

기계설계에서 철강 재료의 선정



전 기 찬

기아자동차(주) 생산기술본부

● 1949년생.
● 소성가공을 전공하였으며, 박관성형 기술에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

강은 열처리에 의해서 연성과 강도를 적절히 조절할 수 있고 그것의 조달이 용이하기 때문에 기계 구조 부품으로서 가장 널리 사용되어 오고 있다. 강은 철과 탄소를 기본원소로 하는 탄소강과 경화능과 기계적성질의 향상을 위하여 합금원소를 첨가한 합금강으로 나누어 진다. 강을 이용한 기계 구조 부품의 강도 설계는 강의 열처리 특성의 이해와 활용을 기본으로 하고 있다. 따라서 이 글에서는 강의 열처리에 따른 경도 변화의 예측과 그에 따른 강도의 예측 그리고 부품 강도 설계에 관하여 기술하고자 한다.

2. 열처리 강의 경도와 인장강도

탄소강 및 저합금강의 경도와 인장강도 사이에는 근사적으로 직선적인 관계를 가지는 것이 실험적으로 알려져 있다. 따라서 강의 경도는 인장강도의 하나의 척도로서 이용되고 있다. 열처리 강의 Brinell 경도와 인장강도 간의 통계적인 관계가 그림 1에 도시되어 있다. 그림 1로부터 Ksi 단위로 표시된 인장강도와 Brinell 경도값 사이의 관계는 식 (1)과 같고, 이 식은 기계 설계자들에 의하여 강의 강도 설계에 널리 쓰여져 왔다.^(1,2)

$$Su (Ksi) = 0.5 \times (BHN) \quad (1)$$

강의 화학 조성 and 열처리 조건으로부터 경도를 예측할 수 있다면, 그것의 강도 또한 예측할 수 있다. 따라서 철강기술자들은 강의 열처리경도 예측을 위하여 많은 노력을 기울여 왔다. 그 결과로서 얻어진 경험식과 그래프 등을 이용하는 강의 경도 예측에 관하여 다음 절에서 부터 기술하고자 한다.

식 (1)을 이용한 강의 강도설계에 있어서 주의할 사항으로서는 합금강의 경우 열처리 조건

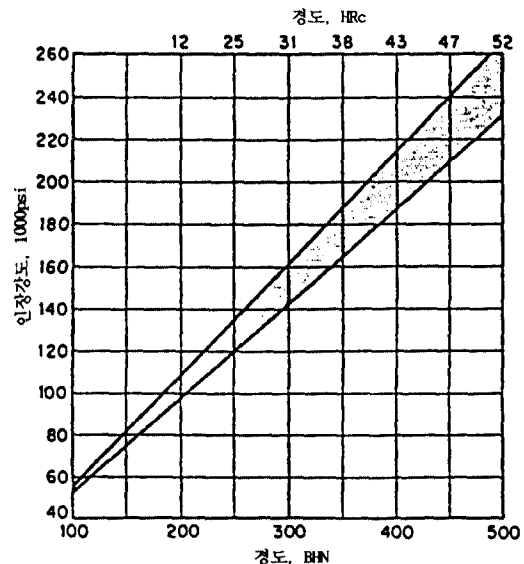


그림 1 열처리 강의 경도와 인장강도와의 관계⁽¹⁾

에 따라서 경도와 강도 간의 관계가 직선적인 관계로부터 벗어나거나, 강도는 직선적인 관계를 보이지만 충격값에 있어서 현저한 저하를 보이는 취화현상 등이 있다는 점을 기억할 필요가 있다.

3. 강의 소입 정도

3.1 강의 경화능 및 Jominy 시험

경화능이란 소입시 강이 얼마나 깊은 곳까지 경화되느냐를 나타내는 척도이다. 바꾸어 말하면 소입에서 얼마나 늦은 냉각속도에서 마르텐사이트를 얻을 수 있느냐 하는 척도이다. 이것은 소입에서 얻어지는 경도와는 다른 의미를 가지고 있다. 강의 소입경도는 마르텐사이트 내의 탄소 농도에 의해서 결정되는 반면에 경화능은 짧은 봉상의 재료를 소입할 때 표면에서부터 어느 정도 깊이까지 마르텐사이트 변태가 일어나서 경화되느냐를 나타내는 척도이다. 강의 경화 깊이는 통상 두 가지 방법에 의해서 표시하여 왔다. 그 하나는 90%의 마르텐사이트 변태가 일어나는 깊이로서 표시하는 것이며, 다른 하나는 50% 마르텐사이트와 50%의 다른 변태조직을 가지는 깊이까지로서 정하는 방법이다. 마르텐사이트 변태량 50%를 전후로 하여 강의 경도가 급격하게 변하므로 그 깊이를 손쉽게 알 수 있고 중탄소강에서는 마르텐사이트 변태량 50% 정도에서도 기계적 성질의 저하가 심하지 않으므로 후자의 방법이 보다 널리 이용되고 있다. 강의 소입시에 얻어질 수 있는 조직은 페라이트(ferite), 펄라이트(pearlite), 상부 베이나이트(upper bainite), 하부 베이나이트(lower bainite) 그리고 마르텐사이트 등이고 강의 TTT 곡선과 냉각 곡선으로부터 알 수 있다. 자세한 내용은 참고문헌 (3)을 참고하기 바란다.

