

Ni-Cr-Mo 肌焼鋼の場合よりも混粒の消失し易いことがわかる。極端に偏在した粒度分布が拡散焼鈍によつて相当改善された例を Fig. 2 に示す。この場合の焼鈍条件は $1000^{\circ}\text{C} \times 80\text{h}$ である。

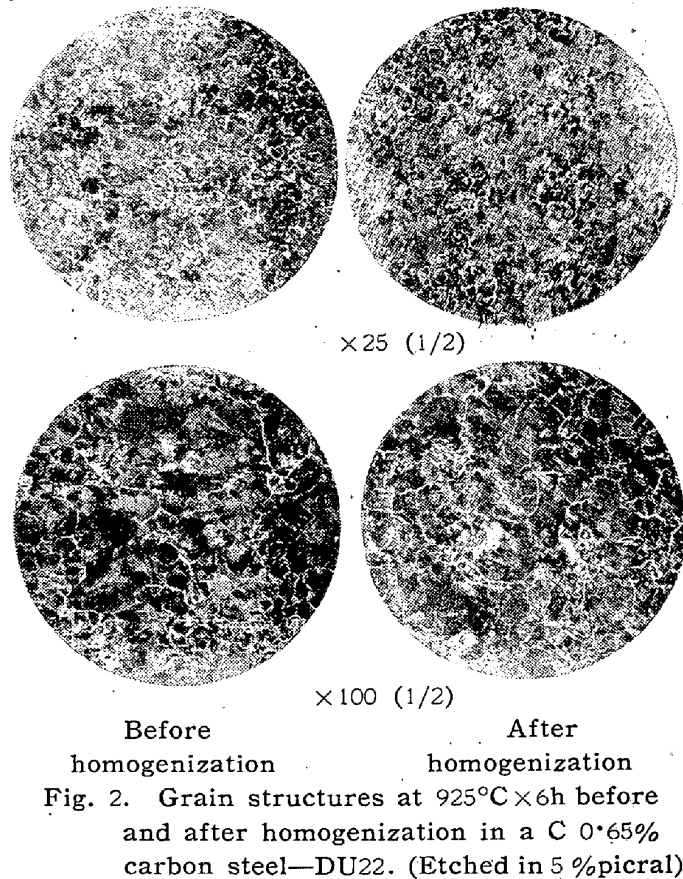


Fig. 2. Grain structures at $925^{\circ}\text{C} \times 6\text{h}$ before and after homogenization in a C 0.65% carbon steel—DU22. (Etched in 5% picral)

その他注目すべき現象は、拡散焼鈍によつて平均粒度が粗大になる傾向のあることで、この傾向は特に“混在型の混粒”を呈する鋼や粗粒鋼においていちじるしいことである。

文 献

- 1) 益子：鉄と鋼，42 (1956) 178
- 2) 益子：鉄と鋼，42 (1956) 176
- 3) 益子：鉄と鋼，43 (1957) 340

(58) Modified Jominy Test について On the Modified Jominy Test

M. Kawai, et alii

三菱製鋼 工博○河 合 正 吉
理博 小松一男・工 竹下勝人・工 小早川八郎

I. 緒 言

鋼の焼入性試験方法として一般に採用されている Jominy 試験方法は鋼の焼入性が比較的低い場合ないしは鋼が比較的小型の鋼材として使用される場合の焼入性の

目安を与えるに過ぎず、したがって大型鍛鋼品に使用される鋼の熱処理特性とか自硬性の大なる鋼種の焼入性とかを調査するには不適である。

かような分野への Jominy test の拡張として、William Wilson¹⁾、J. Vajda & P. E. Busby²⁾ および Adolf Rose, et al³⁾ の方法がある。

これらは標準の Jominy test の場合よりも、試験片にさらに大きな冷却速度の変化(特に遅い)を与えるように工夫されたものである。すなわち Wilson は Jominy test の場合よりも長い試験片を用い、それを不銹鋼の冷却管で包んで加熱炉に挿入したまま一端を水冷して試験片各部の冷却速度を調節している。これによつて試験片に相当広範囲の冷却速度を与えることができるが、個々の試験装置の冷却特性を一致させることが困難であり、また操作が面倒である。Vajda 等の方法では径 7" 長さ 7" の試験片を用い、硬度以外の機械試験を行ないう特徴はあるが、試験片が大き過ぎ、試験片の調整が困難なこと、試験が手軽に行なえないこと、試験費が高むことなどの欠点がある。Rose の方法では試験片を不銹鋼のサックで包み、Jominy test と同様に簡単に試験を行ないうるが、冷却速度の範囲の拡大は比較的僅少である。

