

(4) 検鏡によると大きい地疵はほとんどすべて非金属介在物をはさんでいる。小さい地疵もまた同様である。

(5) 高炭素鋼には稀にいわゆる“非金属介在物”のない所の、P、Sの偏析による地疵の発生することもある。

る。(昭 33—3 月寄稿)

文 献

1) 河合正雄, 木村弘: 鉄と鋼, 44 (1958) No. 6

2) 河合正雄, 木村弘: 鉄と鋼, 44 (1958) No. 7

## 18-4-2 型高速度鋼の性質におよぼす C の影響について\*

山中直道\*\*・日下邦男\*\*\*・北原正信\*\*\*

### INFLUENCE OF CARBON ON THE PROPERTIES OF 18-4-2 TYPE HIGH SPEED STEEL

*Naomichi Yamanaka. Dr. Eng., Kunio Kusaka and Masanobu Kitahara*

#### Synopsis:

To investigate the influence of the carbon on the properties of 18-4-2 type high speed steel which were used for forming or finishing cutting tool, the authors measured the critical temperature, Ms point, quenched and tempered hardness, retained austenite, dimensional change, toughness and mechanical properties at high temperature.

The results obtained were as follows:

(1) The critical temperature and Ms point were lowered with the carbon addition and the beginning curve of the isothermal transformation was moved to long time side with the carbon addition.

(2) The quenched hardness was raised with the austenitizing temperature in the lower carbon content and was lowered as the carbon increased to more than 0.76%. For obtaining the fully quenched hardness, the austenitizing time needed about 1 or 2 minutes for 16φ × 10mm specimen. The tempering hardness as the secondary hardening was raised with the carbon addition and with the quenching temperature elevated.

(3) The quantity of retained austenite measured by the magnetic method increased with the carbon addition. During the tempering, decomposition of the retained austenite was occurred at about 500°C rapidly and all amount of them was entirely decomposed between 575°C to 600°C

(4) The toughness measured by the static bending test decreased with the carbon addition and the impact strength at elevated temperature also decreased with the carbon addition. The tensile strength, elongation and reduction of area at elevated temperature were hardly affected by the carbon addition, but were affected by the tempering and testing temperature.

## I. 結 言

18-4-2 型高速度鋼は標準 18-4-1 型よりも V が高いため摩耗抵抗, 切削能力において優れている。そのためリーマー, ブローチ, 螺子切ホップその他成形工具, 仕上工具として用いられ, とくに高速度軽切削の仕上工具として摩耗抵抗の大なることを必要とする場合に適する。吾々はこの型の高速度鋼について炭素量を細く変化させその性質をしらべた。高速度鋼における C 量と V 量との関係についてはすでに種々の実験結果<sup>1)</sup>が報告されているが, 吾々は C 量を 0.62~1.10% まで変化させ

て試料を作り, 実験をおこなった。供試材は Table 1 に示すごとき成分のもので, 35KVA 高周波誘導電気炉で 7kg 鋼塊を熔製し, 中延鍛造後これを 13φ mm に圧延して使用した。

## II. 実 験 結 果

### (1) 変態点

本多式膨張計を用い約 2°C/mn の加熱および冷却速

\* 昭和 31 年 4 月本会講演大会にて講演

\*\* 特殊製鋼株式会社 工博

\*\*\* 同 研究所

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	Cu
BV—1	0.62	.29	.33	.017	.016	4.21	18.14	2.14	.10
—2	.69	.21	.33	.018	.016	4.20	18.11	2.16	.09
—3	.76	.22	.22	.012	.015	3.82	17.73	1.95	.10
—4	.82	.31	.26	.012	.013	3.99	17.83	2.29	.09
—5	.94	.29	.42	.017	.016	4.05	17.98	2.05	.11
—6	.99	.31	.37	.018	.016	4.05	18.07	1.99	.11
—7	1.05	.32	.36	.018	.016	3.75	18.10	2.02	.10
—8	1.10	.30	.35	.018	.018	3.69	18.03	1.97	.05

度で Ac, Ar 点を測定した結果は Fig. 1 に示すごとく, C 量の増加によつて変態点は降下の傾向を示すが, C 量が 1% 以上になると降下の程度が少くなる. 最高加熱温度は C 量 0.69% 以下で 1000°C, それ以上のものでは 950°C である.

つぎに Ms 点は一般的方法<sup>3)</sup>として硬度および顕微鏡組織からもとめた. すなはち厚さ 3mm の小試片を 1270°C の塩浴に 1mn 保持した後, Ms 点附近の塩浴に 15 s 浸し, ただちに 350°C の塩浴に移して 25 s 焼戻した後水冷して, 生じた一次マルテナイトと焼戻マルテナイトがピクラルで識別されることを利用して Ms 点

をもとめた. この結果を Fig. 2 に示す. C 量が 0.82% 附近までは Ms 点の降下はいちじるしいが C 量がそれ以上増加すると 1.10% までは 110°C 附近ではほぼ一定となる.

