

열 처리

1. 금속열처리

1) 열처리 기술의 개요

열처리기술은 금속재료, 기계부품, 금형공구의 기계적 성질을 변화시키기 위하여 가열과 냉각을 반복함으로써 특별히 유용한 성질(내마성, 내충격성, 사용수명연장등)을 부여하는 기술로서 제조 공정의 중간 또는 최종단계에서 이루어지고 있다.

2) 열처리 기술의 종류

(1) 일반열처리

금속재료 및 기계부품의 가공시 발생된 취성을 개선하기 위하여 가열, 냉각하는 열처리기술로서 가열온도, 유지시간 냉각속도의 차에 따라 다음과 같이 분류한다.

- 1) 어닐링(Annealing) : 부품의 연화, 가공성 향상 및 잔류 응력제거
- 2) 노말라이징(Normalizing) : 가공시 발생된 이상조직의 균질화 및 가공성 향상
- 3) 퀘칭(Quenching) : 부품의 경화(퀘칭처리시 경도는 3 배정도 증가)
- 4) 템퍼링(Tempering) : 퀘칭 처리된 부품의 잔류응력 제거, 조직 및 기계적 성질의 안정화
- 5) 마르템퍼링(Martempering) : 부품의 경화 및 인성향상
- 6) 오스템퍼링(Austempering) : 부품의 경화 및 인성향상
- 7) 시효(Aging) : 저온처리에 의한 안정화된 조직의 석출 및 가공에 의한 경도 향상

(2) 특수 열처리

금속부품의 전체 또는 특정부분을 가열, 냉각 또는 특수원소를 첨가하여 내마모성, 내충격성등을 향상시키기 위한 열처리 기술로서 가열방법, 사용재료(처리약품)등에 따라 다음과 같이 분류한다.

1) 부분가열 표면경화

- ① 고주파 표면경화(Induction surface hardening) : 고주파 유도장치를 사용한 부품
- ② 화염 표면경화(Flame surface hardening) : 대형 구조물 용접 부분 표면경화를 위한 간이 열처리
- ③ 레이저 표면경화(Laser surface hardening) : 부품중 마모가 심한 부위등 필요 부분만의 표면경화
- ④ 전자빔 표면경화(Laser surface hardening) : 부품중 마모가 심한 부위등 필요 부분만의 표면경화

2) 전체가열 표면경화

- ① 침탄(Carburizing) : 부품표면에 탄소의 확산침투에 의한 표면경화
【 고체침탄(Solid Carburizing), 염욕침탄(Salt Bath Carburizing), 가스침탄(Gas Carburizing), 플라즈마침탄(Plasma Carburizing), 진공침탄(Vacuum Carburizing) 】
- ② 침탄질화(Carbonitriding) : 부품표면에 탄소와 소량의 질소를 동시에 침투시켜 표면경화
- ③ 질화(Nitriding) : 부품표면에 질소의 침투에 의한 표면경화
- ④ 침질탄화(Nitrocarburizing) : 부품표면에 질소와 소량의 탄소를 동시에 침투시켜 표면경화
- ⑤ 침붕(Boriding) : 부품표면에 붕소의 확산침투에 의한 표면경화

- ⑥ 탄질화물 침투법 : 부품표면에 금속원소와 탄소에 의한 탄화물층을 형성하는 표면경화로 나누어진다.

2. 열처리란 어떤 작업인가?

열처리란 금속재료(주로 철강재료)에 요구하는 기계적, 물리적성질을 부여하기 위해 가열과 냉각을 시행하는 열적 조작기술이며, 크게는 재료를 단단하게 만들어 기계적, 물리적 성능을 향상시키는 기술과 재료를 무르게하여 가공성을 개선시키는 기술로 대변할 수 있으며, 기타 특수한 목적을 위한 첨단 열처리 기술도 점차 개발되고 있다.

1) 열처리 종류

(1) 표면경화열처리

- ① 침탄, 침탄질화 : 내부도 약간 경화된다.
- ② 연질화, 가스질화 : 내부는 전혀 경화되지 않는다.
- ③ 고주파, 중주파, 화염열처리 : 필요한 부분만 표면경화된다.

(2) 전체 경화열처리 : 내부까지 경화된다.

- ① 조질처리 : 중탄소강, 구조용 합금강재(Sorbite 조직을 얻을 것)
- ② Q.T 처리 : 중, 고탄소강, 구조용 합금강재
- ③ 진공열처리 : 고합금 공구강재(STD, STF, SKH, STS 등)

(3) 연화열처리 : 재료를 무르게하여 가공성을 개선한다.

- ① 완전풀림 ② 확산풀림 ③ 구상화 풀림 ④ 응력제거 풀림
- ⑤ 중간풀림 ⑥ 연화풀림 ⑦ 2 단 풀림 ⑧ 등온풀림

(4) 기타열처리

- ① 불림처리 : 조직개선 및 표준화, 응력제거, 가공성 향상
- ② 용체화 처리 : STS304 등 Austenite 계 스텐레스강의 강도, 가공성 향상, 내식성개선, 수명연장
- ③ 취성제거처리 : 도금에서 발생된 수소취성 제거
- ④ 수인처리 : 고 Mn 강의 강도 가공성 향상
- ⑤ ADI 처리 : 구상 흑연주철의 Austempering 처리, 기존 단조품에 열처리하던 것을 주조품으로 바꾸어 공정단축, 원가절감, 경량화에 의한 자동차 연비향상, 강도 향상등 자동차 부품에서 점차 일반부품으로 용도가 넓어지고 있음.
- ⑥ 침봉처리 : 초, 고내마모성을 요구하는 부품, HV1500 이상의 고경도를 얻을 수 있다.

※ SHOT PEENING 효과

- * SHOT 의 강도를 높여 PEENING 함으로써 기어 뿌리 굽힘 피로강도는 약 1.3~1.5 배까지 향상시킬 수 있으며, 그 효과도 가장 크다. 동시에 경화층 깊이를 얇게 함으로써 강도를 증대시킬 수 있다.
- * 충격강도 향상에는 SHOT PEENING 이 그다지 효과가 없음으로 P 와 Si 를 줄인 합금성분 조절이 효과가 크다.

3. 열처리 기호(JIS G 0201 에 의함)

1. Normalizing	소준(불림)	HNR			
2. Annealing	소둔(풀림)	HA	4. Tempering	소려(뜨임)	HT
Full Annealing	완전소둔	HAF	Austempering	오스템퍼링	HTA
Spheroidizing	구상화소둔	HAS	Martempering	마르템퍼링	HTM
Stree Relieving	응력제거소둔	HAR	Press Tempering	프레스템퍼링	HTP
Low Annealing	저온소둔	HAL	Bright Tempering	광휘소려	HTB
Ausannealing	등온소둔	HAA	5. Carburizing	침탄	HC
Diffusion Annealing	확산소둔	HAD	Solid Carburizing	고체침탄	HCS
Bright Annealing	광휘소둔	HAB	Liquid Carburizing	액체침탄	HCL
Case Annealing	상자소둔	HAC	Gas Carburizing	가스침탄	HCG
3. Quenching	소입(담금질)	HQ	Carbonitriding	침탄침질	HCN
Air Blast Quenching	역풍소입	HQA	Anti Carburizing	침탄방지	HCA
Oil Quenching	유(중)소입	HQO	6. Nitriding	질화	HNT
Water Quenching	수(중)소입	HQW	Gas Nitriding	가스질화	HNTG
Marquenching	마르퀘칭	HQM	Liquid Nitriding	액체질화	HNTL
Flame Hardening	화염소입	HQF	Tufftriding	연질화	HNTT
Induction Hardening	고주파소입	HQI	7. Sulphurizing	침류	HSL
Press Quenching	프레스소입	HQP	Nitrosulphurizing	침류질화	HSLN
Bright Quenching	광휘소입	HQB	8. SubZero TreatMent	심냉처리	HSZ
Electrolytic Hardening	전해소입	HQE			

4. 열처리 설계와 재질선택시 참고사항

1) 열처리에 의해 어떤 성능을 기대하는가?

고내마모성, 고인성, 내피로도, 내충격성, 내열성, 내식성, 탄성, 열피로도, 내한성등 요구성능에 따라 재질, 열처리 기술의 종류, 경도값을 결정한다.

2) 제품의 사용온도, 사용조건, 사용빈도, 경제성을 감안한다.