著者等もこれらの方法と独立に簡単な Modified Jominy test を研究中であつたが、その中の一方法として Jominy test と同一の試験片を用い、これを加工および入手の容易なイソライト煉瓦で包み、その一端を水冷および空冷する方法が、完全ではないが、簡単な割に意外に好結果を与えたので、その結果について報告することとする。

II. 供 試 材

試験用鋼としては Table 1 に示すように 0.5% Cr-Ni-Mo-V 鋼、1% Cr-Ni-Mo-V 鋼および 1% Cr-1% Mo-V 鋼を選び、6kg 高周波炉で熔解し、鍛造、焼鈍後、Jominy 試験片に加工した。

III. 試 験 方 法

イソライト工業製 #N2 のイソライト煉瓦を Fig. 1 に示すような寸法に加工して試験片を挿入し、一端を 30mm だけ外部に露出させ、試験片の後方には 100mm だけアスベストを充填した。露出部における試験片と煉瓦との間の間隙はシヤモット粉末で目塗りし、必要外の冷却を防止した。これを加熱炉で所要温度に所要時間加熱し均熱した後、加熱炉より取出し、Jominy 試験装置で一端水冷を行うか、または静止空气中で空冷した。簡単のために水冷法を ICW 法、後者を ICA 法と記すこと。

Table 1. Chemical analysis of the steel tested.

Steel	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Ni%	Mo%	V%
A	0.35	0.23	0.54	0.015	0.021	0.58	1.07	0.28	0.15
B	0.30	0.21	0.43	0.009	0.022	0.50	2.05	0.29	0.16
C	0.29	0.16	0.35	0.008	0.024	0.46	3.01	0.29	0.17
D	0.34	0.20	0.49	0.017	0.020	1.25	tr	0.30	0.15
E	0.34	0.18	0.44	0.007	0.024	1.16	1.04	0.29	0.16
F	0.33	0.18	0.49	0.007	0.020	1.19	1.72	0.29	0.16
G	0.37	0.17	0.44	0.007	0.016	1.19	2.30	0.26	0.16
H	0.38	0.26	0.42	0.008	0.021	1.27	0.54	1.25	0.26

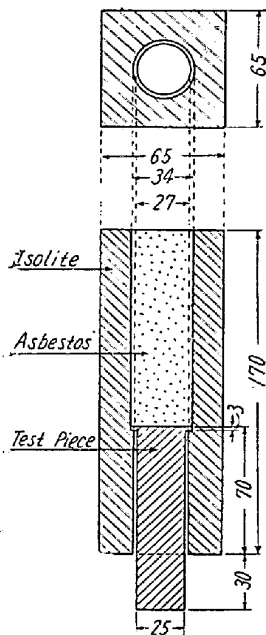


Fig. 1. Fixture details for the test.

にする。Jominy 試験装置の water jet の高さは 65~70 mm, 水温は 15~20°C に調整し, 試験時の室温は約 25 °C, 予備試験の意味で加熱温度および時間はそれぞれ 850°C および 1.5 h に一定した。

IV. 試験結果

1. 各種試験方法の冷却特性

各種の試験方法の冷却特性を示すために試験片各部の冷却特性を理想焼入剤による冷却時の半冷時間 t に対応する径 D_I を用いて表わすこととする。すなわち T. F. Russel

等⁵⁾によれば

$$D_I = 3.29 \sqrt{t} \text{ in}$$

t : Half temp. time, mn.

各種の試験方法において試験片各部の半冷時間を測定しこれに対応する D_I を計算し, 水冷端よりの距離と D_I との関係を求めると Fig. 2 (図省略)がえられる。すなわち標準 Jominy test では $D_I = 0 \sim 7''$ の範囲の冷却速度がえられるのに対し, Rose の方法では $0 \sim 10''$, 著者らの方法では ICW および ICA 法を併用すれば $0 \sim 18''$ の範囲の冷却速度がえられ, $0 \sim 21''$ の範囲のえられる Wilson の方法にほぼ匹敵する。

2. 再現性

ICW および ICA 法の再現性は, 最初イソライト煉瓦の品質の均一性, 加工の精密度の点から危惧されたが実験の結果, 同一銘柄のイソライトを使用し, 手細工で加工した程度でも Jominy 試験の際と同様な注意を払えば充分な再現性のえられることが判った。但し脱炭の惧れがある場合には研磨代を若干大きくすればよい。

3. 硬度分布

Table 1. に掲げた鋼の試験片を一端焼入して, 硬度分布を求めた結果を Fig. 3 に示す。標準 Jominy test と ICW とを比較すれば定性的には大体同様な結果がえられ, 再現性に関してもほぼ同等であることが判る。