(2) 恒温変態曲線

厚さ 2.5mm の小試片を用い, 1270°C で 2mn 保持した後, 300°C~800°C の塩浴中に移して恒温変態をおこなわせ, 保持時間を 10 s~5 h まで変えた後水冷し, 硬度および顕微鏡組織から恒温変態曲線をもとめた. もつとも実用的と思われる C 量 0.82, 0.94% の 2 種類についてもとめた結果を Fig. 3 に示す. C 量が低い 0.82% のものでは変態の開始線は短時間側にあるが, 0.94% のものは開始線が長時間側に移る. これは C 量が増加するにつれてオーステナイト中に固溶する C 量が増加して安定度を増し変態の開始が遅滞するものと思われる.

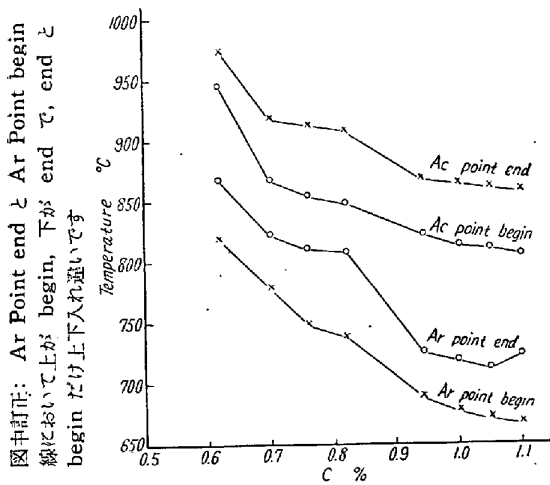


Fig. 1. Effect of the C on the transformation point.

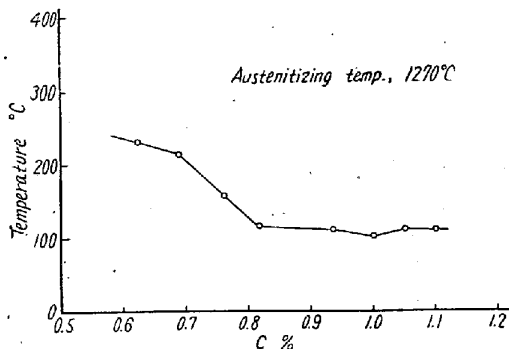


Fig. 2. Effect of the C on the Ms point.

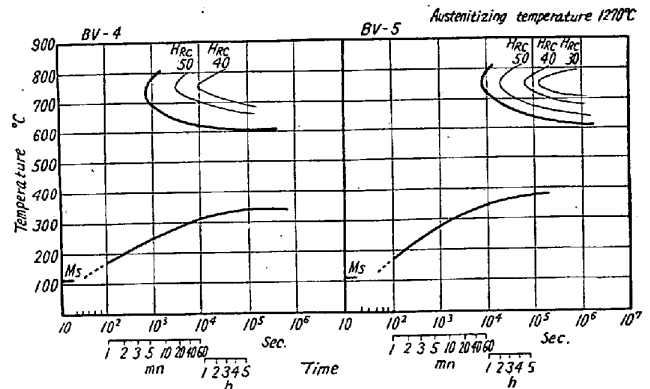


Fig. 3. Isothermal transformation curves.

(3) 焼入硬度

13φ×10mm の試片を 1100°C~1300°C の各温度の塩浴中に 2mn 保持した後, 油冷して硬度を測定した結果を Fig. 4 に示す. C 量が 0.76% 以下の場合には焼入温度の上昇とともに焼入硬度も上昇するが C 量がそれ以上になると焼入温度の高いものがかえつて焼入硬度が減少する傾向がある. C 量が 1% 以上のものでは焼入温度の低いもの程硬度は高い. このような現象は 18-4-1 型においても同様で, 後述するごとく, C 量が増加する

にしたがつて残留オーステナイトの量が増加するためと考えられる。

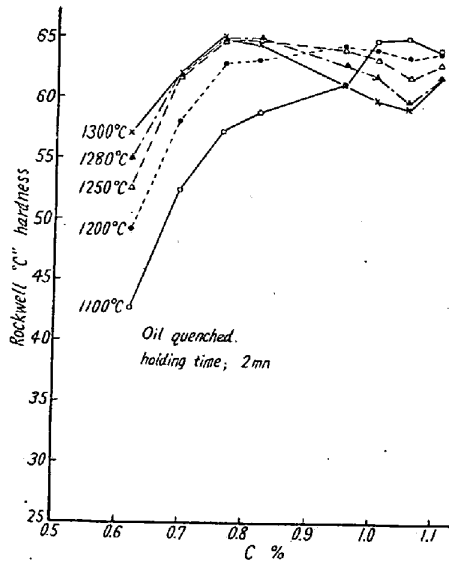


Fig. 4. Effect of the C on the as-quenched hardness.