주위의 환경(제품의 사용온도, 마찰열, 부식조건, 진동등)에 따라 혹은 사용빈도를 감안 적정한 강재를 선정한다.

3) 사용경도는 어떻게 지정할 것인가?

원제품 경도값인가? KS, JIS 참고값인가?
제품에서 요구하는 인장강도 계산값인가?

4) KS, JIS 에 표기된 각 재료별 경도값을 도면에 그대로 사용하면 안된다.

통상 KS, JIS 값은 각 재료별 $\phi 25$ mm 환봉에 대한 실험값으로 재질별 조질 또는 Q.T 한 참고값이다.
도면 SPEC 은 제품이 요구하는 강도, 경도, 충격치등 정확한 값을 표기한다.

5) SM45C 는 가장 일반적으로 사용하나 열처리가 잘 안되는 점이 있다.

각종기어, 축, 체인, 로울러, 금형, 핀등에 많이 사용되나, 열처리가 잘되는 크기는 $\phi 15$ 이하 t10 mm정도 (수냉하면 $\phi 25$ t20 mm정도)이며, 그 이상은 경도가 점차 낮아져 HRC50 이상은 어렵다. 체적이 커질수록 점차 고합금강으로 사용한다.(질량효과 때문임) 단 고주파, 중주파 열처리는 체적에 관계없이 SM45C 가 무난하다.

6) 모든 열처리에서 변형은 필수적으로 발생된다.

제품 완가공후 열처리는 불량을 초래하므로 후공적을 감안해야 한다.

7) 림드강 강재(비 탈산처리)로는 열처리 제어가 안된다.

중요품은 모두 킬드강을 사용한다. SS41, SPC 등 저급소재는 KS 비열처리 소재로서 불순물 제거가 안되어 열처리후 경도제어가 곤란하다. 각 재료는 KS 에 림드강, 킬드강 제조법이 표기되어 있다.

8) STC3, STC5(탄소공구강)도 탄소강 종류로서 질량효과가 크다.

대형부품, 금형류에는 열처리 경화가 어려워 합금강재로 바꾸는 것이 좋다.
소형부품, 수냉용 단순부품은 관계없다.

9) 복합 열처리 기술도 활용 할 수 있어야 한다.

- (1) 조질 + 고주파, 중주파
- (2) 조질 + 연질화, 가스질화
- (3) 풀림 + 침탄, 조질
- (4) 진공열처리 + 연질화, 가스질화
- (5) 침탄 + 고주파

이상 여러 가지 복합 열처리기술이 활용되고 있다.

10) 최고 품질은 적정재질로 적정 열처리기술을 선택하는데 있다.

11) 질량과 형상이 불균형한 제품은 항상 변형과 CRACK 의 위험이 따른다.

5. 표면경화법

1) 침탄

(1) 서 언

금속은 기계부품 혹은 공업설비·장치 등에 사용할 때 표면에 흠집, 균열등이 생긴다든가 마찰에 의해 표면이 마멸하는 것을 피하지 않으면 안된다. 표면손상이나 마멸의 방지는 공업기술이 진보하면 할수록 강력하게 요망되는 것이다. 이를 위한 표면기술을 일반적으로 표면경화라고 한다. 특히 표면층의 금속조직을 바꾸므로 표면경화의 목적을 달성하는 방법이 있는데, 이는 다른 원소를 표면으로부터 내부로

침투확산시켜서 표면층의 화학조성을 바꾸어 놓는 것이다. 여기서는 일반적으로 널리 상업화되어 침탄법에 대해서 서술하겠다.

(2) 침탄이란?

강은 Fe 중에 탄소를 0.02~2.0% 함유한 합금이며 그 성질은 탄소의 양이 적으면 연하나 인성이 있고, 탄소량이 많으면 경하고 강하나 취약한 성질이 생긴다. 따라서 기계의 부품재료로서는 사용목적에 따라 탄소를 표면부에는 많게, 중심부에는 적게 분포시키면 표면은 경하여 내마모성이 좋고 중심부는 연하고 인성이 있어서 전체로서는 취약성에 의한 파괴를 피할 수가 있다. 이와 같이 제품을 만들기 위하여 저탄소 재료로 손쉽게 절삭가공한 후 표면에서 탄소를 확산시켜서 표면에 고탄소의 합금층을 만드는 조작을 침탄이라 한다.

(3) 가스침탄의 장단점

① 장 점

- ㉠ 표면의 탄소농도를 조절할 수 있다.
- ㉡ 표면광휘상태로 처리가 가능하며 침탄도 균일하게 행해진다.
- ㉢ 직접처리품을 가열하기 때문에 열효율이 좋고, 침탄종료후 직접 켄칭이 가능하다.
- ㉣ 침탄종료후 동일장치로 확산 어닐링도 가능하다.
- ㉤ 다량 생산에 적합하며, 작업도 청결하다.
- ㉦ 자동화도 용이하며, 품질관리도 실시하기 쉽다.

② 단 점

- ㉠ 조업에 전문적인 지식이 필요로하며 폭발의 위험도 있고, 설비비가 약간 고가이다.
- ㉡ 트레이 등이 침탄되어 수명이 짧다.

2) 고주파 담금질

(1) 개 요

고주파 담금질은 담금질부분에 대응하는 적당한 형상의 담금질코일을 만들어 이것을 1000 사이클에서 1 메가 사이클의 고주파 발생장치에 접속하고, 이것에 고주파 대전류를 통하면 근접하여둔 담금질 물체의 표면에 유도 전류가 흘러 이것에 의하여 물체는 표면층에서 급속히 가열된다. 담금질 온도에 달했을 때 가열을 중지, 냉각액을 외부에서 분사하여 담금질을 한다. 이와같은 고주파 담금질은 직접 가열로 열효율이 좋게 국부담금질, 전체담금질등 모두 가능하며, 처리시간을 짧고 일정한 조건에서 다수를 처리하는 것이 비교적 간단히 할 수 있는 등의 이점을 가지나 반면 발생장치가 극히 값이 비싸다는 결점이 있다. 고주파 담금질이 다른 표면경화법과 다른점은 자체경화능이 있는 강재를 사용하여 급속히 표면만을 가열하여 담금질하고, 따라서 내부는 거의 처음상태로 유지되는 것인데, 여기서 담금질 전 재료의 조직이 고주파 표면담금질과 같은 급속가열의 경우는 큰 영향력을 미치므로 0.4~0.5% 탄소강에 있어서는 조직에 의해 현저한 경도 상승을 나타낸다. 바탕이 퍼얼라이트에는 이른바 불완전 담금질이 되고, 잔류페라이트가 있어 충분한 경도가 얻어지지 않는다. 또 조직재의 경우에는 담금질층과 내부사이에 이른바 경계층이 있어 경도가 저하하는데 이것은 탄소강에서 일어나기 쉽고 합금강 적어도 Cr 강에서는 일어나지 않는다.

(2) 고주파 열처리의 특징

- 가열 시간이 짧아 열 영향이 적으므로 변형이 적다.

- 산화 SCALE 의 발생이 적다.
- 장기 가열에 의한 탈탄 현상이 없다.
- 필요 부분만의 국부 열처리가 용이하다.
- 경화 깊이의 조정이 용이하다.
- 표면경화의 경우 내부의 인성을 유지할 수 있다.
- 표면경화, 풀림, 뜨임, 불림등 모든 열처리 분야에 적용이 용이하다.

(3) 고주파 열처리의 주의사항

① 고주파 발생장치의 용량에 따라서 가열능력 한계가 있어서 외경의 작업가능한 한계가 있고 도 및 경화층 깊이에 따라서 중주파 및 저주파 시설을 이용해야하며, 비용이 증가하는데 주의해야 한다.

② BUSH 및 PIPE 류의 외경고주파 작업시 두께에 따라서 치수 변형량의 차이가 있으며, 특히 내경 공차부의 재가공이 필요하므로 고주파 후 정삭을 해야한다.

③ 냉간인발환봉(일명 미가기환봉)은 표피 1.0 mm이상 가공한후에 최고경도가 나오며, 그 이유는 표피층의 탈탄현상등으로 탄소량의 감소가 주요인이다.

