

진공 열처리 기술 및 그 응용

Heat Treatment in Vacuum and its Application

김홍모·전해동

(주) 열연금속

1. 서 론

열처리 되는 피처리물이 가열중에 로내에서 산화·탈탄·침탄되는 것을 방지하기 위해 종래에는 gas 보호분위기를 이용하여 금속의 고유의 성질을 유지시키며 열처리 하였으나, 1940년대부터 gas를 사용하지 않고 진공상태에서 피처리물의 표면에 아무런 변화없이 열처리를 하기 시작하여 현재에는 많은 종류의 진공 열처리로에서 고도의 기술을 이용하여 다양한 용도의 설비와 부품개발에 활용되고 있다.

2. 진공 열처리의 특징

진공 열처리의 특징으로는 여러가지가 있으며 다음과 같이 분류하여 특징을 들 수 있다.

2.1. 구조적 특징

- 1) 가열실, gas 냉각실, oil 냉각실, free heating실 등이 분리되어 가열 냉각속도 등을 자유로이 조절, 활용범위가 넓다.
- 2) 가열원으로 graphite, Mo/W 등을 이용한 전기저항 가열이며 가열 속도가 빠르다.
- 3) 열전도가 복사 가열로 이루어지므로 제품변형이 작다.
- 4) 자동화, 무인화로 관리가 용이하며 안전성이 뛰어나다.

2.2. 분위기적 특징

- 1) 금속 표면에 산화, 탈탄, 침탄같은 조성 변화가 없어서 광화 열처리로서 마무리 작업이 생략될 수

있다.

- 2) 열처리되는 금속 소재 내부의 불순 gas를 탈 gas할 수 있다.
- 3) 진공 분위기는 다른 분위기 gas에 비해 염가이다.

2.3. 환경적인 특징

- 1) 무공해 산업이다.
- 2) 작업자에게 위생적이다.

2.4. 문제점

- 1) 금속은 각 온도에서 특유의 증기압을 가지며 또한, 합금원소로 존재할 경우 증기압은 더욱 높기 때문에 성분원소의 증발이 발생한다. 특히 Mn, Pb, Zn, Cr 등이 증기압이 높다.
- 2) 설치가 고가이다.

3. 진공 열처리의 원리

3.1. 진 공

진공의 정의는 표준 대기압보다 낮은 압력의 gas ($<2.5 \times 10$ molecules/cm³)로 채워진 공간을 말하며 이것을 나타내는데는 아래식과 같이 주로 Torr의 단위를 사용한다.

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr}$$

1) 진공의 범위

진공의 범위를 분류하자면 표 1과 같이 저진공·중진공·고진공·초고진공으로 분류된다.

2) 진공 압력 단위

진공 압력 단위는 표 2와 같이 분류된다.

표 1. 진공의 영역

영역	압력범위	호름	대표적인 PUMP	대표적인 진공계	평균자유행정 (공기 15 C)
저진공	대기압-1 TORR	점성류	유회전 PUMP	수은 MANOMETER 브루동관 진공계	50 이하
중진공	$1 \sim 10^{-3}$ TORR	중간 영역	유회전 PUMP EJECTER PUMP MECHANICAL BOOSTER PUMP	마그라이트 진공계 PIRANI 진공계 유MANNOMETER	50-5 CM
고진공	$10^{-3} \sim 10^{-7}$ TORR	분자류	확산 PUMP 분자 PUMP	전리 진공계 페닝 진공계	5 CM-500 M
초고진공	10^{-7} TORR 이하	분자류	TRAP 부확산 PUMP 스파타이온 PUMP	B-A형 진공계	500 M 이상

표 2. 진공의 압력단위

압력	← 높은 낮은 →							
	← 낮은(나쁜)	높은(좋은) →						
진공압력 Torr mmHg (절대압) 수은주	1520 ▼	760 ▼	1 ■	0.1 ■	0.01 ■	0.001 ■	0.001 ■	0 ▼
압력 kg/cm ² (abs) (절대압)	2 ▼	0.0013 (= 1/760) ▼	■					0 ▼
일반압력 kg/cm ² (Gage압)	1 ▼	0 ▼	-0.9987 ■					-1 ▼
mmH ₂ O (G) 수주	10000	0 ▼	-9987 ■					-10000 ▼
PASCAL pa		1013.25 ▼	133.3 ■		1 (= 7.5 × 10 ⁻² Torr) ■			0 ▼

3.2. 진공 펌프(pump)

진공 펌프는 각 펌프의 작동원리가 다르고, 이에 따라 펌프의 도달 진공도와 쓰이는 용도가 다르다.