강의 경화능을 측정하는 데에는 Jominy 시험으로 불리어지는 표준 시험법이 널리 이용되고 있고 규격으로 제정되어 있는 각종 강재에 대하여 측정하여 놓은 경화능 곡선 혹은 데이

터가 편리하게 이용되고 있다. Jominy 시험에 사용되는 치구를 그림 2에 나타내었으며, Jominy 거리(JD; Jominy distance)에 따른 냉각속도를 표 1에 나타내었다.⁽⁴⁾ 치구에 고정시킬 수 있는 턱을 가진 직경 1인치, 길이 4인치의 시험편을 소입온도까지 가열하여 치구에 그림과 같이 고정하고 시험편 하단 1/2인치 지점에 직경 1/2 인치의 관으로부터 70°F의 물을

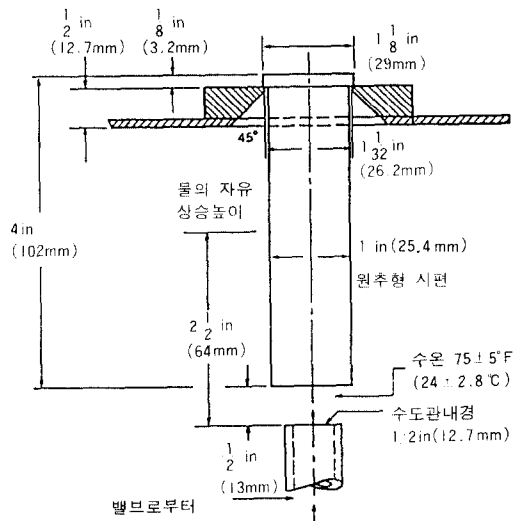


그림 2 Jominy 시험 치구⁽⁴⁾

표 1 Jominy 거리에 따른 냉각 속도(1300°F부터 냉각할 때)

JD(×1/16in)	CR(°F/sec)
32	4.5
24	5
20	7
18	8
16	11
14	13
12	16
10	22
8	30
7	40
6	55
5	75
4	100
3	200
2	300
1	500

2.5인치 올라갈 수 있는 수압으로 시편의 끝단을 냉각시킨다. 표 1에 시험편 끝단으로부터의 거리 JD(Jominy distance)에 따른 냉각속도가 표시되어 있다. 탄소강과 합금강의 열전달 속도는 같은 것으로 취급한다. 표 1의 데이터로부터 JD에 따른 냉각 속도는 근사적으로 식 (2)와 같이 표시된다.

$$R(^{\circ}\text{F}/\text{sec}) = 11d^{-1.33} \text{ for } 0.1 < d < 2.4 \quad (2)$$

여기서, R 의 단위는 1300°F 에서 $^{\circ}\text{F}/\text{sec}$ 그리고 d 의 단위는 in이다. 시편전체가 상온으로 냉각된 후 그것을 길이 방향으로 양면을 평활하게 연삭하여 소입 끝단으로부터 1/16인치 거리마다 Rockwell C경도를 측정하여 표 혹은 곡선으로 도시한다. 그림 3에 강종 AISI 1330H에 대한 경화능 띠가 소개되어 있다.⁽⁶⁾ 강의 규격을 살펴보면 각 합금원소의 양이 상한과 하한값으로서 표시되어 있다. 시중에서 판매되는 재료는 표시된 화학조성의 상하한 값 사이의 조성을 가지고 있으므로 그 경화능 값은 상한과 하한의 값으로 구성되는 띠내의 값을 가진다. 이와 같이 규격화된 경화능 띠 사이의 경화능 값을 가지는 것으로 경화능을 보증하는 강종에 대해서는 그것의 표기 뒤에 H를 붙여서 판매하고 있다. 설계시 재료강도 계산에서 경화능 띠의 하한값을 적용한다면 안정

