

(1941), 283

I. R. Kramer, S. Siegel & J. G. Brooks:  
Trans. AIMME, 167 (1946), 670

(59) 自硬性鋼の焼入性について

On the Hardenability of Self-Harden-  
ing Steels

K. Kiyonaga, et alius.

日立金属工業, 安来工場

工博 小柴定雄・工〇清永欣吾

I. 緒 言

鋼の焼入性試験方法として広く用いられているジョミニーの一端焼入試験法は強靱鋼あるいは肌焼鋼等の比較的焼入性の小さい低合金鋼を対象とするものであり、高速度鋼やダイス鋼のごとき自硬性の大きい鋼に対してはこれを適用することができない。これらのジョミニー曲線は水冷端より空冷端に到る間、硬度落下が僅少なためほぼ水平となる。かゝる鋼の焼入性を吟味するには、ジョミニーの空冷端部よりさらに遅い冷却速度を与えることが必要であり、A. Rose および L. Rademacher ら多くの試みがあるが、ダイス鋼その他の高合金鋼の焼入性について広汎なデータを提供しているものはあまり見当たらない。本研究は主要な自硬性鋼 18 種の焼入性を研究したもので、さらに Grossmann および Schack の方法を用いて質量効果現象を具体的に示した。

II. 実験方法

試料の化学成分を Table 1 に示す。30~50 mm φ の

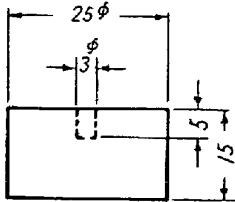


Fig. 1.

Shape of specimen.

焼鈍素材より Fig. 1 に示すような試料を製作した。試料中央の孔は冷却の際の温度一時間の関係を知るために設けた熱電対挿入のための孔である。試料は焼入温度に 30mn 保持後つぎの冷却方法によつて冷却し、その場合の冷却速度と冷却後の硬度の関係を求めた。

- (1) 油冷
- (2) 空冷 (静止空気中での放冷)
- (3) アスベスト中冷却 (冷却の際に厚さ約 30 mm 程度長繊維アスベストで包み徐冷する。)

- (4) イソライト煉瓦中冷却 (厚さ約 30 mm の箱をイソライト煉瓦で作り、その中に試料を入れて放冷する。)

- (5) 炉冷 (I) (小型電気炉中での放冷)

- (6) 炉冷 (II) (中型 " )

- (7) 炉冷 (III) (大型 " )

ただし高速度鋼の場合はオーステナイト化温度が高くシリット炉を使用したため④を省略し、炉冷を 4 段階にとつた。この場合は 900°C で予熱後、焼入温度に 2mn 保持して冷却を開始した。

III. 実験結果

焼入性曲線は一般に硬度と冷却速度の関係を示すものであるが、冷却速度としていかなる値を用いるかは必ずしも一定していない。本研究のごとく焼入温度の異なる種々の鋼の焼入性を吟味する場合にはある一定温度区間における冷却時間は必ずしも妥当でない。ここでは Grossmann のいわゆる半冷時間を用い、半冷時間と硬度の関係をもつて焼入性曲線を示した。

Fig. 2 は強靱鋼, 不銹鋼, 耐熱鋼, Fig. 3 はダイス鋼, Fig. 4 は高速度鋼の焼入性曲線を示す。ダイス鋼, 高速度鋼その他の高合金鋼は半冷時間が相当長くなるま

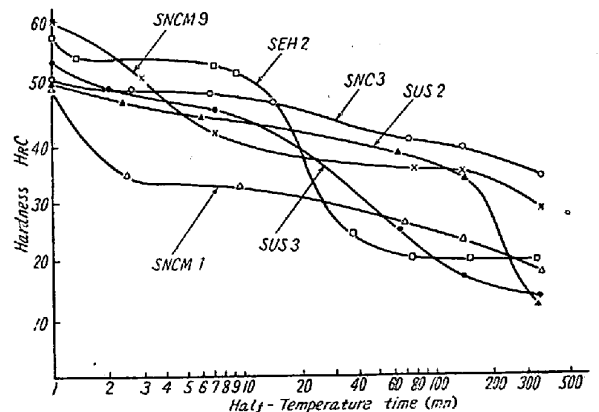


Fig. 2. Hardenability curves of specimens-1.