1) 로타리 진공 펌프(rotary vacuum pump)

일반적으로 진공로에 많이 쓰는 펌프로써 그림 1에서 보는 바와 같이 로터가 실린더의 중심을 축으로 실린더 내벽을 밀착해서 돌며, 10⁻² Torr로 사용하는 로는 MB (mechanical booster pump)와 같이 사용하고, 0.5

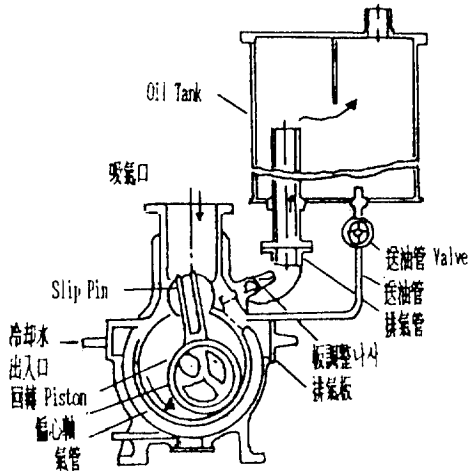


그림 1. 로타리 진공펌프

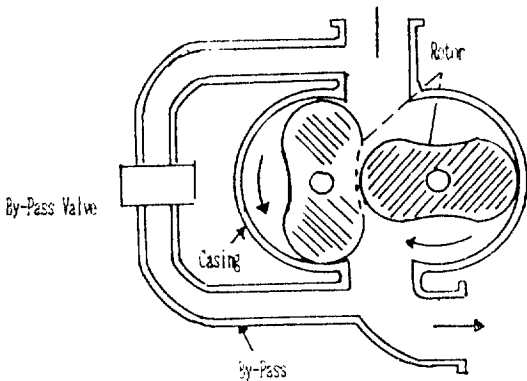


그림 2. 메카니칼 로타리 펌프

Torr정도로 조업하는 로에 사용한다.

2) 메카니칼 부스타 펌프(mechanical booster pump)

30 Torr에서 10^{-2} Torr 성능을 발휘할 수 있는 펌프로서 통상 금형의 열처리에는 RP+MB를 함께 사용한다. 원리는 그림 2에서 보는 바와 같다.

3) 유확산 펌프(diffusion pump)

그림 3에서와 같이 확산유를 heater로 가열, 증발시켜 노즐을 통해 Jet분사로 충돌하는 공기 입자를 아래로 끌어 내리 로타리 펌프(RP)로 배출시킨다. $10^{-2} \sim 10^{-6}$ Torr로 사용하며 특수한 용도(ex Ti의 처리)의 경우

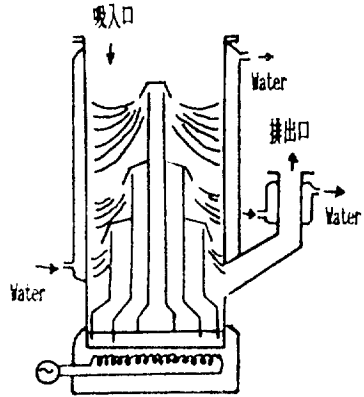


그림 3. 유확산 펌프

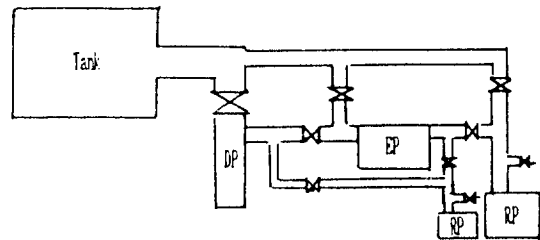


그림 4. 진공조의 원리

사용된다.

어떤 진공조를 고진공으로 만들고자 할 때는 그림 4에서와 같은 원리로 작동된다.