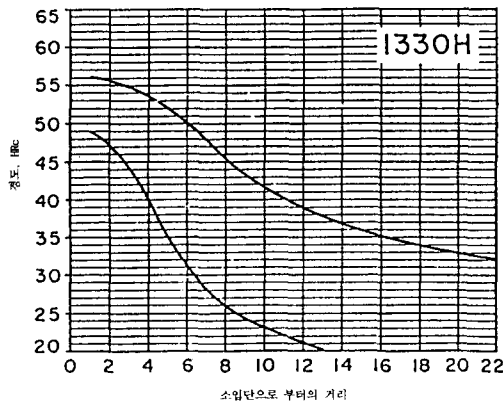


그림 3 AISI 1330H 강의 경화능 띠(Hardenability Band)⁽⁶⁾

계수를 고려하는 것과 같은 효과를 준다.

3.2 Jominy 시험 데이터를 이용한 소입 강재의 냉각 속도 및 경도 예측

소입시 재료의 두께 각 부위의 냉각속도를 알게 되면 그것으로부터 JD(Jominy 거리)를 환산할 수 있고, Jominy 시험결과로써 얻어진 경화능 곡선으로부터 소입경도를 예측할 수 있다. 소입시의 냉각속도는 먼저 소입매체의 냉각능과 재료의 열전도도에 따라서 결정된다. 각 부위의 냉각속도는 재료표면과 냉각 매체 계면의 열전도도와 재료내부의 열전도도를 고려하여 구할 수도 있지만 실험적으로 얻어진 환산곡선 혹은 데이터를 이용하는 것이 보다 편리하다. 표 2에 몇 가지 소입매체에 대한 냉각능이 물을 기준으로 하여 상대적인 값으로서 표시되어 있다. 그리고 환봉의 소입에서 각 부위의 등가 JD와 냉각속도가 그림 4에 도시되어 있다. 그리고 판재와 각봉, 환봉에 대한 등가 직경이 그림 5에 도시되어 있다.

그림 4와 그림 5를 이용하여 각봉, 환봉 그리고 판재의 냉각 속도 혹은 등가 JD를 예측할 수 있다. 적용사례로서 직경 2인치의 AISI 1330H강을 소입온도로부터 수냉하였다고 하자. 그 때 이 강의 표면과 내부의 소입경도를 예측하여 보자. 그리고 이 환봉으로 토크를 전달할 때와 인장하중을 지지하는 경우에 대하여 사용이 가능한가를 판단하여 보자. 그림 4로부터 표면은 1JD로서 냉각 속도 $500^{\circ}\text{F}/\text{sec}$ 이고 내부는 8JD로서 냉각속도 $30^{\circ}\text{F}/\text{sec}$ 임을 알 수

표 2 몇 가지 소입 매체의 근사적 냉각능 값⁽⁶⁾

교반	광유	물	소금물
무	0.25~0.30	0.9~1.0	2
저속	0.30~0.35	1.0~1.1	2.0~2.2
중속	0.35~0.40	1.2~1.3	
중고속	0.40~0.50	1.4~1.5	
고속	0.50~0.80	1.6~2.0	
초고속	0.80~1.1	4.0	5.0