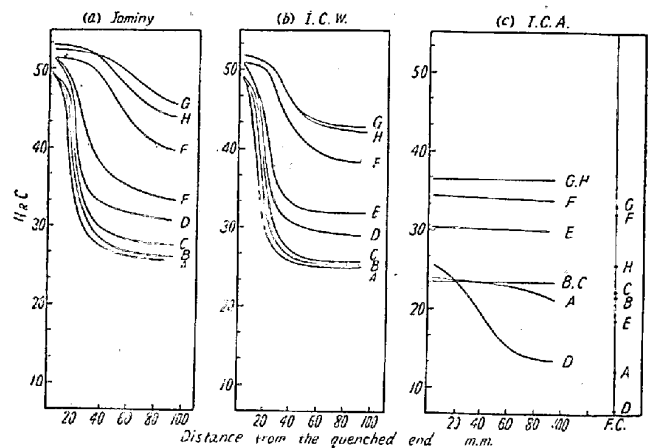


Fig. 3. Hardness versus distance from the quenched end.

これらの試験方法によれば, 鋼DはA, BおよびCよりも焼入性が大であると判定されるが, ICA による結果を見ると冷却速度がある限度を超えればいじりしく硬度が低下することが判る。さらに補足的に各鋼種の小試験片を加熱炉中に焼入試験片と同時に装入し, 炉中に残して徐冷し, その硬度を測定した結果を Fig. 3 (c) の右側に示す。これを ICA の結果と比較すれば鋼H, E AおよびD等の硬度低下の顕著なことが判る。かような関係を一目瞭然たらしめるために ICW, ICA および炉冷(以下F.C. と記す)の結果を D_I 対硬度曲線として表わせば Fig. 4(a) (図省略)の通りである。茲に F.C. の際の半冷時間 205mn よりこれに対応する D_I は計算式によつて求め, $D_I = 47.2''$ とした。

4. 顕微鏡組織

各鋼種について ICW, ICA および F.C. 試験片を検鏡すると, これらの鋼種は比較的焼入性の大きなるために ICW ではマルテンサイト (以下Mと記す), ベイナ

Table 2. Results of microscopic examination.

Steel	ICW	ICA	F.C.
A	M→M+B→B+F+(P)*	B + F + P	F + P
B	M→M+B→B+F+(P)	B + F+(P)	B + F+(P)
C	M→M+B→B+F	B + F	B + F+(P)
D	M→M+B→B+F	B + F + P → F + P	F + P
E	M→M+B	B + F+(P)→B+F+P	(B)+F+P
F	M→M+B	(M)+B	B + F
G	M→M+B	(M)+B	B + F
H	M→M+B	B	F + P

* 括弧は微量を示す。

イト (以下Bと記す) およびM+Bが認められるに過ぎない。併し ICA および炉冷の場合にはBあるいは比較的焼入性の低い鋼種にはフェライト (以下Fと記す) およびパーライト (以下Pと記す) が見られた。組織の状態を各鋼種について表にまとめれば Table 2 がえられる。

V. 考 察

Fig. 4 (a) より D_I -Hrc 曲線を大別すると Fig. 4 (b)に示すような二つの形式に分類することができる。すなわち小さな不規則性を無視すればS型には鋼B, C, F およびGが, M型には鋼A, D, E およびHが属する。これらの曲線と検鏡の結果とを比較すれば, S型においては硬度の低下にしたがって次第にBが増加し, さらにBとしての組織が変化し, 焼入性の比較的低い鋼種ではFが現われるが, Pは全く現われないか, 現われても微量に過ぎないのである。他方M型では最初の硬度低下の際はS型と変りはないが, 次の硬度低下に際してPが現われるのである。すなわち組織分布と D_I -Hrc 曲線との間に明瞭な関係が見られるのである。さらに合金元素特にNiの影響について考えると, NiはBの生成を促進しPの生成を抑制する効果が見られる。すなわち無Niの鋼Dは冷却速度が比較的大なる場合には含Ni鋼C, Bと同程度若しくはやや大なる焼入性を有するが $D_I=13''$ 附近から急激にBが減少して硬化性が低下する。この硬化性の低下はNi 1% 程度の添加では阻止することが出来ないことは鋼Eの曲線が示しており, Ni 1.7% 程度添加すればPの生成が抑えられ D_I -Hrc 曲線はS型となる。(鋼F, G) さらに低Cr鋼でも2% 以上のNiを含有する鋼B, CはS型を示し, F.C. 試験片でも硬度低下はきわめて僅かである。これに反して鋼AはM型を示すが, 1% 程度の添加Niのために, 冷却速度が小なる場合でも鋼Dに比較すれば硬度の低下が少ない。鋼Hの実際の焼入温度は1000°C程度であり, 成分も他の鋼種といちじるしく異っているから比較することは無意味である。