3.3. 구조

진공로의 구조는 여러가지 형태로 분류할 수 있으나, 여기에서는 type별 및 가열실·냉각실 등으로 분류하였다.

1) Horizontal type 1 실

그림 5(a)에서와 같이 가열실에서 가열 및 냉각을 실시하며, gas 냉각 전용으로 좁은 장소에서도 설치 가능하며 설치비가 저렴하다.

2) Vertical type 2 실

상부는 가열실이며 하부는 냉각실로서 처리제품에 따라 gas 냉각·oil 냉각·water 냉각할 수 있다. 단, 냉각실 냉매를 수시로 교체하여야 한다. 설치비 저렴하다(그림 5(b))

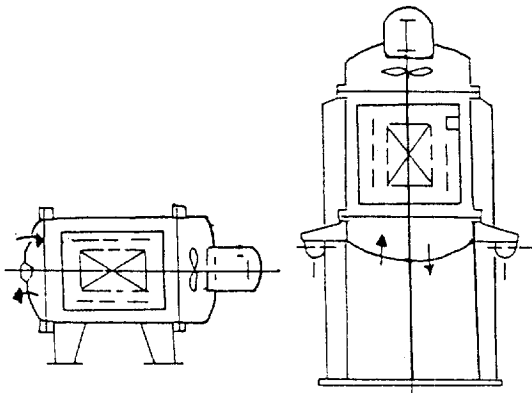


그림 5(a). Horizontal type 1실

그림 5(b). Vertical type 2실

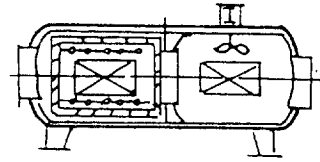


그림 5(c). Horizontal type 2실

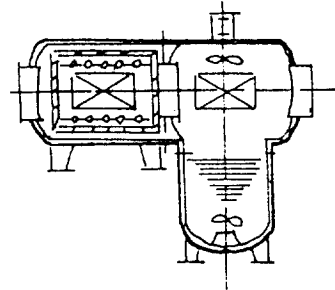


그림 5(d). Horizontal type 2실

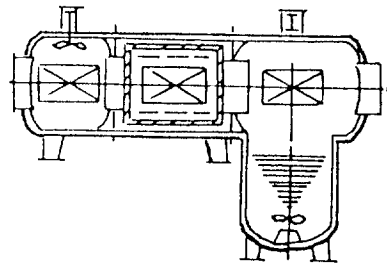


그림 5(e). Horizontal type 3실

3) Horizontal type 2 실

가열실과 냉각실이 별도로 설치되어 있으며 gas 냉각 전용으로서 냉각시간과 가열시간이 1실보다 효과적이다 (그림 5(c))

4) Horizontal type 2 실

gas 냉각과 oil 냉각이 1실에서 가능한 겸용으로 다품종 처리와 다기능을 가지며, 경제적이다(그림 5(d)).

5) Horizontal type 3 실

가열실·gas 냉각실·oil 냉각실이 각각 분리되어서 연속 조업이 가능하며, energy 절약에 효과가 있다. 설치비가 고가이다(그림 5(e)).

그림 5(f)는 Horizontal type 3실의 상세도이다. 좌·우측에서 제품이 좌측에서 장입되어 가열실에서 가

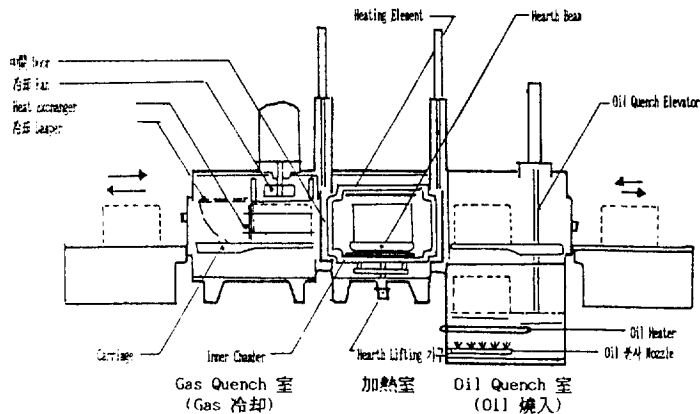


그림 5(f). Horizontal type 3실의 상세도

열된 후 oil 냉각할 경우 다시 좌측으로 반출되며, gas 냉각일 경우, 우측으로 나오며 우측에서 제품이 장입되어 gas 냉각일 경우는 다시 우측으로 제품이 반출되는 4 가지 방법으로 작동되며, 무인 자동화 상태에서 작업이 가능하도록 고안되어 있다.