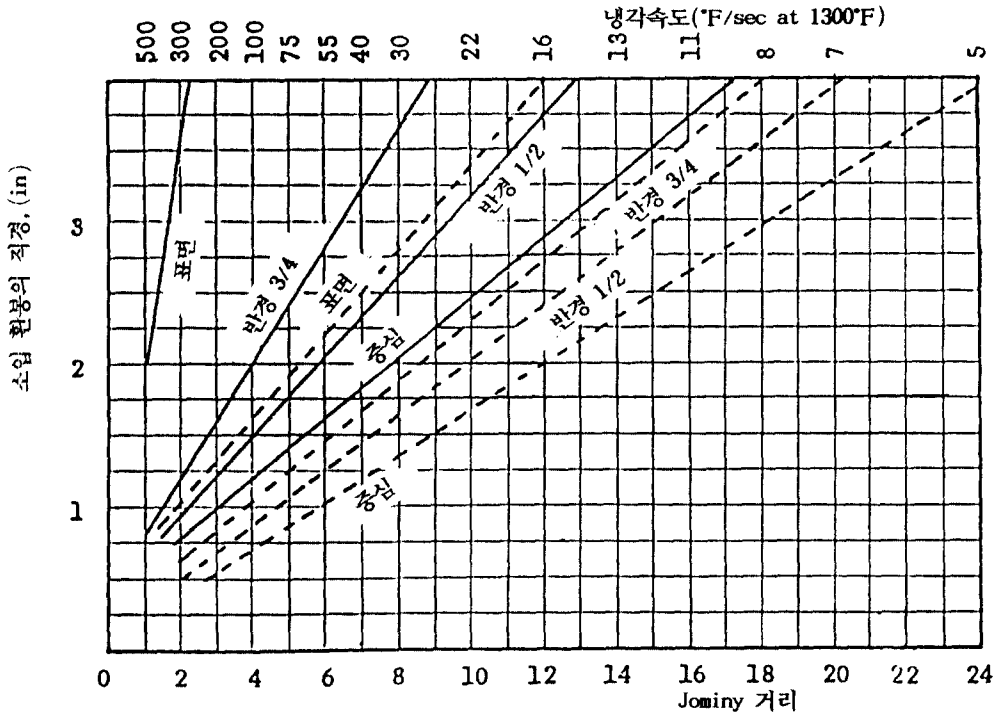


그림 4 환봉의 소입에서 환봉직경과 등가 Jominy 거리의 관계⁽⁷⁾ *실선은 순하게 교반하면서 수냉할 경우($H=1.5$), *점선은 순하게 교반하면서 유냉할 경우($H=0.5$)

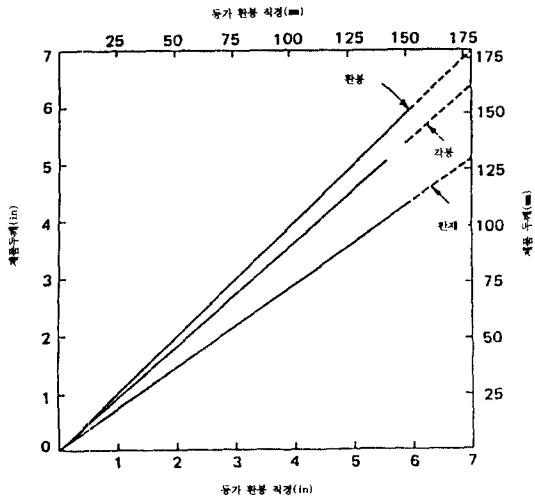


그림 5 판재와 각부의 소입시 등가 환봉 직경과의 관계⁽⁶⁾

있다.

그림 3의 경화능 곡선으로부터 표면경도는

Hrc 56-48 그리고 내부경도는 Hrc 42-26임을 예측할 수 있다. 이 환봉으로 토크를 전달할 경우, 토크에 의해서 걸리는 전단 응력은 봉의 중앙으로부터 멀수록 크다. 즉 표면이 최대이고 중앙으로 갈수록 전단응력이 낮아지므로 열처리에 의해서 표면은 높은 인장강도 그리고 내부는 낮은 인장강도를 가지더라도 사용에 있어서 큰 문제는 없다. 그러나 인장 하중 하에서는 재료의 각 부분이 받는 응력의 크기가 같으므로 표면 경도를 기준으로 강도를 계산할 경우 문제를 남게 된다.

일반적으로 재료역학을 기본으로 하여 강도 설계를 할 때, 재료를 균일한 연속체(즉, 모든 부분에서 기계적 성질이 균일한 물체)로 취급하여 이론을 전개하여 왔다. 따라서 기계 구조 부품의 강도 설계에서도 가능한한 열처리에서 부품 내외부의 강도가 일정하게 얻어지는 재료를 선정한다. 즉 두꺼운 재료일수록 경화능이

큰 재료를 선정하여 적용하는 것이 상례이다. 물론 치차, 핀 등 많은 부품에서 내부는 강인하고 표면은 내마모성을 크게 하기 위하여 표면경화강을 선택하는 예도 많다. 화학 성분으로부터 소입정도를 예측하기 위한 연구도 많은 금속학자들에 의해서 진행되어 왔고, 그 결과로서 몇 가지 예측방법이 제안되어 있다.

4. 강의 템퍼링 정도

강을 소입하게 되면 마르텐사이트 변태에 의해서 높은 경도가 얻어진다. 소입 열처리된 강은, 경도는 높으나 마르텐사이트 변태시의 부피증가와 소입변형 등으로 인하여 높은 내부응력을 가지고 있어서 심한 취성을 나타내므로, 기계 구조재로서 쓸 수 없다. 따라서 좋은 강도-연성의 조화를 위하여 소려(tempering) 처리를 하게 된다. 소려에 따른 소입강의 경도 변화는 처리 온도와 시간에 따라 달라진다. 즉