④ 단조주조의 소재는 담금질, 뜨임전에 반드시 전처리로써 불림 또는 풀림을 하고 결정립의 조정 조직의 균일화, 잔류응력 제거등을 해야한다. 한편 전처리를 불림 한 것인지 또는 풀림 한 것인지는 재질과 질량효과에 따라 구별되는데 절삭가공이 원활하게 되는편을 선택한다. 특수원소를 갖고 공기담금질성이 좋은 재료 경우 불림 또는 풀림에서도 경화하므로 불림, 뜨임을 하여 퍼얼라이트조직으로 한다. 또 두께가 큰 주강등에서 수지상정이 쉽게 없어지지 않을 때는 2 차 불림을 하면 좋다.

(4) 고주파 열처리장치의 구조

① 고주파 발생장치

상용의 60Hz 의 전력을 금속의 가열에 보다 효율적인 고주파 전력으로 변환시켜주는 장치이며, 변환기구로서 진공관을 사용하는 방식(진공관식 GENERATOR)과 반도체소자를 사용하는 방식이 있다. 반도체 소자로서 S.C.R 을 사용하는 THYRISTER INVERTER 는 에너지 효율이 탁월하여 최근 고주파 열처리에 가장 널리 사용되고 있으며, 진공관식 GENERATOR 는 10KHz 이상의 높은 주파수의 전력이 필요한 경우에 주로 사용한다.

② 정합부

고주파 발생장치에 의해 발생된 고주파 전력을 가열코일에 효과적으로 공급하기 위한 장치이며, 가열코일과 직결되어 있다.

③ 가열코일

제품의 형상에 따라 설계 제작되며, 대전력이 흐르므로 수냉식이 일반적이다. 또한 경화 열처리 경우와 같이 급냉이 필요한 경우 냉매를 분사할 수 있는 장치도 갖추고 있다.

④ 기계장치

제품의 특성에 따라 설계 제작되며, 가열코일을 상·하·좌·우로 이동시키고, 제품을 이송하며, 균일한 가열을 위해 제품을 회전시켜주는 장치이며, 전자제어에 의한 자동운전이 가능하다. SCANNING MACHINE 이 대표적인 예이다.

⑤ 냉각수 장치 및 담금질유 장치

냉각수 장치는 고주파 발생장치, 가열코일등을 냉각시켜주는 냉각수의 순환장치이다. 담금질유 장치는 열처리의 경우 담금질유를 순환시켜주는 장치이며, 담금질유의 반복 사용으로 인한 온도 상승을 방지하기 위한 담금질유 냉각장치가 포함된다.

(5) 高周波 焼入(담금질) 適用部品

業 種 別	部 品 名
自 動 車 部 品	Crankshaft, Camshaft, Ring Gear, Axle, Tube, Rear Axle Shaft, Rear Spindle, B.J Shaft, DOJ Outer, B.J Outer, Tripod, Torsion Bar, Gear Sleeve, Ball Joint & Socket, Engine Valve & Valve Seat, 其他 Rod, Lever, Gear 類
二 輪 車	Crankshaft, Camshaft, Gear, Sprocket, Leaver, Pin, Rod 類
建 設 機 械 部 品	Track Shoe, Track Link, Pin, Bush, Front Idler, Sprocket, Final Gear, Roller, Shoe Bolt, Cutting Edge, Piston Rod, Drillshaft, Sleeve, Ring & Gear, Spline Shaft, 族回輪, 其他, Rod Lever, Wire Sheave 類
製 鐵 機 械 部 品	Pinion Gear, Screw, Roller, Spindle, Coupling
鐵 道 車 輛 部 品	Piston Rod, Crankshaft, Axleshaft, Axle Wheel, Motorshaft, Motor Pinion & Gear Spring Pin & Link
起 重 機 및 捲 上 機 部 品	Gear, Pinion, Axleshaft & Wheel, Rail, Wire Sheave, 其他, Pin, Bush, Shaft 類
纖 維 및 化 工 機 部 品	Heating Cylinder, Screw, Rod, Roller, Cam, Gear, Pin, Shaft 類
冷 凍 機 및 Compressor	Crankshaft, Cylinder Liner, Piston Pin, Piston Rod, Valve & Valve Seat, 其他 Gear, Shaft, Pin 類
鑛 業 및 窯 業 機 械 部 品	Gear, Pinion, Roller, Sprocket, Screw, Liner, Crusher Parts, Conveyer Parts 其他 Shaft, Pin, Bolt 類
工 作 機 械 部 品	Bed, Screw, Spindle, Rod, Boring Bar, LM Guide Rail, Gear, Shaft, Ball 類
內 燃 機 械 部 品	Crankshaft, Camshaft, Rocket Arm & Shaft, Cylinder Liner Valve & Valve Seat, Piston Pin & Rod, 其他 Gear, Shaft, Pin 類
鍛 壓 機 械 部 品	Crankshaft, Camshaft, Ram, Bed, Piston Rod, Pin 類
農 機 具 部 品	Gear, Shaft, Pin 類

3) 각종강재의 고주파 담금질 표준경도

명칭, 규격 번호, 기호	C 량 %	A(水) HRC	B(PVA) HRC	명칭, 규격 번호, 기호	C 량 %	A(水) HRC	B(PVA) HRC
기계구조용 탄소강 강재 JIS G4051				합금공구강 강재 JIS G4404			

S30C	0.27~0.33	40~52	
S33, 35C	*0.30~0.38	45~55	
S38C	0.35~0.41	50~62	40~55
S40, 43C	*0.37~0.46	52~62	45~55
S45, 48C	*0.42~0.51	55~62	48~55
S50, 53, 55C	*0.47~0.58	55~62	48~55
니켈크롬강 강재 JIS G4102			
SNC236	0.32~0.40	(48~55)	45~52
SNC631	0.27~0.35	(48~52)	45~50
SNC836	0.32~0.40	(52~60)	50~58
니켈크롬 몰리브덴강 강재 JIS G4103			
SNCM240	0.38~0.43		52~62
SNCM431	0.27~0.35		45~52
SNCM439	0.36~0.43		52~62
SNCM447	0.44~0.50		55~62
SNCM625	0.20~0.30		37~48
SNCM630	0.25~0.35		45~52
크롬강 강재 JIS G4104			
SCr430	0.28~0.33	48~55	45~52
SCr435	0.33~0.38	(52~58)	50~55
SCr440	0.38~0.43	(55~62)	55~62
SCr445	0.43~0.48	(55~62)	55~62
크롬 몰리브덴강 강재 JIS G4105			
SCM430	0.28~0.33	45~50	45~50
SCM432	0.27~0.37	45~58	45~58
SCM435	0.33~0.38	50~58	48~55
SCM440	0.38~0.43	(55~62)	55~62
SCM445	0.43~0.48	(55~62)	55~62
기계구조용 망간강 강재 및 망간 크롬강 강재 JIS G4106			
SMn433	0.30~0.36	48~55	45~52
SMn438	0.35~0.41	50~60	48~55
SMn443	0.40~0.46	55~62	52~60
SMnC443	0.40~0.46	55~62	55~62
스텐레스강 봉 JIS G4303			
SUS420J1	0.16~0.25	37~48	
SUS420J2	0.26~0.40	45~55	
탄소공구강 강재 JIS G4401			
SK3,4,5	* 0.8~1.10	55~65	55~62

SKS2	1.00~1.10	60~65	55~62
SKS4*	0.45~0.55	55~62	52~60
스프링강 강재 JIS G4801			
SUP6	0.55~0.65	55~62	52~60
SUP9	0.50~0.60	55~62	52~60
고탄소 크롬 베어링강 강재 JIS G4805			
SUJ2	0.95~1.00	62~65	60~62
SUJ3	0.95~1.00	62~65	60~62
탄소강 단강품 JIS G3201			
SF55	(0.34~0.38)	45~55	
SF60	(0.43~0.48)	52~60	
탄소강 주강품 JIS G5101			
SC46	(0.16~0.25)	32~45	
SC49	(0.20~0.30)	40~48	37~48
구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품 JIS G5111			
SCC3	0.30~0.40	45~55	40~52
SCC5	0.40~0.50	52~62	48~60
SCMn2	0.25~0.35	45~52	
SCMn3	0.30~0.40	48~55	45~52
SCMn5	0.40~0.50	55~62	50~58
SCSiMn2	0.25~0.35	50~60	50~60
SCMnCr2	0.25~0.35	45~52	
SCMnCr3	0.30~0.40	(48~55)	48~55
SCMnCr4	0.35~0.45	(52~60)	52~60
SCCrM1	0.20~0.30	(42~50)	42~50
SCCrM3	0.30~0.40	(50~60)	48~55
스텐레스강 주강품 JIS G5121			
SCS2	0.16~0.24	(37~48)	37~48
회주철품 JIS G5501			
FC20, 25	(3.0~3.5)	40~52	40~52
FC30	(3.0~3.3)	45~52	42~52
구상흑연 주철품 JIS G5704			
FCD40		27~37	
FCD45		32~45	
FCD60	(3.3~3.8)	45~55	
퍼얼라이트 가단 주철품 JIS G5704			
FCMP50	(2.0~3.0)	48~55	45~55
FCMP60	(2.0~3.0)	52~60	48~60

* 표시는 규격의 합산(최소~최대) 탄소강, ()는 참고치

6. 가스질화란 무엇인가?