4. 적용 방법

4.1. 각종 강재의 진공도와 소입 방법

각종 재질에 따라 특유의 물성치가 다르듯이 진공도와 소입 매질에 따른 소입방법도 틀린다. 표 3 에서와 같이 각종 재질에 따른 진공도와 소입방법을 표시하였다.

금속은 진공중에서 가열되면 탈가스 효과, 유지류의 분해, 산화물의 해리 등이 일어나기 때문에 진공 열처리를 할 경우 광휘 표면을 얻을 수 있다. 그리고 앞서도 언급했듯이 모든 금속은 각 온도마다 자기 특유의 증기압이 높기 때문에 고진공 쪽으로 갈수록 증발 현상이 일어나기 쉽다. 그러나 증기압이 매우 낮은 Ti, W, Mo 등의 활성금속은 가스 흡수에 의한 탈화나 잔류 O₂와의 결합에 의한 산화를 동반하기 때문에 고진공에서 처리가 가능하다.

소입방법에서는 gas 냉각을 실시하기도 하며 시간을 단축하기 위해 gas 냉각후 일정온도에서 다시 oil 냉각하는 방법이 좋다.

표 3. 각종강재의 진공도와 소입방법

강 종	진 공 도			소 입 방 법			강 종	진 공 도			소 입 방 법		
	저	중	고	유	수	GAS		저	중	고	유	수	GAS
내측격용강							Ti 합금(α - β)						
S1(SKS 41)	A	B		A			Ti-2 Al-4 Mn	A	B	D		A	
S2	A	B		A			Ti-66 Al-4 V	A	B	D		A	
S3(SKS 4)	A	B		A			Ti-679	A	B	D		A	
S4	A	B		A			Ti-6 Al-4 V	A	B	D		A	
S5	A	B		A			(LOW O)						
							Ti-666 Al-6 V-2 Sn-L	A	B	D		A	
							(Fe, Cu)						
공냉강							Ti-7 Al-4 No	A	B	D		A	
A2(SKD 12)	A	B		C		A							
A6	A	B		C		A	P. H Stainless	A	B	A			A
A7	A	B		C		A	강	A	B	A			A
D1	A	B		C		A	Ni-Span C	A	B	A			A
D2(SKD 11)	A	B		C		A	Am-350	A	B	A			A
D4	A	B		C		A	17-7 Ph	A	B	A			A
D5	A	B		C		A	17-4 Ph	A	B	A			A
D7	A	B		C		A							
H 11(SKD 6)	A	B		C		A	Ni기 합금						A
H 14	A	B		C		A	Alloy 718	A	B	A			A
H 21	A	B		C		A	Hastelloy X	A	B				A
H 22	A	B		C		A	Inconel X 750	A	B	A			A
							M-252-J 1500	A	B	A			A
유냉강							Ra-333	A	B				A

O 1	A	B	A		Rene 41	A	B	A		A
O 2	A	B	A		Rene 62	A	B	A		A
O 6	A	B	A		Rene 63	A	B	A		A
O 7(SKD 21)	A	B	A		Td Nickel(Bar)	A	B			A
4140	A	B	A		Waspaloy A	A	B	A		A
4340	A	B	A		Waspaloy B	A	B	A		A
52/100	A	B	A		Greek Ascaloy	A	B			A
W계고속도공구강										
T 2(SKH 2)	A	B	A	E	Stainless강					
T 2	A	B	A	E	400	A	B			A
T 3	A	B	A	E	410	A	B			A
T 4(SKH 3)	A	B	A	E	416	A	B			A
T 5(SKH 4 A)	A	B	A	E	420	A	B			A
T 15	A	B	A	E	440	A	B			A
Mo계고속도공구강					철, Ni기 합금					
M 1	A	B	A	E	Alloy 901	A	B	A		A
M 2(SKH 9)	A	B	A	E	A-286	A	B	A		A
M 6	A	B	A	E	Discaloy	A	B	A		A
M 10	A	B	A	E	Unitemp 212	A	B	A		A
M 30	A	B	A	E						
M 50	A	B	A	E	Co 합금					
					Al Resist 213	A	B	A		A
					A-21	A	B			A
					Mar-M 509	A	B	A		A
					Wi-52, Hs 152	A	B			A

(기 호)

A-필요조건

B-Pump의 Down Time을 개량하면 좋다.