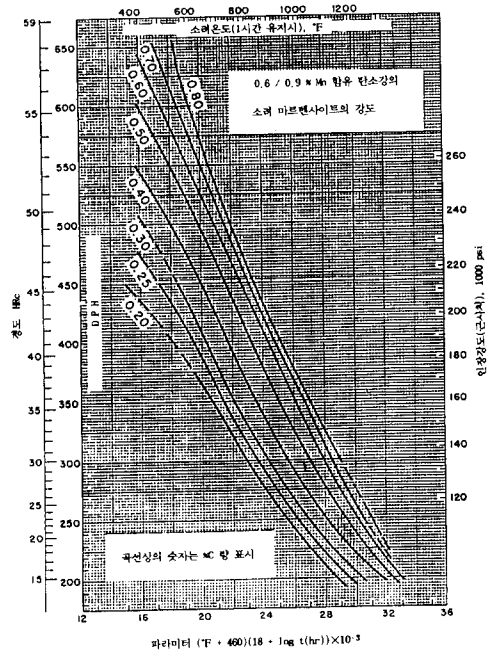


그림 7 중탄소강에 대한 소려 곡선⁽⁹⁾

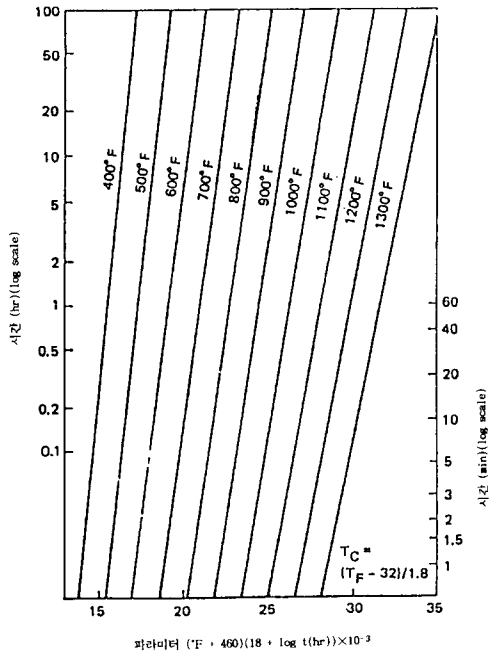


그림 6 소려시 소려 계수(tempering parameter)와 온도 및 시간 관계도⁽¹⁰⁾

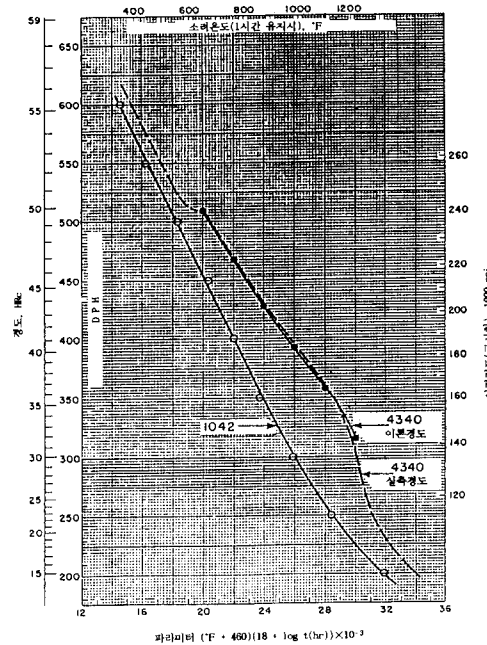


그림 8 4340 마르텐사이트강의 이론 경도와 실측 경도 비교⁽⁹⁾

표 3 소러경도 예측을 위한 합금원소의 영향계수⁽⁹⁾

원소	범위	계 수					
		20	22	24	26	28	30
Mn	0.85/2.1%	35	25	30	30	30	25
S _i	0.3/2.2%	65	60	30	30	30	30
N _i	Up to 4%	5	3	6	8	8	6
C _r	Up to 1.2%	50	55	55	55	55	55
M _o	Up to 0.35%	40	90	160	220	240	210
		(20)*	(45)*	(80)*	(110)*	(120)*	(105)*
V**	Up to 0.2%	0	30	85	150	210	150

* 0.5/1.2% Cr이 존재한다면 이 계수 이용

**SAE-AISI 바나듐 강에 대해서 V가 탄화물 형성 원소로서만 존재할 때는 적용되지 않음.

주 : Boron 계수는 "0"임.