1) 개요

가스질화는 금속표면에 질소를 침투시켜서 표면을 硬化하는 공법으로 단단한 표면을 얻기 위한 별도의 소입(燒入) 공정을 필요로 하지 않으며, 표면경화 열처리법으로서 금속의 A₁ 변태점인 723°C 이하의 온도인 500~550°C에서 NH₃ 가스는 $2\text{NH}_3 \leftarrow 3\text{H}_2 + 2\text{N}$ 과 같은식의 해리에 의하여 발생된 발생기 질소(N)가 銅중의 미소성분인 Al, Cr, Mo, Ti 등과 화합하여 Al-N, Cr-N 등과 같은 질화물을 만든다. 특히 낮은 온도에서 처리되므로 정밀도를 유지하여 변형이 적은 표면경화법이다.

2) 질화목적

질화를 하는 본래의 목적은

- 높은 표면경도
- 내마모성과 흠집에 대한 저항성(antigalling)
- 피로수명증진
- 내식성(스텐레스 경우는 예외), 내열성
- 질화온도 이상의 온도에서 사용시 열에 의한 표면의 연화 저항성 등을 얻기 위해서이며, 이 공법에는 체적변화가 수반되는 담금질이 없고 상대적으로 낮은 처리온도가 적용되기 때문에 침탄 또는 기타의 일반적인 경화에 비해 조직변형이 적다. 또한 질화의 결과 약간의 팽창이 일어날 수 있으나 체적의 변

화가 극히 적은 열처리 기술임.

3) 질화강

합금 원소로서 사용되는 것은 보통 Al, Cr, V, W, Mo 등인데 질화온도에서 안정한 질화물을 형성하기 때문에 Mo 은 질화물을 형성할 뿐만 아니라 질화온도에서의 취성을 감소시켜 주는데 기여를 한다. Al 은 가장 강력한 질화물형성 원소로(0.8~1.5% Al)을 함유하고 있는 강이 합금원소 함량만으로 보았을 때는 최상의 질화결과를 나타낼 수 있으나, Cr 을 함유하고 있는 강도 Cr 함량이 충분히 높으면 대략 이와같은 좋은 결과를 나타낼 수 있다.

합금되지 않은 탄소강은 질화에 적합하지 않은데 왜냐하면 이 강은 박리되기 쉬운 고도로 취약한 질화층을 형성시키며, 확산층 내에서의 경도증가도 작기 때문이다.

합 Si 강은 매우 높은 경도의 내마모성이 대단히 좋은 질화층을 생성시키나 이 질화층은 전성이 작으므로 합 Si 강을 질화강으로 선택할 때에는 이점에 유의해야하는데 반대로 저합금 Cr 강은 상당히 전성이 크나 경도가 낮은 질화층을 만든다. 그러나 이러한 차이가 있다고해도, 이들 질화강은 내마모성과 좋은 굽힘 저항성을 나타낸다.

합 Cr 공구강들은 대단히 높은 단위 하중 하에서의 심한 충격에 대한 용도에 잘 적용될 수 있는 높은 심부 강도와 표면경도의 조화를 이룰 수 있다.

이 강의 제한요소는 우선 가격이 비싸다는 점과 가공이 어렵다는 것이다.

- Al 은 표면경도 향상에 유효하지만 경화깊이 증대에는 도리어 역효과를 미친다.
- Cr 은 표면경도와 깊이 향상에 모두 기여한다.
- V 은 경화깊이 증대에 큰 효과를 나타낸다.

- 경화층 깊이 증대에는 Cr, V 을 첨가하는 것이 좋다, 유효경화깊이(HV420)에는 Cr 을 1.0% 첨가함으로써 최대가 되고, V 은 0.1%이상의 첨가로서 포화된다.

4) 질화전 열처리

모든 경화가능한 강은 질화전에 담금질, 고온뜨임 = 조질(QUENCHING, TEMPERING) 열처리 되어야 하는데, 뜨임(TEMPERING) 열처리온도는 질화온도에서 조직상의 안정이 보장될 수 있을 만큼 충분히 높아야 하는바, 질화전 열처리 최저온도는 통상 질화 최고 온도보다 적어도 30°C는 되어야 한다.

강종에 따라 심부경도가 높아지면 질화층 경도도 높아지고, 낮아지면 따라서 낮아지기도 함으로써 이러한 강종에 있어서 질화층 경도를 최대로 하고자 할 때는 허용 가능한 최저온도로 해야 한다.

5) 화학성분별 Gas 질화 표면경도 측정값 DATA

기 호	재 질 명	화 학 성 분(%)								표면경도
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	
SC46	탄소강 주강	0.30 이하	0.30 ~ 0.60	0.60~ 0.90	0.050 이하	0.050 이하	.	.	.	HV380 ~ HV440
SCPH21	고온고압용 주강	0.20 이하	0.60 이하	0.50 ~ 0.80	0.040 이하	0.010 이하	1.00 ~ 1.50	0.45 ~ 0.65	.	HV600 이상
SM45C	기계구조용 탄소강	0.42 ~ 0.48	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 이하	0.035 이하	.	.	.	HV500±100
SCM440	크롬 몰리브덴강	0.38 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 이하	0.030 이하	0.90 ~ 1.20	.	.	HV650±50
SKD61	열간금형강	0.32 ~ 0.42	0.80 ~ 1.20	0.50 이하	0.030 이하	0.030 이하	4.50~ 5.50	.	0.80 ~ 1.20	HV900 이상
STS000	스테인레스강	HV900 이상
SACM645 (SACMI)	질 화 강	0.40 ~ 0.50	0.15 ~ 0.50	0.60 이하	0.030 이하	0.030 이하	1.30 ~ 1.70	.	A l 0.70 ~ 1.20	HV900 ~ 1200

NOTE.

- 표면 질화층(화합물층) 두께 : 0.5~0.7 mm
- 탄소강은 경도가 낮고 Cr, Mo, V 합금강은 경도가 높은 질화층 경도를 얻는다.

- 공정설계 : 사용현상조사, 연구 ⇒ 적합한 재질선택 ⇒ 황삭기계가공 ⇒ 조질(담금질, 뜨임) ⇒ 정삭 ⇒ 연삭(마무리사상) ⇒ 치수검사 ⇒ 탈지, 세척 ⇒ 질화준지 ⇒ Gas 질화(72hr 이상)

7. 진공열처리

1) 진공로의 담금질 작업표준

(1) 적용범위

이 작업표준은 당사의 진공로에서 가공하는 금형, 공구류의 1 차예열, 2 차예열, 본열, 냉각에 대하여 규정한다.

(2) 가공(목적)품질

① 겉모양(표면상태)

표면에 균열, 산화피막층이 없어야 하고 담금질후 가공품 표면에 반점 및 변형이 없어야 한다.

② 변형 및 경도

담금질후 피가공물의 변형상태는 가공품별 재질별에 따라서 아래 표와 같다.