C-Cycle 시간을 감소하기 위해 550°C로 Oil을 소입하는 것이 좋다.

D-가스중으로 행방후 1090°C로 유냉

저-로타리 Pump, 중-Mechanical 부스타, 고-확산 Pump

4.2. 제품 용도와 재질별 적용

공구강은 그 제품의 용도·재질별 적용에 따라 다르며, 탄소 공구강, 내충격용 공구강, 냉간 금형용, 냉간 다이스강 등으로 분류된다.

1) 탄소 공구강

탄소 공구강은 보통 0.60~1.50%C 범위의 탄소량을 함유하고 있다. KS에는 SK₁~SK₇의 7종류가 제정되어 있으며, 그 용도 및 재질 적용은 표 4와 같다.

2) 내충격용 공구강

내충격용 공구강은 끌, 펀치, 착암기용 피스톤 등과

표 4. 제품의 용도, 재질별 적용

용도		재질 (KS)	담금질 (C°)	프임 (C°)	적용경도 H _{Rc}
칼 · 줄	탄소공구강	SK 1	760-820 수냉	150-200 공냉	63 이상
드릴 · 면도날		SK 2	760-820 수냉	150-200 공냉	63 이상
프레스금형 · 태엽 · 치공구		SK 3 · SK 5	760-820 수냉	150-200 공냉	59-63
끝 · 편 치	내충격용공구강	SKS 4	780-820 수냉	150-200 공냉	56 이상
		SKS 41	850-900 유냉	150-200 공냉	53 이상
착암기용 피스톤 헤딩다이스		SKS 43	770-320 수냉	150-200 공냉	63 이상
		SKS 44	760-820 수냉	150-200 공냉	60 이상
케이지 · 칼 날 프레스 금형	냉간금형용	SKS 3	800-850 유냉	150-200 공냉	60 이상
		SKS 31	800-900 유냉	150-200 공냉	61 이상
		SKS 93	790-850 유냉	150-200 공냉	63 이상
		SK 94	790-850 유냉	150-200 공냉	61 이상
		SKS 95	790-850 유냉	150-200 공냉	59 이상
신선용 다이스 나사전조 다이스 프레스 금형	냉간다이스강	SKD 1	930-980 유냉	150-200 공냉	61 이상
		SKD 11	1000-1050 공냉	150-200 공냉	61 이상
		SKD 12	930-980 공냉	150-200 공냉	61 이상
프레스금형 · 다이캐스팅 금형 · 압출 다이스	열간다이스강	SKD 4	1050-1100 공냉	600-650 공냉	50 이상
		SKD 5	1050-1100 공냉	600-650 공냉	50 이상
		SKD 6	1000-1050 공냉	550-650 공냉	53 이상
		SKD 61	1000-1050 공냉	550-650 공냉	53 이상
다이블록 · 프레스금형		SKD 62	1000-1050 공냉	550-650 공냉	53 이상
일반 절삭용 공구 고속 중절삭용		SKH 2	1260-1300 유냉	550-580 공냉	62 이상
		SKH 3	1270-1310 유냉	560-590 공냉	63 이상
난삭재 절삭용	W계고속도강	SKH 4 A	1280-1330 유냉	560-590 공냉	64 이상
		SKH 4 B	1300-1350 유냉	580-610 공냉	64 이상
		SKH 5	1300-1350 유냉	600-630 공냉	64 이상
고난삭재 절삭용		SKH 10	1200-1260 유냉	540-580 공냉	64 이상
인성을 필요로하는 절삭용 공구 비교적 인성필요 고경도재절삭공구 비교적 인성필요 고속중절삭용공구	MO계고속도로강	SKH 51	1200-1250 유냉	540-570 공냉	63 이상
		SKH 53	1200-1250 유냉	540-570 공냉	63 이상
		SKH 54	1200-1250 유냉	540-570 공냉	63 이상
		SKH 55	1220-1260 유냉	530-570 공냉	63 이상
		SKH 56	1220-1260 유냉	530-570 공냉	63 이상
		SKH 57	1220-1260 유냉	530-570 공냉	64 이상

같이 격렬한 충격력이 반복되는 공구에 사용되는 강이다.