표 4 고 부하 부품에 대한 강종(유소입)

항복강도 psi	소러 경도 HR _c	소입경도 (80% 이상 마르텐 사이트) HR _c	환봉 ~ $\frac{1}{2}$ in	$\frac{1}{2}$ ~1 in	$1\sim\frac{1}{2}$ in	$1\frac{1}{2}$ ~ 2 in	2~ $2\frac{1}{2}$ in	$2\frac{1}{2}$ ~ 3in	3~ $3\frac{1}{2}$ in	
			80% 마르텐사이트~ 중심까지			반경 1/2까지		반경 3/4까지		
			상당 Jominy 거리 $3\frac{1}{2}/16$			6/16	$7\frac{1}{2}/16$	10/16	$10\frac{1}{2}/16$	13/16
90,000~ 125,000	23~30	42	1330H 5132H 4130H							
125,000~ 150,000	30~36	44	1335H 5135H	8740H 4135H 50B40 8640H	4137H	4142H 81B45			4337H 9850 86B45	
150,000~ 170,000	36~41	48	1340H 4135H 5140H 50B40 4047H 8637H	4137H 8645H 8642H	4140H		4145H	4147H 4337H 4147 81B45 86B45	4340H	
170,000~ 185,000	41~46	51	8640H 9260H 4140H 8642H 8740H 50B44 5150H 50B50	9262H 5160H 50B50 6150H	4142H 8655H 4145H 50B60 4337H 81B45 8650H	8660H 51B60	4147H 4340H 81B45 86B45	4150H		
815,000	46~	55	8655H 5160H 4150H 50B60		8660H					

고온에서 처리할수록 그리고 장시간 처리할수록 경도는 낮아지고 연성은 증가한다. Grange와 Baughman⁽⁸⁾은 소려시간 t , 온도 T 그리고 경도 H 사이의 관계를 Hollomon과 Jaffe⁽⁹⁾가 제안한 파라미터를 도입하여 표시하였다. 즉 경도 H 는 파라미터를 도입하여 표시하였다. 즉 경도 H 는 파라미터 $T(C + \log t)$ 의 함수로 표시하였다. 여기서, T 는 °F 단위의 절대 온도로서 °F+460이고 t 는 처리시간으로서 단위는 hr이다. 그리고 C 는 상수로서 많은 실험 결과와의 비교로부터 18이 적절한 것으로 알려져 있다.⁽⁸⁾ 따라서 이 값들을 넣어서 정리하면 경도는 이 파라미터의 함수로 아래와 같이 표시될 수 있다.

$$H = f[\text{PARAMETER}] \quad (3)$$

그리고 파라미터는 식 (4)와 같다.

$$\text{파라미터} = (°F + 460)(18 + \log t(\text{Hr})) \times 10^{-3} \quad (4)$$

여기서, 경도 H 는 DPH(diamond pyramid hardness) 값으로 표시한다. 이것은 위의 관계가 Brinell 경도를 쓸 때에 비해 보다 직선적인 관계를 보여주기 때문이다. 이 계수(parameter)는 템퍼링 온도와 시간의 관계를 하나의 계수로서 관계지어 주는 것이고 이 관계를 도시하면 그림 6과 같다. 이 계수 혹은 그림 6의 이용에 관한 예를 소개하면 500°F에서의 50hr는 700°F에서의 1.2분에 해당함을 그림 혹은 식 (3)으로부터 알 수 있다. 탄소강의 소려 계수(tempering parameter)에 따른 경도변화곡선이 그림 7에 주어져 있다. 이 곡선을 얻을 때 소입은 충분히 작은 시편으로 행하여 소량의 잔류 오스테나이트(austenite) 외에는 전량

표 5 고 부하 부품에 대한 강종(수소입)

항복강도 psi	소려 경도 HR _c	소입경도 (80% 이상 마르텐 사이트) HR _c	환봉	$\frac{1}{2}$ ~	$1 \sim \frac{1}{2}$ in	$\frac{1}{2}$ ~	2~	$2\frac{1}{2}$ ~	3~	
			$\sim \frac{1}{2}$ in	in	2 in	$2\frac{1}{2}$ in	3in	$3\frac{1}{2}$ in		
			80% 마르텐사이트~ 중심까지		반경 1/2까지		반경 3/4까지			
상당 Jomig 거리			3/16	4/16	6/16	5/16	$6\frac{1}{2}/16$	$7\frac{1}{2}/16$		
$1\frac{1}{2}/16$										
90,000~ 125,000	23~30	42		1330H 4130H 5130H	5132H 8630H					
125,000~ 150,000	30~36	44	1330H 4130H 5130H	5132H 8630H	5132H		1340H 8637H 50B40	4135H	4137H	
4137H										
150,000~ 170,000	36~41	48								
170,000~ 185,000	41~46	51								
185,000~	46~	55								

마르텐사이트 변태가 일어날 수 있도록 하였다. 본 실험 자료는 탄소함량 0.45% 이하에 대해서는 염수 소입(brine quenching)으로 그리고 그 이상에서는 유소입(oil quenching)을 하였고, 소려는 연욕(lead bath)에서 행하였다. 이 곡선으로부터 각 소려온도 및 시간에 대한 경도를 예측할 수 있다. 소려경도에 미치는 합금원소의 영향은 표 3에 주어져 있다.