가공품	구분	용도	재질	가공치수(mm)	가공허용범위(mm)	담금질경도(HRC)
금형류	다이캐스팅	알루미늄 아연리	STD61	60 ϕ *100 미만	+0.05~0.1	53~55
				60 ϕ *100 이상	+0.1~0.15	
	프레스	열간 냉간	STD62 STD11	50*300*250 미만	\pm 0.1~0.15	53~55
				50*300*250 이상	\pm 0.15~0.2	
				20*250*155 미만	\pm 0.05~0.1	61~63
20*350*150 이상	\pm 0.1 ~ 0.2					
물드	사출	사출	XW-10	10*150*100 미만	\pm 0.01~0.05	62~64
			STAVAX		\pm 0.01~0.05	
			STD11	10*150*100 이상	\pm 0.1~0.10	63~65
			STS440C		\pm 0.1~0.10	
STS420J ₂		\pm 0.1~0.10	58~60			
금형부품	반도체	Ferro-Tic	30 ϕ *150 미만	\pm 0.01~0.05	68~72	
			30 ϕ *150 이상	\pm 0.05~0.10		
공구	압축공구	다이스류	STD62	50 ϕ *80 미만	\pm 0.01~0.05	53~55
			STD5	50 ϕ *80 이상	\pm 0.05~0.10	
		아웃터슬리브	STD61	50 ϕ *80 미만	\pm 0.01~0.05	53~55
				50 ϕ *80 이상	\pm 0.05~0.10	
	절삭공구	드릴	SKH51	5 ϕ *50 미만	—	64~65
				5 ϕ *50 이상		

류		탭	SKH51	—	—	64~65
		리 마	SKH51, 55	—	—	64~65
		앤 드 밀	SKH51, 57	30 ϕ *100 미만, 이상	$\pm 0.1 \sim 0.2$	64~65
		호 브	SKH51	—	—	64~65
	냉간가공공구	인발다이스	SKH51	—	—	64~65
		로 울	STD11, 9	80 ϕ *800 미만	$\pm 0.2 \sim 0.3$	62~63
		해딩다이스	STD11	—	—	62~63
		게 이 지	STD11	—	—	62~63

2) 진공로의 뜨임작업

(1) 적용범위

이 작업표준은 당사에서 가공하는 금형, 공구류의 진공열처리중 담금질후에 실시하는 뜨임 작업 공정에 대하여 규정한다.

(2) 가공(목적)품질

① 겉모양

표면에 균열, 산화피막층이 없어야 하고 진공템퍼링후 표면이 미려하여야 하며 광휘성이 양호하여야 한다.

② 경 도

뜨임후의 강종별 경도는 다음표와 같다.

가공품	구분	용 도	재 질	뜨임후경도(HRC)
금 형	다이캐스팅	알루미늄 아 연 구 리	STD61	45~48
	프 레 스	열 간 냉 간	STD62 STD11	48~50 58~60
	몰 드	사 출 품	XW-10, STAVAX STD11, STS440C STS420	55~56
류	금 형 부 품	반 도 체	Ferro-Tic	66~68
공	압 축 공 구	다이스류	STD62 STD5	50~52

구 류		아웃터슬리브	STD61	43~45
	절삭공구	드릴, 탭	SKH51	63~64
		리 마	SKH51, 55	63~64
		앤 드 밀	SKH51, 57	64~65
		호 브	SKH51, 57	64~65
		인발다이스	SKH51	63~64
	냉간가공공구	로 울	STD11, 9	61~62
		해딩다이스, 게이지	STD11	61~62

3) 진공열처리란?

진공열처리(VACCUUM HEAT TREATMENT)란 금속의 재조 및 가공의 한 공법으로, 열처리 작업을 밀폐된 용기내에서 어느 압력수준까지 공기를 배기시킨 상태에서 수행하는 것이다. 진공열처리는 복잡한 형상이나 막힌 공공부품의 후미진 부분등의 열처리를 행할 때 열처리 효과가 보통의 로에 비해 크다. 피처리물 표면의 산화반응을 방지할 수 있으며, 표면에서 모재의 원소가 이탈되는 것을 방지(탈탄방지) 효과와 열처리도중 피처리물의 이동이 없어서 재료의 변형이 적고 안전조업이 가능하나, 투자비가 고가이고, 엄격한 작업조건이 요구되며, 열처리 싸이클이 길다.

4) 금형소재 절단에는 절단방향이 매우 중요하다.

① 냉간공구강 SKD11 등의 상종은 소재의 단신방향(혹은 압연방향) 및 이와 직각방향에 있어서 치수변화의 상태가 상이하어, 소위 방향에 대한 수치변화의 이방성을 나타낸다. 따라서 소재로부터의 재료 선택에 특히 주의할 필요가 있다.

② 열간공구강 SKD61 금형의 경우 담금질, 뜨임처리에 의해 소재의 단신방향으로 수축 혹은 약간 팽창하며, 이것과 직각방향으로는 반드시 팽창한다. 이렇게 열처리에 의해 발생하는 치수변화는 방향에 대한 이방성을 나타내므로 주의할 필요가 있다.

5) 2 차 경화공구강에는 고온뜨임이 좋다

냉간금형강의 대표적인 SKD11 은 냉간사용이라고하는 종래의 개념으로부터 180°C~200°C의 뜨임이 채용되고 있다. 그런데 최근에는 작업속도가 빨라지고, 절삭날 부위의 온도가 꽤나 높아가고 있다. 아마도 그 온도는 200°C이상으로 되었다고 생각된다. 그렇게 되면 모처럼 200°C에서 뜨임하여 얻은 성능(주로 경도)은 무위로 돌아가고, 훨씬 성능이 저하되고 만다. 그래서 SKD11 의 뜨임 온도는 200°C만이 아니고, 고온뜨임도 고려해야 한다.

다행히 SKD11 은 2 차 경화를 나타내는 합금강이므로 고온뜨임이 가능하다. 500°C~530°C의 뜨임으로서 경도는 200°C 뜨임보다도 HRC 에서 1~1.5 낮아지는 정도이므로 문제가 없으며, 오히려 내열성이 발휘되므로 더 좋게되는 셈이다.(금형 납품기일에 쫓긴 나머지 뜨임회수 또는 시간부족으로 인한 금형품질저하, 불량발생에 주의해야 한다)

6) 방전가공후 응력제거(재뜨임)가 필요하다

방전가공과 와이어 방전가공시 액중에서 용융가공하기 때문에 가공표면은 용융가공 담금질층, 그 아래는 고온담금질층, 3 번째층은 고온뜨임층이 되어 있다. 첫째층과 둘째층을 EDM의 변질층이라고 부른다. 이것은 담금질층이므로 마르텐사이트 백색층이다. 따라서 이층을 뜨임하지 않으면 안된다. 그대로 사용하면 마르텐사이트층이 결손하게 된다.

스트레스제거라는 의미에서도 뜨임은 필요하다. 뜨임온도는 SKH는 500°C~550°C, SKD, SKS 등은 200°C에서 뜨임한다.

8. 조질열처리

1) 담금질 + 고온뜨임

담금질-뜨임(조질)은 강의 기계적 성질을 향상시키기 위해 유효한 처리이고, 이 담금질 뜨임이 좋고 나쁨에 따라 그 성질은 크게 좌우된다. 또 담금질 뜨임, 즉 조질의 과정은 반드시 뜨임 공정을 거치지 않으면 안된다. 우선, 담금질에 대해 담금질의 이론은 생략하고 작업성의 면에서 고찰한다. 담금질은 완전함을 항상 목표로 하지 않으면 안된다. 이 완전함이란 완전한 담금질 즉, 100%의 마르텐사이트화로의 목표이다. 이 100% 마르텐사이트를 얻기 위한 제 1 조건은 수많은 요인이었다. 강철이 갖는 C%와 담금질 경도는 비례하고, C%가 많으면 담금질 경도는 높다. 따라서 C%의 양에 따라 100% 마르텐사이트의 담금질된 경도를 알 수 있고, 바꾸어 말하면 담금질 된 경도를 계측해, 그 값에 의해 마르텐사이트화된 양(%)를 구할 수 있다.

물론 100%는 이상치이고 Ms-Mf 구역안에서 Mf가 상온이하인 경우는 담금질한 후 서브제로처리 등의 공정을 더하지 않으면, 100% 달성할 수 없는 일도 있을 수 있다.

마르텐사이트 변태는 온도 의존성이 있는 것도 인식해 둘 필요가 있다. 열처리를 하고 있는 사람은 항상 담금질 작업에 있어서 완전 담금질을 목표로 한 작업을 하지 않으면 안된다. 그를 위해서는 개개의 조건을 확실하고 뚜렷하게 한 후에 비로소 소정의 담금질이 가능한 셈이지만, 뒤에 설명할 뜨임에 의해 조정하는 일이 없도록 과정으로서의 작업관리에 노력하지 않으면 안된다.