3) 냉간 금형용

냉간 금형용 합금 공구강은 SKS₃~SKS₉₅까지 분류되며 용도는 케이지, 나사절단 다이스, 절단기, 칼날 등에 쓰인다.

4) 냉간 다이스강

대표적인 냉간 다이스강의 SKD₁, SKD₁₁은 상온에서의 내마모성이 크고, 나사 전조 다이스나 금형 등에 적합하다.

5) 열간 다이스강

열간 다이스강은 열간 강도를 중요시하여 2차 경화성이 크게 되도록 Cr, W, Mo, V 등이 상당량 첨가되어 있다. SKD₆, SKD₆₁ 등이 가장 널리 쓰이며 Zn, Mg, Al 합금용 다이캐스팅 금형, 열간 압출 다이스, Cu 합금용 압출 만드렐(mandrel), 프레스금형등에 사용된다.

6) 고속도 공구강

고속도강은 18% W - 4% Cr - 1% V의 SKH₂를 중심으로한 W계와 6% W - 5% Mo - 4% Cr - 2% V의 SKH₉를 중심으로한 Mo계로 크게 나누어진다.

- a) W계 고속도강은 SKH₂ - SKH₁₀ 등으로 분류되고, 일반절삭용 공구, 난삭재절삭용 등으로 쓰인다.
- b) Mo계 고속도강은 인성을 필요로 하는 각종 공구 등에 쓰인다.

5. 적용 사례 및 효과

5.1. 적용 사례

1) 탄소 공구강

탄소 공구강의 강종에 따른 소재의 크기 및 온도, 시간, 냉각방법 등 경도값을 나타내었다 (표 5).

2) 합금 공구강

합금 공구강은 SKS와 SKD로 분류하여 적용 사례를 나타내었으며 SKS는 850°C 전후에서 유냉을 하며 SKD는 1030°C 전후에서 공냉시킴을 알 수 있다 (표 6).

표 5. 탄소 공구강의 적용 사례 및 효과

강 종	소재의 크기	온도	시간	냉각	경도	비고
SK 3	환봉 φ 10×35	840°C	×55 분	유냉	H _{Rc} 63	
SK 3	판재 40×180×15	830°C	×25 분	유냉	H _{Rc} 62	
SKS 93	환봉 φ 25×50	850°C	×120 분	유냉	H _{Rc} 63	

표 6. 합금 공구강의 적용사례 및 효과

강 종	소재의 크기	온도	시간	냉각	경도	비고
SKS 3	판재 22×200×315	850°C	×90 분	유냉	H _{Rc} 63	
SKS 3	30×50×150	820°C	×120 분	유냉	H _{Rc} 60~62	
SKS 3	환봉 φ 125×40	840°C	×80 분	유냉	H _{Rc} 61	Temp 200°C ×120 분 공냉 H _{Rc} 60.5
SKD 11	판재 35×200×350	1040°C	×90 분	공냉	H _{Rc} 64	
·	환봉 140×125	1030°C	×90 분	공냉	H _{Rc} 63	530°C Temp 3 hr ×2 회 H _{Rc} 59
·	φ 40×200	1040°C	×50 분	공냉	H _{Rc} 64	180°C ×2 hr ×1 회 H _{Rc} 62
·	φ 220×60	1030°C	×90 분	공냉	H _{Rc} 54	560°C ×3 hr H _{Rc} 570°C ×3 hr 50-53

표 7. 고속도강의 적용사례 및 효과

강 종	소재의 크기	온도	시간	냉각	경도	비 고
SKH 59	φ 35×170	1200°C	× 14 분	유냉	H _{RC} 65-67	Temp 570, 580°C 2 차 Temp 67, 67.9

