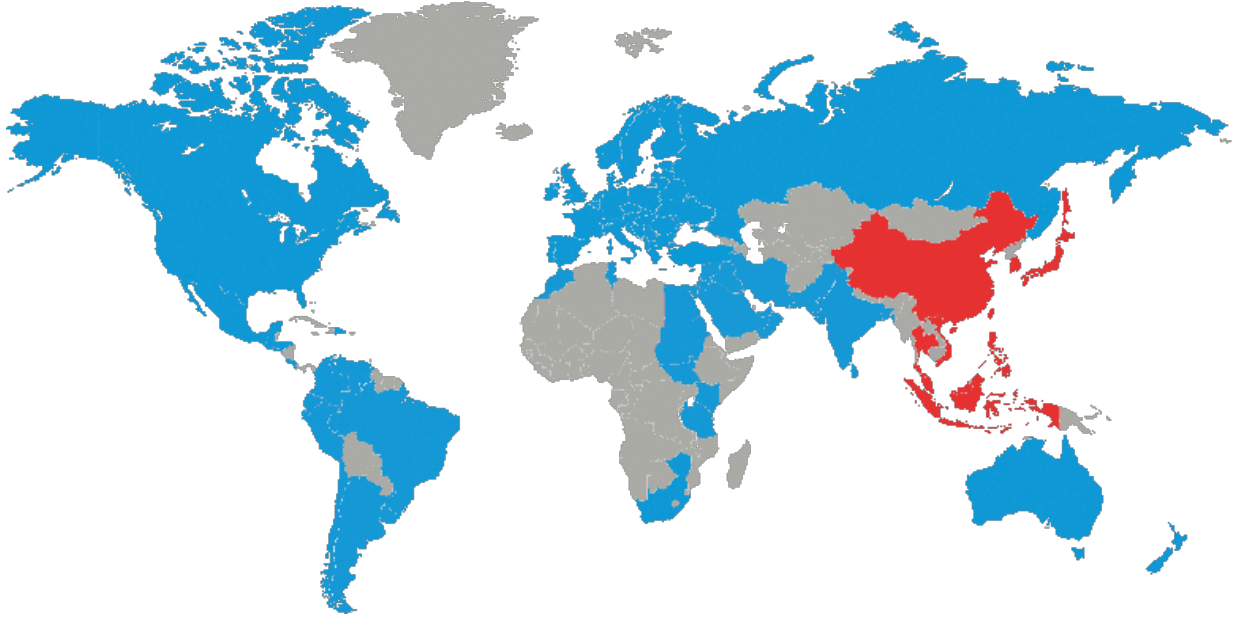
경도 변환표

이러한 변환은 EN-ISO 18265 : 2013을 기반으로 합니다.

경도 및 최대 인장 강도 비교

Rockwell HRC	Brinell* HBW	Vickers 30 kg	Approx. UTS	
			N/mm ²	kp/mm ²
26	259	273	873	89
27	265	279	897	92
28	272	286	919	94
29	279	294	944	96
30	287	302	970	99
31	295	310	995	101
32	303	318	1024	104
33	311	327	1052	107
34	320	336	1082	110
35	328	345	1111	113
36	337	355	1139	116
37	346	364	1168	119
38	354	373	1198	122
39	363	382	1227	125
40	373	392	1262	129
41	382	402	1296	132
42	392	412	1327	135
43	402	423	1362	139
44	413	434	1401	143
45	424	446	1425	145
46	436	459	1478	151
47	448	471	1524	155
48	460	484	1572	160
49	474	499	1625	166
50	488	513	1675	171
51	502	528	1733	177
52	518	545	1793	183
53	532	560	1845	188
54	549	578	1912	195
55	566	596	1979	202
56	585	615	2050	209
57	603	634	2121	216
58		654		
59		675		
60		698		
61		720		
62		746		
63		773		
64		800		

* 10mm 구, 3,000 kg 하중 적용



알맞는 강재를 선택하는 것은 매우 중요합니다. ASSAB기술자와 설비는 항상 최적의 강종 및 각 적용 분야에 있어 최선의 처리가 되도록 고객을 도울 준비가 되어 있습니다.

ASSAB 은 뛰어난 품질의 철강 제품을 공급뿐만 아니라 철강 특성을 향상시키는 최첨단 가공, 열처리 및 표면 처리 서비스를 제공하여 짧은 리드 타임으로 고객의 요구 사항을 충족시킵니다. 원스톱 솔루션 공급자로서 전반적인 접근 방식을 사용하여, 다른 금형 공구강 공급 업체보다 더 경쟁력이 있습니다.

ASSAB 및 Uddeholm 세계적인 기업입니다. 이것은 고객이 어디에 있던 고품질 금형 공구강 및 현지 지원을 사용할수 있음을 보장합니다. 또한, 우리는 금형 재료의 세계의 선도적인 공급 업체로서의 위치를 가지고 있습니다.

자세한 내용은 www.assab.com를 방문하시기 바랍니다.