2) 조질열처리품의 황삭가공치수

(1) 적용범위

이 규정은 거친 가공후 조질열처리를 시행하는 부품의 황삭가공치수에 대해 규정한다.

(2) 황삭가공 치수

황삭가공치수는 부품의 형상에 의해 각각 아래표에 따르는 것으로 한다.

(3) 표면의 거칠기 : 황삭가공의 표면거칠기에 대해서는 별도로 규정하지 않지만 절단기의 상처와 표면의 흑피 부분을 남겨서는 안된다. (Crack 발생의 주요요인)

(4) 특수부품의 황삭가공치수 : 특수재질 및 특수형상으로 조질열처리 변형이 특히 큰 것. 또 조질열처리 후의 절삭가공중에 특히 커다란 변형이 발생하는 것에 대해서는 담당자간에 협의한 뒤 이 규정의 치수에 적당한 수치를 가산한다.

① 환봉류의 황삭가공치수

외경에 아래표의 치수를 가산한다. 단위 mm

	L	200	200 -	400 -	600 -	800 -	1000
D		이하	400	600	800	1000	이상

50 이하	4	5	6	7		
50 - 100	4	5	6	7	8	
100 - 150	3	4	5	6	7	8
150 - 200	3	4	5	6	7	8
200 - 300	3	3	4	5	6	7
300 - 500	3	3	4	5	6	7

* 총길이에 대한 가산 치수는 4 mm로 한다.

② 원통류의 황삭가공치수

외경 및 내경에 아래표의 치수를 가산한다. 단위 mm

L D	200 이하	200 - 400	400 - 600	600 - 800	800 - 1000	1000 이상
50 이하	4	5	6	7		
50 - 100	4	5	6	7		
100 - 150	4	5	6	7	8	
150 - 200	4	5	6	7	8	9
200 - 300	5	6	7	8	9	10
300 - 500	6	7	8	9	10	11

1. 총길이에 대한 가산 치수는 4 mm로 한다.
2. 두께가 외경의 10% 이하의 것에 대해서는 위표의 1.5 배로 한다.

③ 평물류(판)의 황삭가공치수

두께에 아래표의 치수를 가산한다. 단위mm

L D	200 이하	200 - 400	400 - 600	600 - 800	800 - 1000	1000 이상
50 이하	3					
50 - 100	4	3				
100 - 150	4	3	3			
150 - 200	4	3	3	3		
200 - 300	5	4	4	3	3	
300 - 500	6	5	5	4	4	4

1. 외경(또는 길이)에 대한 가산 치수는 4 mm로 한다.
2. 두께가 외경의 10% 이하의 것에 대해서는 1.5 배로 한다.

9. 경도불량의 원인과 대책

원 인	작 업 인 자	구 체 적 인 방 법
담금온도 너무낮다	1. 담금온도 선정 miss(너무 낮은 지시) 2. 담금온도 관리 miss(열전대의 열화, 삽입방법 miss) 3. 열록(입재량, 장입방법 불충분)	KS 및 Maker 추천온도 참조, 정기 점검 균일가열할 수 있게 적정간격에서 입재량 조정, 경화능이 좋은 재료로 변경
담금온도 너무높다	1. 담금온도 선정 miss(너무 높은 지시) 2. 담금온도 관리 miss(열전대의 열화, 삽입방법 miss)	KS 및 Maker 추천온도 참조 정기 점검 균일가열
냉각 불충분	1. 노출해서 담금질까지의 시간이 너무 걸린다. 2. 냉각방법의 선정 miss 3. scale, 슬트부착(대기, 슬트가열 때) 4. 액온의 관리 miss 5. 교반 불충분 6. 액중에서 인상온도 너무 높다.	출제방법의 합리화, 열처리 설비이후 가공 Layout 의 검토 냉각제의 특성파악 산화 방지제도포, 분위기로 사용 슬트신속 제거 유온 60~80°C 수온 30 도 이하 교반기의 설치 Ms 점 + 약 50 도에서 끌어올린다.
뜨임온도 너무높다	Ms 점 근방에서 뜨임	30~80°C에서 뜨임 이행
탈 탄	1. 소재탈탄 잔재 2. 담금가열에 의한 탈탄(대기로 과열)	최소 절삭여유의 엄수 분위기 또는 가열
이 재	전공정, 열처리공정의 혼입	작업 기록표등의 관리

10. 열처리 변형 방지의 요점

대 책 법	방 법	구 체 적 인 방 법
체질의 개선	1. 경화능이 좋은 재료를 이용한다. 냉각속도의 완화에 의해 열응력의 저감 2. 재료취급방법의 검토 3. 강의 채용	1. 경화능이 좋은 재료로 변경 (예) STC-STD, STS-STD 2. 재료의 방향성을 알고, 목적에 맞는 재료취급을 한다. 3. 마르에이징, 플라스틱형용강등의 석출경화강의 채용
전처리의 개선	1. 소재의 내부응력제거 2. 가공응력의 제거	1. 소재조질의 실시(HS40 정도 예 : 다이캐스트형) 2. 거친 가공후 변형제거 풀림의 채용
형상의 개선	1. 균일가열이 될 수 있게 두께의 변화를 제거 2. 장척재의 휘기쉬운 것은 짧게	1. 예를 들면 대칭형상으로 해서 열처리 후 가공 2. 열처리전의 길이를 짧게 해서 1 개당 변형을 적게 하고, 후공정에서 조립한다.
열처리 조건의 개선	변형을 적게하는 열처리 조건으로 변경	1. 가능한 담금온도를 낮게한다. 2. 부분적으로 경화하면 좋은 것은 슬트에 의해 부분 가열등을 이용한다.

가열 냉각방법의 개선	1. 균일가열 이완의 방지 2. 서서히 가열 3. Press 담금의 채용 4. 균일냉각법의 실시 5. 항온 뜨임의 채용	1. ㉠ 부품간격, 대열원위치나 지지방법에 주의 ㉡ 온도분포 확인시, 유효구역내에 가열한다. 2. 적절한 예열을 행한다. 가능한한 서서히 가열한다. 3. 형상에 맞는 치구를 채용 Ms 점 근방을 이용한다. 4. ㉠ 냉각제의 흐름을 균일하게 한다. ㉡ 임계 냉각속도내에서 천천히 냉각한다. ㉢ 살이 얇은 부분은 보온하고 두꺼운 부분은 강제 송풍 냉각한다. 5. 적절한 열욕온도와 시간의 검토가 사전에 필요
-------------	--	--

11. 열처리 강재의 화학성분 및 열처리조건

(1) 냉간가공용 합금공구강(COLD WORK TOOLS STEEL)

강종 기호	화 학 성 분 (%)											폴림 (C)	담금질 (C)	뜨임 (C)	폴림 경도(HRC)	뜨임 경도(HRC)	용도
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co						
STD11	1.40 1.60	<0.40	<0.60	<0.03	<0.03		11.00 13.00	0.8 1.2		0.2 0.5		830~880	1000~1050	150~200	255>	61<	성형로라, 컷터, 냉간금
STS 2	1.00 1.10	<0.35	<0.50	<0.03	<0.03		0.5 1.0		1.00 1.50	<0.2		750~800	830~880	150~200	217>	61<	탭, 드릴, 컷터 다이아스, 쇠틈날
STS 3	0.90 1.00	>0.35	0.90 1.20	<0.03	<0.03		0.5 1.0		0.5 1.0			750~800	800~850	150~200	217>	60<	탭, 게이저다이아스

(2) 열간가공용 합금공구강(HOT WORK TOOL STEEL)

STD61	0.32 0.42	0.8 1.2	0.5 이하	<0.03	<0.01		4.50 5.50	1.0 1.5		0.3 0.5		830~870	1000~1050	550~650	229>	53<	열간다이아스, 다이캐스팅
STS 4	0.25 0.35	<0.40	<0.60	<0.03	<0.01		2.0 3.0		5.0 6.0	0.3 0.5		800~850	1050~1100	600~650	235>	50<	다이캐스팅, 동압출다이아스 콘테이너 리브
STF 4	0.5 0.6	>0.35	0.60 1.00	<0.03	<0.01	1.3 2.0	0.7 1.0	0.2 0.5	0.2 0.5	<0.2		760~810	820~880	400~650	241>	-	다이블록, 열간보조다이아스 열간단조형