표 8. Stainless Steel의 적용사례 및 효과

강 종	소 입 처 리	Tempering처리	처 리 결 과		제품용도
	처 리 Cycle 냉 각 방 법	처리 Cycle 분위기 압력	소입경도 (H _{RC})	변 형 (mm)	
SUS 403	600°C × 30 분-800°C × 30 분-900°C × 60 분 유냉 Pressure Quenching	300°C × 120 분 650 Torr	≥43	0.03	Valve부품
SUS 410	600°C × 30 분-800°C × 30 분-920°C × 60 분 유냉 Pressure Quenching	550°C × 120 분 50 Torr 이하	≥45	0.03	Valve부품
SUS 416	600°C × 30 분-800°C × 30 분-950°C × 60 분 유냉 Pressure Quenching	300°C × 120 분 600 Torr	≥45	0.03	Valve부품
SUS 420 J2	600°C × 30 분-800°C × 30 분-1050°C × 60 분 유냉	200°C × 120 분 600 Torr	≥58	0.05	MICRO CAS -KET SHAFT
SUS 420 F	600°C × 30 분-800°C × 30 분-1070°C × 60 분 유냉	200°C × 120 분 600 Torr	≥58	0.05	MICRO CAS -KET SHAFT
SUS 440 C	600°C × 30 분-800°C × 30 분-1025°C × 60 분 유냉 Pressure Quenching	250°C × 120 분 600 Torr	≥60	0.02	Computer 부 품
SUS 440 C	600°C × 30 분-800°C × 30 분-1050°C × 60 분 유냉 Pressure Quenching	500°C × 120 분 50 Torr 이하	≥61	0.03	Computer 부 품
SUS 440 C	600°C × 30 분-800°C × 30 분-1050°C × 60 분 유냉 Pressure Quenching	200°C × 120 분 650 Torr	≥60	0.03	Computer 부 품
SUS 630	600°C × 30 분-800°C × 30 분-1100°C × 60 분 유냉	460°C × 60 분 650 Torr	-	0.01	Valve부품
SUS 630	600°C × 30 분-800°C × 30 분-1050°C × 60 분 유냉	540°C × 60 분 650 Torr	-	0.01	Valve부품

3) 고속도강

고속도강인 SKH₅₉는 2차 tempering 까지 하며, 매우 높은 경도값을 나타낸다(표 7).

4) Stainless steel

Stainless steel의 강종은 SUS 403~SUS 630 까지 분류되며 처리 cycle 냉각방법은 유냉을 하며 예열·가열 온도는 600~1050℃이다. 제품의 주용도는 valve부품과 computer부품들이다(표 8).

5.2. 효과

1) 질량 효과

시편을 소입후 질량 효과를 SKD₁₁, SK, SCM을 check해 본 결과 U자형 curve를 얻어냈다(그림 6).

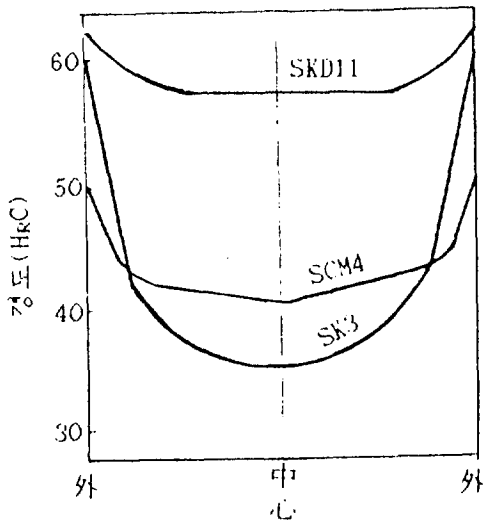


그림 6. 각종강재의 질량효과 비교

2) 변형

X방향으로 단조한 것과 Y방향으로 단조한 것을 진공로에서 열처리하여 변형 정도를 비교 검토하였다.

단조 방향이 X쪽인 경우에는 A₁, A₂, B₁, B₂ 및 C가 모두 팽창하고, 단조 방향이 Y쪽인 경우에는 A₁, A₂, B₁과 B₂는 수축하지만 C는 팽창한다. 즉, 단조 방향과 같은 방향은 팽창하고 단조 방향과 반대 방향은 수축이 일어나는 것을 알 수 있다(표 9) (그림 7).