각 합금원소에 대한 경도 증분 인자와 원소 함량을 곱하여 전체 합금 원소에 대한 총합을 구하여 그 합금강의 탄소량을 가지는 탄소강의 예상 경도에 보태어 주면 합금강의 소려경도가 얻어진다.

예를 들면 AISI 4340강의 소려계수 20에 대한 경도를 예측하여 보자. 먼저 그림 7로부터 얻어진 1042강의 그것은 그림 8에서 계수20에 대하여 중공원으로 표시되어 있다. 표 3으로부터 합금원소의 영향은 다음과 같다.

$$5 \times \%Ni + 50 \times \%Cr + 20 \times \%Mo = 5 \times 1.79 + 50 \times 0.80 + 20 \times 0.33 = 55 \quad (5)$$

따라서 탄소강 1042의 값에 55를 더해주면 막힌원으로 표시된 값을 가지고 이것은 측정값과 잘 일치함을 알 수 있다.

표 6 중간 정도의 부하를 받는 부품에 대한 강종(유소입)

항복강도 psi	소려 경도 HR _c	소입경도 (80% 이상 마르텐 사이트) HR _c	환봉 ~ $\frac{1}{2}$ in	$\frac{1}{2}$ ~1 in	$1 \sim \frac{1}{2}$ in	$1\frac{1}{2}$ ~ 2 in	2~ $2\frac{1}{2}$ in	$2\frac{1}{2}$ ~ 3in	3~ $3\frac{1}{2}$ in	
			50% 마르텐사이트~ 중심까지			반경 $\frac{1}{2}$ 까지		반경 $\frac{1}{2}$ 까지		
			상당 Jominy 거리 $3\frac{1}{2}/16$			6/16	$7\frac{1}{2}/16$	10/16	$10\frac{1}{2}/16$	13/16
90,000~ 125,000	23~30	42	1330H 5132H 4130H	8637H		4140H				
125,000~ 150,000	30~36	44	1335H 4042H 5135H	8640H 4135H 8740H	4137H 8645H 6150H 8642H		4142H	4154H	86B45	
150,000~ 170,000	36~41	48	1340H 4047H 8637H 4135H 50B40	5140H 4140H 5150H 8642H	8645H 4142H 50B50		4145H 8655H	4147H 81B45 86B45	4340H	
170,000~ 185,000	41~46	51	5150H 4140H 8640H 8642H 50B44 8740H	9260H 50B50	4142H 6150H 4145H 8650H 8655H 9260H 50B60 81B45		4147H 4340H 8660H 51B60 81B45 86B45	4150H		
185,000~	46~	55	8655H 4150H 5160H	50B60	8660H					

5. 기계 구조용 강재의 선정 사례

기계구조 부품의 설계에서 재료는 균일한 연속체로 가정하여 강도를 계산하고 있다. 따라서 재료의 선정은 설계자의 의도를 지원할 수 있도록 부품의 내외부의 강도(강도)가 가능한 균일하게 얻어질 수 있도록 하는 것이 기본이다. 그리고 설계자가 의도한 재료의 강도값을 얻을 수 있는 재료를 선정하는 것은 철강재료를 기본으로 할 때 지금까지 소개한 개념으로부터 화학조성을 알면 얻을 수 있는 소입, 소려 후의 강도를 예측할 수 있고 그것으로부터

터 식 (1)을 이용하여 강도값을 예측할 수 있다. 그러면 선택한 재료에 대한 사양 즉 재료 규격명, 열처리 조건, 요구 강도를 정하여 줄 수 있다.

이와 같이 설계자가 부품설계와 재료사양까지를 표시한 후에는 선택한 재료가 합금강이라면, 설정한 강도 범위가 열처리에서 소려취성(열처리 후 인장강도는 설계자의 의도대로 얻어지더라도 충격치가 현저히 낮아지는 현상)이 일어날 수 있는 조건인지 그렇지 않은지는 금속전공기사로부터 검토를 받을 필요가 있다. 그 외에도 용접이 필요한 경우에는 용접성의 검토, 그리고 사용환경에서 응력부식 혹은 수

표 7 중간 정도의 부하를 받는 부품에 대한 강종(수소입)