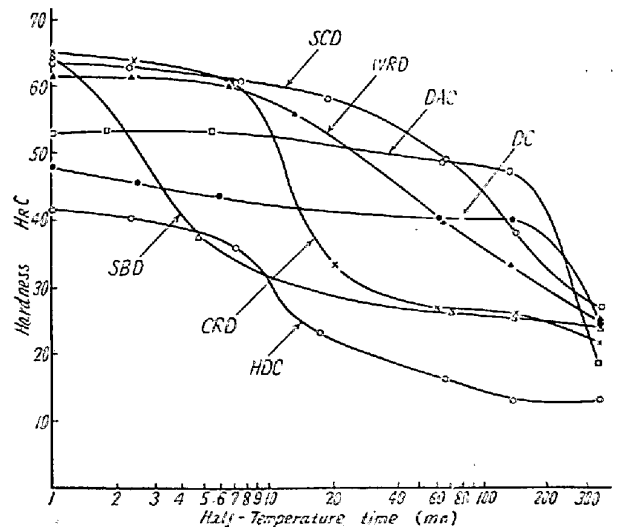


Fig. 3. Hardenability curves of specimens-2.

Table 1. Chemical composition of specimens.

Specimen	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Co	Cu	Quenching temperature
SNC 3	0.27	0.16	0.49	0.021	0.007	4.01	1.31	—	—	—	—	0.21	850°C
SNCM 1	0.28	0.33	0.62	0.015	0.007	1.77	0.86	—	0.18	—	—	0.16	845
SNCM 9	0.48	0.29	0.70	0.015	0.006	1.96	0.73	—	0.23	—	—	0.15	845
SUS 2	0.17	0.60	0.38	0.016	0.006	0.14	12.41	—	—	—	—	0.12	980
SUS 3	0.30	0.41	0.38	0.023	0.007	0.27	13.16	—	—	—	—	0.09	650
SEH 2	0.36	2.62	0.36	0.020	0.008	0.24	13.32	—	—	—	—	0.16	1100
CRD	2.06	0.27	0.31	0.019	0.005	0.15	13.23	—	—	—	—	0.05	980
SBD	1.21	0.34	1.02	0.026	0.003	0.09	1.30	1.69	—	—	—	0.07	830
SCD	1.03	0.25	0.64	0.023	0.004	0.11	5.33	—	0.93	0.43	—	0.11	950
WRD	1.88	0.11	0.32	0.015	0.007	0.27	14.40	3.20	—	—	—	—	980
D C	0.30	0.24	0.34	0.015	0.005	0.11	2.70	5.08	—	0.40	—	0.06	1050
HDC	0.28	0.20	0.40	0.019	0.005	0.15	2.81	9.60	—	0.41	—	0.09	1050
DAC	0.37	0.90	0.35	0.021	0.005	0.12	5.10	—	1.53	1.02	—	0.07	1050
X 1	0.78	0.19	0.29	0.017	0.003	0.06	4.34	10.90	—	1.78	—	0.07	1270
XOO	0.82	0.28	0.45	0.019	0.002	0.08	3.82	12.54	—	1.93	3.83	—	1280
XM 1	0.84	0.13	0.30	0.020	0.003	0.01	3.80	6.96	4.66	1.60	—	0.01	1260
HX 2	0.75	0.09	0.37	0.022	0.003	Nil	3.90	18.08	—	1.00	—	—	1290
HX 3	0.78	0.26	0.34	0.022	0.003	0.10	3.89	19.00	—	1.34	4.85	0.07	1290