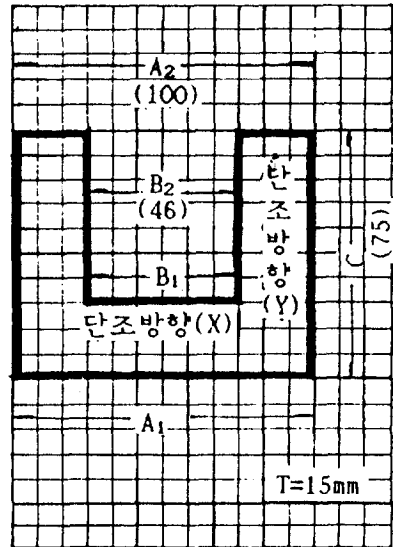


그림 7. 단조방향과 변형

표 9. 단조방향에 따른 변형비교

재료	측정	열 처리 방법	
		진공소입 (1030℃-N ₂ 냉각)	염욕소입 (1000℃-250℃염욕냉각)
단조 방향 (X)	A ₁	+ 0.04 mm	+ 0.02 mm
	A ₂	+ 0.04	- 0.08
	B ₁	+ 0.05	- 0.01
	B ₂	+ 0.03	- 0.12
	C	+ 0.01	- 0.01
H _{Rc}		63.0	64.0
단조 방향 (Y)	A ₁	- 0.03 mm	0.07 mm
	A ₂	- 0.06	- 0.03
	B ₁	- 0.02	- 0.08
	B ₂	- 0.04	+ 0.04
	C	+ 0.05	
H _{Rc}		63.0	64.5

진공이 금속 열처리에 이용되기 시작한 것은 1940년대에 미국에서 개발과 실용화가 되기 시작하면서 부터이다. 초기의 진공 열처리로는 소형이고, 냉각 기능을 갖지 못했기 때문에 당시 진공 열처리는 급냉이 필요하지 않는 한정된 분야의 특수한 금속 재료에만 적용되었다. 그후 진공 열처리와 진공 냉각유가 개발됨에 따라

6. 국내 진공 열처리의 전망

진공 열처리의 이용 범위는 더욱 확대되었으며, 최근에는 냉각기능이 더욱 향상된 진공 열처리로가 개발되어 여러 종류의 담금질 처리도 가능하였고, 국내에서도 진공로 제작회사가 속출하여 가격이 저렴한 상태이다.

국내에서의 공구강의 열처리는 종래의 분위기 전기로, 염욕로 방식으로부터 진공 열처리 방식으로 급속히 교체되고 있는 추세에 있다. 산업구조의 변화에 따라 진공 열처리법이 다양한 추세로 진행되고 있으며, 일례로서 진공 열처리·진공 침탄·진공 ion plasma 질화 등 특수한 분야에만 한정되지 않고 공업적인 규모로서 널리 이용되고 있다. 특히, 진공 열처리는 품질면에서 부가가치가 높은 열처리가 가능하고 피처리물의 전처리 및 후처리를 대폭 간략화 할 수 있는 이점이 있다. 또, 가열로로서도 진공 열처리는 무공해, 에너지 절약이란 점에서 수요업계의 요구에 부응하고 있으며, 냉각 방식도 감압가스 냉각, 유냉각 뿐만 아니라 최근에는 가압가스 냉각 및 초감압가스 냉각도 행해지고 그 응용 범위는 더욱 확대되고 있다.

7. 참고문헌

1. (株) 日本ハイズ 眞空 熱處理爐の變遷現狀 金型 No.4(1978).
2. 西山幸夫:眞空ろう付けの實際 No.6(1972).
3. 中外爐工業(株) 眞空熱處理.
4. (株) 日本ハイズ 眞空 熱處理爐の最近の進歩 No.10(1986).
5. KIMM 87 열처리 설비 및 장비 WORKSHOP(2) p.221.
6. 中外爐工業(株) Die Steel 眞空燒入 실험 보고서 (1988).
7. 杉山道生(株) 日本ハイズ 眞空 熱處理.
8. KIMM 88 열처리 기술 WORKSHOP p.185(1988).
9. 大和久重雄 無公害熱處理技術 1973.
10. 금형의 열처리 및 표면 경화 기술(1990).