さて以上の鋼種はローター材として用いられるものであるが, ローター材の多くは空冷—焼戻処理を受けることが多い。しかして上述の各鋼種について焼入試験の結果より定性的に知られた熱処理特性は現場の経験と照合してほゞ矛盾のないことが判る。試みに空冷の際の各種の径の中心部の冷却曲線より D_I を求めると Fig. 5(図省略) がえられるが各焼入性試験法の最大の D_I を記入してみると, Wilsonの方法によつても200mm 径程度の鋼材の中心部の冷却速度しかえられないことが判る。併し著者らの方法によればICAとF.C.との間に大きな間隙が存在しているが, 一応, 片対数図表に D_I -Hrc 曲線を描けばこの間隙は短縮され, 大きな危険なしにこの間を内挿することができ, 上述のような経験的に矛盾のない結論がえられたのである。

VI. 結 言

標準 Jominy test の試験範囲を拡張するために試験片をイソライト煉瓦で被覆し, ICW, ICA 冷却による焼入試験を考察し, さらにこれを F.C. 冷却によつて補足した。主としてローター用鋼について試験を行なつたが試験結果よりえられた結論は経験と矛盾しないことが判つた。

本試験方法はきわめて簡単であり, 試験条件も調整し易い。ICAとF.C.との間の間隙が過大であり, この間を充填すべき研究が必要であるが, 片対数図表に D_I -Hrc 曲線を描くことにより, この欠陥は現在の処一応糊塗しうることが判つた。

文 献

- 1) Trans. ASM, 43 (1951), 454
- 2) Trans. ASM, 46 (1954), 1331
- 3) St. u. E. 76 (1956), 1570
- 4) その1例を溶接界, 8 (1956), 454 に発表したことがある。
- 5) T.F. Russel: Iron & Steel Inst Spc. Rep. No. 14, 1936, 149
M. Asimow, W. F. Cranig & M. A. Grossmann: Jour. Soc. Automotive Engrs. 44

(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-Hardeni-
ng 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

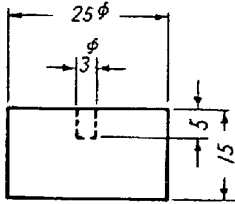


Fig. 1.

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30mm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 30mm 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

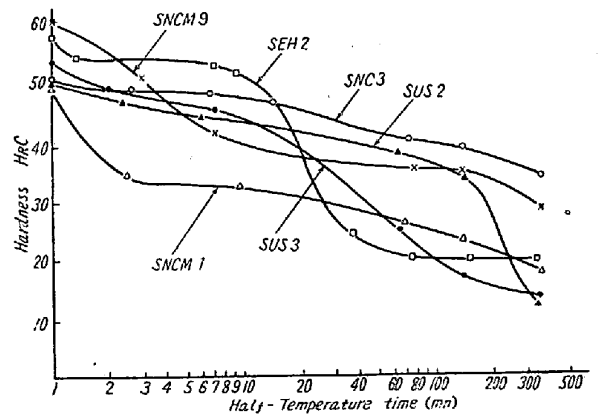


Fig. 2. Hardenability curves of specimens-1.

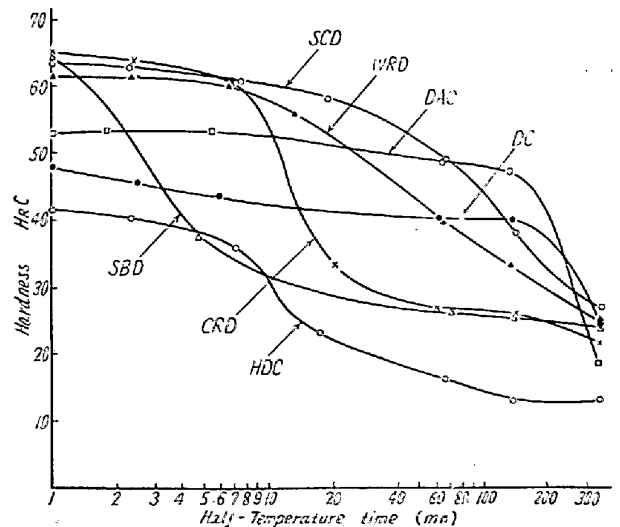


Fig. 3. Hardenability curves of specimens-2.