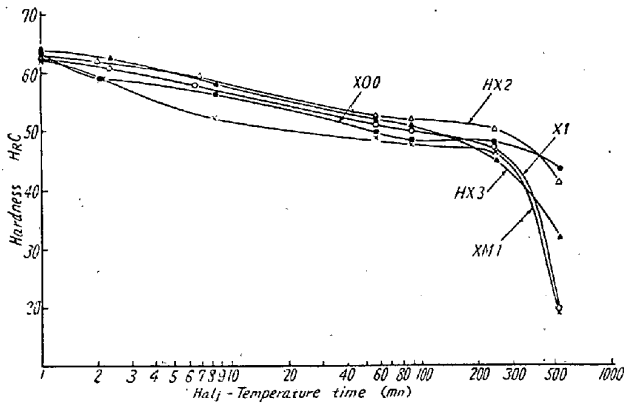


Fig. 4. Hardenability curves of specimens-3.

で高い硬度を保有するが、それ以後の硬度低下の勾配はかなり急である。一方 SNC 3 等の高 Ni 強靱鋼は半冷時間が長時間側へ移るにしたがって徐々に硬度を低下し前者のごとき急激な硬度低下を示さない。これは前者の軟化が炭化物の析出、成長によるマトリックスの C 低下、内部歪の除去等に関係すると思われ、また後者は Ni のごとき炭化物を形成しない元素によつて地質が硬化しており、Ar' 変態によつて安定なベイナイトを形成するので硬度低下が少ないと考えられる。このことは冷却度の試料の組織観察によつて確かめられた。

つぎに上記の各種冷却速度を与えられた試料の焼戻曲線をもとめ、不完全焼入鋼の二次硬化現象について検討を加えた。詳細は講演大会にゆずる。

IV. 結果の応用

前節で各試料の焼入性曲線を示したが、この結果を利用して具体的に各鋼の質量効果を示すために油焼入および空冷の場合の急冷度 H を求めた。油冷の場合は 60φ × 250 の SAI 鋼 (1.0% C, 0.8% Cr, 1.8% W) を油冷

しその中心硬度とジョミニー曲線から Crafts-Lamont の関係曲線を用いて急冷度 H を求めた。空冷の場合は 100φ × 400 の SBD 鋼を 650°C より空冷した場合の中心の冷却曲線から半冷時間を求め、Grossmann および Schack の方法を用いて空冷の場合の H を推定した。その結果、油冷の場合は  $H = 0.35 \text{ cm}^{-1}$ 、空冷では  $H = 0.018 \text{ cm}^{-1}$  であることが推定された。

つぎにこの H にしたがって冷却された場合の丸棒中心の半冷時間と直径の大きさの関係 (Fig. 5) を Grossmann の関係曲線より求め、これと Fig. 2~4 の結果を併用して、空冷および油冷の場合の中心硬度と丸棒直径との関係を求めた。(図省略) さらに 100φ および 140φ

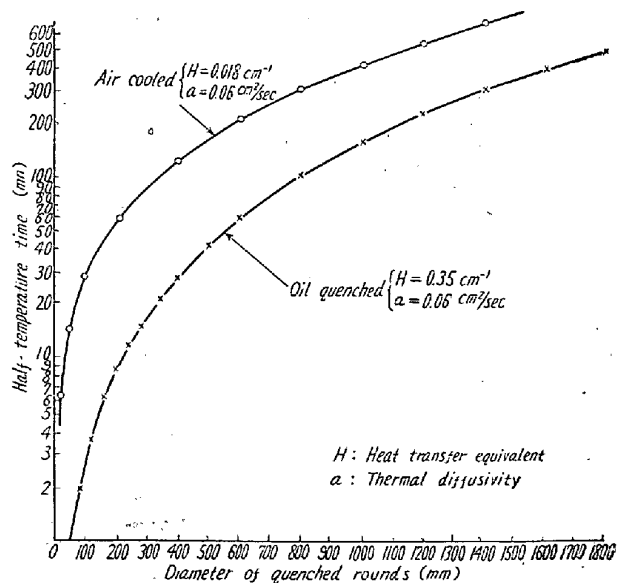


Fig. 5. Relation between diameter of rounds and half-temperature time at the center in case of air or oil quenching.