(3) 탄소공구강(HIGH CARBON TOOL STEEL)

STC3	1.0 1.1	<0.35	0.5 이하	<0.03	<0.02							750~780	760~820	150~200	217>	63<	목공용구, 게이저, 태엽 프레스형 립부
STC 4	0.9 1.0	<0.35	0.5 이하	<0.03	<0.02							750~780	760~820	150~200	207>	61<	목공드릴, 펜촉, 프레스 다가네, 스크랩바
STC 5	0.8 0.9	>0.35	0.5 이하	<0.03	<0.02							730~760	760~820	150~200	201>	59<	톱날, 먼지, 철인, 프레스

(4) 고속도공구강(HIGH SPEED TOOL STEEL)

SKH51	0.8 0.9	<0.4	<0.4	<0.03	<0.03		3.8 4.5	4.5 5.5	5.5 6.7	1.6 2.2		800~880	1200~1250	540~570	255>	62<	절삭공구, 드릴, 밀링컷 텡, 호프
SKH55	0.80 0.90	<0.4	<0.4	<0.03	<0.03		3.8 4.5	4.8 6.2	5.5 6.7	1.7 2.2	4.5 5.5	800~880	1220~1260	530~570	277>	63<	고속, 중절삭공구, 엔드리

(5) 구조용 합금강 및 탄소강(ALLOY STRUCTURAL STEEL AND CARBON STEEL)-HB 조질 경도임.

SCM 440	0.38 0.43	0.15 0.35	0.6 0.85	<0.03	<0.03		0.9 1.2	0.1 0.3				810~850	830~880	550~630	285~ 352		고장력축, 고압강판, 강력볼트, 샤프트
SCM 415	0.13 0.18	0.15 0.35	0.6 0.85	<0.03	<0.03		0.9 1.2	0.15 0.3				850~900	850~900 780~830	150~200	235~ 321		축류, 기어, 핀
SNCM 240	0.38 0.43	0.15 0.35	0.7 1.0	<0.03	<0.03	0.4 0.7	0.4 0.65	0.15 0.3					820~870	580~680	255~ 311		고장력, 강력볼트, 핀, 강력기어
SNCM 439	0.36 0.43	0.15 0.35	0.6 0.9	<0.03	<0.03	1.6 2.0	0.6 1.0	0.15 0.3					820~870	580~680	293~ 352		고장력축, 강력볼트, 핀, 강력기어
SNCM 420	0.17 0.23	0.15 0.35	0.4 0.9	<0.03	<0.03	1.6 2.0	0.4 0.65	0.15 0.3					850~900 770~820	150~200	293~ 375		축류, 치차핀, 비트, 스리
SNCM 45C	0.42 0.48	0.15 0.35	0.6 0.9	<0.03	<0.03							810	820~870	550~650	201~ 269		볼트, 너트, 크랭크축, 핀 체인
SNCM 55C	0.52 0.58	0.55 0.25	0.6 0.9	<0.03	<0.03							810	820~870	550~650	229~ 285		톱, 레바, 로드스프링, 고장력

12. 담금질, 조질처리의 특징 일람표

내마모성 요구 HRC50 이상 강인성 요구 HRC50 이하 고주파 담금질품 : 소재 조질처리 변형을 최소로 할 때 : 가공후 풀림처리 HRC30 이상이면 후가공이 어렵다 SCM440 황삭가공후 열처리(생략하면 잘 깨짐)		SM45C, SM50C	STC3, STC5	SCM435, SCM440
		일반기계부품 SCM435 정도의 높은 항장력, 충격값이 필요치 않을 때	탄소 공구강으로 저급공구, 질량 효과가 커서 소형 얇은 제품 적용 중대형은 수냉하므로 단순형상 가능	SM45C 보다 높은 항장력과 충격값을 필요로 하는 일반기계부품 SM45C에서는 질량효과가 크기 때문에 경도를 얻을 수 없을 때 이 강을 사용하는 경우가 있다.
조 질 처 리	일반기계 부품으로서 항장력, 충격값, 피로 강도를 필요로 하는것. 축, 핀, 이음, 레바, 너트, 와셔	HRC20~28 (Hs34~41)	HRC25~30 (Hs38~42)	HRC28~35 (Hs41~48)
		HRC24~31 (Hs37~43) 항장력이 필요하고, 수냉 담금질 가능한 부분	조질후 기능부 고주파 SM45C, SCM440 보다 높은 경도 내마모성이 필요시	높은 인장강도, 내피로도 강력볼트, 너트, 핀, 스크류, 축
절	담 금	항장력, 내마모성이 상기 보다도 필요하고 충격값은	HRC30~36 (Hs42~49)	공구류 HRC60 이상 스프링류 HRC40~50
			HRC36~42 (Hs49~56)	

삭 가 공	질 · 뜨임	상기보다 적어도 되는 부품 핀, 축이음, 기어 죠, 클러치		S55C 보다 낮은 항장력, 내마모성의 부품 일반볼트, 너트, 핀, 체인부품, 기타 구조용 부품		금형부품 HRC50~60 와사류 HRC40~45		SM55C 보다 높은 충격값이 필요 HRC42~48 (Hs56~64) SM55C 정도의 충격값으로 되는것	
		후 담 금 질 표	화 염 에 의 한 부 분 경 화	내마모성이 필요하고 고주파 담금질이 곤란한 것, 갱산 수량이 적어 고주파가 비경제적인 것.		소 재	HRC20~28(조질처리) (Hs34~41)	HRC15~20 비조질	
담 금 질 부	HRC40~47 뜨임할 것 (Hs54~63) 일반부품			HRC50~55 소형부품, 날끝, 드라이버		HRC50~57 (Hs67~76) SM45C 보다 높은 충격값을 필요로 하는 것.			
뜨 임 경 화 에	면 경 화	고 주 파 담 금 질	내마모성, 항장력, 피로 강도를 필요로하는 부품 축, 핀, 셔터축, 캠, 기어		소 재	HRC20~28(조질처리) (Hs34~41)	HRC55~60 금형부품, 내마모용 부품		HRC29~36 (Hs41~48)
			담 금 질 부	HRC50~57 (Hs67~76) 일반부품		표면 고주파 담금질하면 HRC65 까지 가능하므로 내마모성이 좋다		HRC50~57 (Hs67~76) SM45C 보다 높은 충격값을 필요로 하는 것.	
는 부 품 부 담 금 질	의 한 부 담 금 질	경 화 층 깊이 mm	일반부품 1~2 mm, 특히 마모를 예상하는 설계일 때 2~4 mm, 중주파, 담금질, 저주파는 4~7 mm						
			표 면 내 마 모 성, 강 도, 내 압 력 성, 내 부 에 강 인 성, 내 충 격 성 을 요 구 하 는 부 품 기 어, 축, 핀 또 는 고 주 파 담 금 질 부 품 과 같 은 목 적 이 나 고 주 파 담 금 질 이 곤 란 한 부 품 얇은 부 시, 와 셔	SCM415		SCM420		SNC815	
경 화 층 깊이 mm	얇은제품, 소형제품 모듈 4 미만의 기어 0.2~0.5			일반부품 모듈 4 이상 7 미만의 기어 0.5~0.8		좌측이상의 것, 대형 0.8~1.2 또는 1 mm이상			