항복강도 psi	소려 강도 HR _c	소입강도 (80% 이상 마르텐 사이트) HR _c	환봉 ~ $\frac{1}{2}$ in	$\frac{1}{2}$ ~1in	$1\sim\frac{1}{2}$ in	$\frac{1}{2}$ ~ 2in	2~ $\frac{2}{2}$ in	$\frac{2}{2}$ ~ 3in	3~ $\frac{3}{2}$ in	
			50% 마르텐사이트~ 중심까지			반경 $\frac{1}{2}$ 까지		반경 $\frac{1}{2}$ 까지		
			상 당 Joming 거리 $1\frac{1}{2}/16$	3/16	4/16	6/16	5/16	$6\frac{1}{2}/16$	$7\frac{1}{2}/16$	
90,000~ 125,000	23~30	42	1040	1330H 4037H 4130H	5130H 5132H 8630H		1340H 4135H 8637H		8740H 8640H	
125,000~ 150,000	30~36	44	1330H 1045 8630H	4130H		1335H 5135H	1340H 5140H 8637H	4135H 8640H 5150H 8740H	4137H 8645H 4140H 6150H 50B40 8642H	
150,000~ 170,000	36~41	48	1335H 4037H	5135H	4042H 50B40	1340H 4135H 5140H 8637H 50B40	4137H 8640H 8740H 50B40	4140H 6150H 50B44 8645H 8742H	9262H 50B50	
170,000~ 185,000	41~46	51								
815,000~	46~	55								

소 취성 등의 가능성에 관해서도 검토를 받을 필요가 있다.

이 글의 제1절에서부터 제4절까지 기계구조 부품에 사용되는 강재의 선택에 관한 기본적인 개념과 강의 열처리 특성에 관하여 기술하였다. 본 절에서는 이상에서 설명한 내용을 바탕으로 하여 미국자동차 공학회(SAE : society of automotive engineers)의 철강분과에서 추천한 구조용재료의 선정요령을 TIMKEN사에서 표화한 내용을 소개함으로써 재료선정의 생산현장적용에 도움이 되도록 하였다(표 4, 5, 6, 7).⁽¹¹⁾ 합금강의 경우에는 물에 소입하는 것은 대체로 피하고 있다. 특히, 재료의 직경이 50 mm 이하인 경우에 더욱 그러하다. 표에 소개된 재료의 선정에 있어서 부하를 크게 받는 부품의 경우에는 소입에서 80%의 마르텐사이트 조직을 얻을 수 있도록 그리고 중간 정도의 부하를 받는 부품의 경우에는 50%의 마르텐사이트를 얻을 수 있도록 하는 것을 기본으로 하여 재료를 선정하였다. AISI 규격 번호에 해당하는 강의 화학 성분범위는 규격집을 참고하기 바란다.

6. 맺음말

이 글을 쓰게된 동기는 기계공학을 전공한 설계기술자들은 금속 재료의 기본을 충분히 이해하지 못하고 있기 때문에 재료선정시 어려움을 겪고 있고 금속 공학을 전공한 기사들은 고체역학적인 지식이 부족하여 설계부품이 받는 하중상태의 이해가 부족하기 때문에 재료선정에 있어서 어려움을 겪고 있는 것을 생산 현장

에서 일해 오면서 보아 왔다. 따라서 이 글에서는 기계구조부품의 설계에서 가장 중요한 재료인 철강 재료의 선정 원리와 그 방법을 소개하였다. 많은 참고가 되기를 바라면서 이 글을 끝맺고자 한다.

참고문헌

- (1) Dieter, G.E., 1986, Mechanical Metallurgy," 3rd ed, McG-Hill, pp. 320~331.
- (2) Caddell, R.M., 1980, Deformation and Fracture of Solids," Prentice-Hall Inc., p. 284.
- (3) Shewmon, 1969, Transformations in Metals," McG-Hill.
- (4) ASTM, 1981, Part 5, A 255, p. 75.
- (5) ASM, Metal Handbook, 1, 210
- (6) Leslie, W.C., 1982, "The Physical Metallurgy of Steels," McG-Hell, pp. 246~250.
- (7) Datsko, J., 1977, Materials in Design and Manufacturing," Malloy Inc, Ann Arbor, Michigan, pp. 4~26.
- (8) Grange, R.A. and Rarghman, R.W., 1954, U.S.Steel Research Lahr," Report No. 738.
- (9) Hollomon, J.D. and Jaffe, L.D., 1945, Trans. AIME p. 223.
- (10) Grange, R.A., Hribal, C.R. and Porter, L. F., 1977, Metall. Trans. A. 8A p. 1775.
- (11) The Timken Company, Practical Data for Metallurgist, The Timken Company, Steel Div., Canton, Ohio, 1977. 