の CRD 鋼を実際に空冷した場合の中心硬度を求め、上記の実験によつて推定した値とよく一致することを確かめた。(図省略)

V. 結 言

高 Ni 強靱鋼，不銹鋼，耐熱鋼，ダイス鋼，高速度鋼等の自硬性鋼 18 種の焼入性を研究し，これらの鋼の質量効果を具体的に示した。

(1) 上記の鋼の焼入性の大小を順で示せば

XOO ≥ HY 2 > HX 3 > X 1 > XM 1 > SNC 3 > DC > DAC ≥ SUS 2 > SCD > WRD > SUS 3, ≥ SEH 2 ≥ CRD ≥ HDC > SNCM 9 > SBD > SNCM 1

(2) 空冷および油冷の場合の急冷度 H を求め，これを利用して種々の径の丸棒を空冷および油冷した場合の中心硬度を推定し，実際の結果と比較した。

(3) その他不完全焼入鋼の焼戻二次硬化現象の特性について若干検討を加えた。

(60) 低炭素鋼の顕微鏡組織におよぼすオーステナイト界域よりの冷却速度について

(Pearlite-Free Structure について)

The Effect of Cooling Rate from the Austenite Range upon the Microstructure of Low Carbon Rimmed Steel

(On the Formation of Pearlite-free structure)

K. Yoshida.

日亜製鋼，尼崎工場 吉 田 潔 司

I. 緒 言

低炭素鋼の austenite range よりの冷却速度と顕微鏡組織との関係については種々の研究報告がある。すなわち A<sub>3</sub> 附近の徐冷による banded structure の生成の問題，A<sub>1</sub> 以下の徐冷による ferrite 粒界に析出する cementite の問題である。

筆者は種々の実験により低炭素鋼を用い 950°C ~ 700°C 間および 700°C 以下の冷却速度を調節して連続冷却を行うと pearlite-free structure をえられることが判つた。これは J. Görrisen の報告に述べているごとく pearlite の decomposition による grain boundary cementite の生成のためであると考え。しかしこの pearlite の decomposition による cementite の生成の程度は 700°C 以下の冷却速度にも影響するが primary pearlite の大きさ，すなわち C% と 950°C ~ 700°C 間の冷却速度にも影響すると考えられるので，

C% と冷却速度を変化させ種々の primary pearlite を生成し，その後の連続冷却による顕微鏡組織におよぼす影響について行なつた実験結果について述べる。

II. 実 験 方 法

試料は厚さ 20 mm の低炭素リムド鋼板の中央部より圧延方向に直角に 12 mm × 12 mm × 25 mm の寸法に切削し，焼準 (950°C × 30mn) 処理後，熱電対挿入のため試料中央に深さ 10 mm 径 2 mm の穿孔を行ない，実験用試料とした。実験用試料の化学成分は C% 0.13 ~ 0.5 の範囲のものである。

Table 1. Heat-treating conditions.

1) The effect of cooling rates within the temperature range from 950°C to 700°C.

No.	Cooling rate °C/mn		
	950°C ~ 700°C	700°C ~ 500°C	
1	Air cool		Normalized
2	300	3	
3	150	3	
4	20	3	
5	2~1	0.5	
			Annealed

\* At 700°C the slow cooling was begun in any.

2) The effect of the temperature from which the slow cooling was begun.

No.	Initial rapidly cooling rate °C/mn	Temperature from which the slow cooling was begun °C
1	300	800
2	300	750
3	300	700
4	300	650

Solw cooling rate was 3°C/mn in any.

3) The effect of slow cooling rate which is accompanied with below 700°C

No.	Intial rapidly cooling rate up to °C/mn	Slow cooling rate below 700°C °C/mn
1	300	3
2	300	8
3	300	28
4	300	78
5	300	96

熱処理に際し，先ず試料に熱電対を挿入し，加熱炉にて 950°C 30mn 加熱後，Table 1 に示す種々の冷却速度にて冷却し，徐冷開始温度に達せば，所要の温度に加熱した鉛浴炉に試料を投入し，所定の速度にて 500°C 迄徐冷し，以後空冷した。熱処理後の試片は横断面を検