13. 표면경화 처리의 특징 일람표

항목	고주파 담금질	화염 담금질	침탄 담금질	연 질 화		경 질 화
적용 재료	0.4~0.6%C 탄소강 SCM440 SK, 주강, 단조강	0.4~0.6%C 탄소강 HMDI	0.23%C 이하 탄소강 S09CK, S15CK SCM415, SCM420 SNCM220, 침탄강재	① 저·중·탄소강	② 탄소강, 합금강, 스테인 리스강, 주강	SACM645(SACM1) 질화를 위해서는 Al, Cr의 함유가 조건
표면경화 처리법	고주파 유도 전류에 의해서 강재의 표면을 급열, 급냉하여 표면경화시키는 것을 말하며, 내부는 강인하고 표면은 내마모성을 요구하는 기계부품에 많이 활용된다.	산소, 아세틸렌을 사용하여 강재의 급열, 급냉하여 경화시키는 방법으로 형상이 복잡하거나 두꺼운 경화층 깊이를 원할 때 사용하나, 특수한 경우가 아니고는 최근에 잘 활용하지 않고 있다.	저탄소강재의 표면에 고온가열로써 탄소를 침투시켜 냉각하여 표면경도를 높이는 것을 말하며, 고체침탄, 액체, 가스침탄법등이 있으며, 내마모성, 내충격성, 강인성을 요구하는 기계부품에 활용되고 있다. 최근 가스침탄법을 많이 활용하고 있는데, 이는 침탄분위기, 침탄층관리가 보다 쉽기 때문이다.	① 터프트라이드(염욕연질화) 염욕질화법 NaCNO 또는 칼리계의 욕으로 발생기의 질소에 의하여 질화처리온도 500~600°C, 처리시간 2Hr 로 0.015~0.02의 경화층을 얻을 수 있다. ② 서설프(염욕연질화) 터프트라이드와 거의 비슷하며, 유향이 첨가 침투된다. 모든 강종에 처리할 수 있다. ③ 가스연질화 NH3, Co2 등 가스를 사용하여 연질화하며, 침투된 화합물층은 염욕연질화와 거의 같다.		500~600°C에서 암모니아 가스를 통과시키면 분해된 N 이 물건의 표면에 흡수되어 고경화층을 얻을 수 있다. 경화깊이 100h 0.7 mm, 50h 0.5 mm이다
경화층	주파수에 따라 고주파는 보통 1~2 mm, 중주파는 3~5 mm 그보다 깊은 경화층은 저주파를 사용한다. 구멍의 내부, 단면의 내부는 곤란하며, 재질에 따라 경화층 깊이를 측정하는 기준이 다르다. 화염 담금질은 경화층을 제어할 수 없다.		물건의 형상에 관계없이 같은 두께의 경화층을 얻을 수 있다. 경화할 필요가 없는 곳은 침탄 방지한다. 사용률에 따라 0.1~수mm까지 침탄경화층이 가능하다.	강도를 요구하는 제품은 조질처리 후 연질화 한다. 내식, 내마모성, 내피로성이 뛰어난 화합물층을 얻는다. 화합물층은 10~30μ 범위 30 이 넘으면 표면백층이 박리될 위험이 있다.		0.5~0.7 mm정도까지 가능하며, 조질한 제품은 증가할 수 있다. 표면층은 박리의 위험이 있으므로 0.1 mm정도 연마하면 좋다. 경화층은 질소 흡수로 0.02~0.03% 팽창
생산성	국부경화 가능 열처리 시간 수초 자동화 가능, 대량 생산에 적합	국부경화 가능 열처리 시간 수분 장치간단 온도제어 곤란	물건 전체의 열처리,가열시간이 길다. 공업규격에는 2 단 담금질로 되어 있으나, 실정은 1 단 담금질	경제적이고 열처리 시간이 비교적 짧다. 약 4 시간 공해가 없다.		물건 전체의 열처리 시간이 매우 길다 약 6 일
경도	HRC 40~55	HRC 40~55	HRC 50~65	HV400 이상		HV900 이상
변형	담금질보다 小	담금질보다 小	고주파보다 大	극히 小		극히 小
처리비	대량생산 小, 기타 中	염가	고가	中		아주 고가
경화층 mm	0.8~7 4 이상은 합금강	1~12 4 이상은 합금강	가스침탄 0.1~5.0 mm/m	0.015~0.02 (전용강의 0.1~0.2)		0.1~0.6 0.4 이상은 비경제적

특 징	간단한 형상은 대량 생산 전기조작 자동화 비교적 안정된 경화 국부 경화기능	크기, 형태에 관계없음 국부 담금질 가능 설비비 염가 가열온도 제어 곤란	탄소 농도의 조절이 가스는 용이 침탄균일, 침탄깊이의 제어 용이 작업환경이 청결	충격이 약하다. 가스질화에 비해 단시간 처리 처리재료에 제한이 없다. 내식, 내마모성이 좋다.	내마모, 내식성 뛰어난 질화후의 처리 불필요. 변형과 담금질 균열 없음.
용도	체인휠, 핀, 기어류, 축류	크랭크 샤프트, 캠, 샤프트	축, 핀, 캠, 롤러, 체인, 부시, 기어	캠, 샤프트 등 자동차부품	디젤분사 노즐, 블록게이지

14. 열처리 용어 해설

用語	對 應 語	意 味
熱 處 理	Heat Treatment	철강에 소요의 성질을 부여하기 위하여 행하는 가열과 냉각을 조합하여 철강의 강도를 여러 가지 요구 성질에 맞도록 하는 조작
燒 鈍	Annealing 풀 림	철강을 적당한 온도로 가열하고 그 온도에서 유지한 후 서냉하는 조작. 그 목적은 내부응력의 제거, 경도저하, 피삭성의 향상, 냉간가공성의 개선 결정립의 조정, 소요의 기계적, 물리적 또는 기타의 성질을 얻는 것이다.
燒 準	Normalizing 불 림	철강의 前 加工의 영향을 제거하고 결정립을 미세화하여 기계적성질을 개선하기 위하여 AC ₃ 점 또는 A _{cm} 점 이상의 적당한 온도로 가열한 후 통상은 공기중에서 냉각하는 조작
燒 入	Quenching 담금질	「오스테나이트(Austenite)」化 온도에서 급냉하여 경화하는 조작 또는 급속하게 냉각하는 조작을 말할 때도 있다.
燒 戻	Tempering 뜨 임	燒入하여 생긴 조직을 변태 또는 석출을 진행시켜 안정한 조직에 가깝게 하고 소요의 성질 및 상태를 부여하기 위하여 AC ₁ 점 이하의 적당한 온도로 가열 냉각하는 조작 燒戻뒤에 이용하는 일도 있다.
「오스테나이트」	Austenite	γ철의 고용체에 붙여진 조직상의 명칭으로 고온에서 안정한 조직이며 탄소강에서는 가장 소입효과를 얻었을 때 나타나는 조직이다. 보통 탄소강에서는 여하히 소입하여도 이 조직을 얻을수 없다. 그러나 특수강에서는 그렇게 급냉시키지 않아도 이 조직을 얻을 수 있다. 그러나 특수강에서는 그렇게 급냉시키지 않아도 이 조직을 얻을 수 있다. 가열하면 용이하게

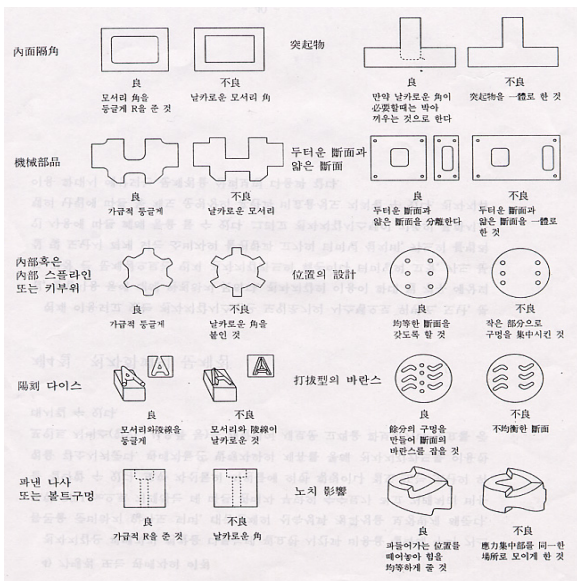
- Quenching 처리 및 Tempering 작업 오류 : 20% | 70%
- 오스테나이트화 온도 관리 부실 : 10%
- 설계미스, 과도한 연마, 무리한 사용조건, 부적절한 강종선택 : 30%

16. 연마 작업에 의한 금형 파손 원인(냉간 공구강)

- Factor : 연마속도, 무디어진 wheel, grit 크기, 냉각액
- 현상 : 표면 변색(Burning), 미세균열(에칭확인)
- 관리사항 : 연마 열화 방지, 연마 방향에 따른 Grinding Scratch
 → 부적절한 Quenching 혹은 Tempering 처리에 의해서 연마시 균열발생 (Tempering 연결시간, 높은 담금질 온도, 침탄층)

17. 熱處理事故를 줄이기 위한 設計上의 注意点

1) 精密한 設計는 熱處理事故를 防止



2) 生産性向上 뛰어난 熱處理 效果

설계 → 소재 → 황삭가공 → 풀림 → 정삭가공 → 열처리 → 연마 → 완성