つぎに 13φ×10mm の試片を用い、1270°C の塩浴中に 15s~30mn 保持してオーステナイト化させた後、油冷して焼入硬度を測定してオーステナイト化時間と硬度との関係をもとめた結果を Fig. 5 に示す。C 量が 0.76% 以下のものでは焼入硬度が最高となるにはこれ以上の C 量のものより長時間を要し、約 2mn のオーステナイト化によつて最高となり、それ以上の時間では一定となる。C 量が増加するとさらに短時間のオーステナイト化で最高硬度に達し、C 量が 1% 以上になると 15s 程度で最高硬度に達し、オーステナイト化時間が長くなるにしたがつてかえつて硬度は減少する傾向がある。これは残留オーステナイトの増加によるものと思われる。

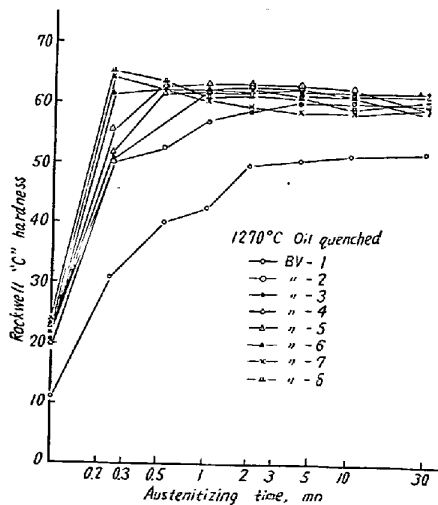


Fig. 5. Effect of the austenitizing time on the as-quenched hardness.

(4) 残留オーステナイト

10φ×50mm の試片を用い、磁気継鉄法 (H=2000 エルステッド) により 1270°C で 2mn 保持した後、油冷したものについて残留オーステナイト量を測定し、さらにこの試片を 400°~700°C に 30mn 焼戻して残留オーステナイト量の変化を測定した結果を Fig.6(A)(B) に示す。(A) 図に見るごとく、C 量が増加するにつれて残留オーステナイト量もほぼ直線的に増加し、C 量が 0.62% ではわずかに 6% 程度であるが、C 量が 1.1% まで増加すると約 50% のオーステナイトを残留するにいたる。

焼入によつて残留したオーステナイトは焼戻によつて分解する。この結果を示したのが (B) 図である。500°C 以下の温度における焼戻では残留オーステナイトはほとんど分解をしないが、500°C 以上の焼戻温度になると急激な分解をはじめ、C 量が 0.76% 以下のものでは 550°C 焼戻で全部分解を終り、0.85~0.97% のものではなお一部残り 575°C で分解し尽す。C 量がそれ以上になると 575°C でもなお一部残留するが 600°C 焼戻で完全に分解し終る。

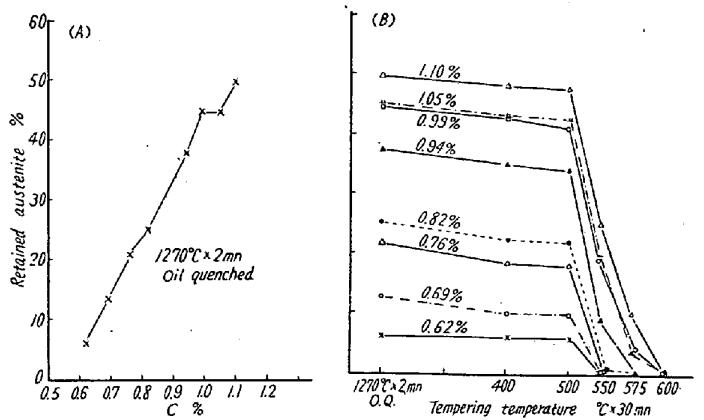


Fig. 6. Effect of the C on the retained austenite.

(5) 焼入焼戻による寸法変化

10φ×50mm の試片の表面および端面をともに研磨して、1270°C で保持して油冷したものおよびこれらを 100°~700°C の各温度でおのおの 30mn 焼戻をおこなつて、焼鈍状態に対する長さおよび直径の変化を測定したものが Fig. 7 である。測定には 1μ の精度をもつコンパレーターを使用した。油冷のままのものは焼鈍状態のものに比較して、長さ方向、直径方向ともに一般に収縮を示すが、C 量の低いものは長さ方向の収縮量は少く、C 量が増加するにつれて収縮量は増大する。一方直径方向の収縮量は C 量が増加するとかえつて減少する

傾向がある。以上の現象はC量の増加による残留オーステナイトの増加および焼入歪などに関係したものである。

つぎにこれらを100°~700°Cで30mn焼戻して測定すると500°Cまでの焼戻ではほとんど焼入状態と変化はないが550°C焼戻温度になると長さ方向、直径方向にいちじるしい膨張を示すようになり、とくに直径方向の膨張量はいちじるしく増大する。この傾向はC量が増加するほどいちじるしくなる。600°Cまでの焼戻ではこの傾向が続くが、それ以上の温度になるとほぼ一定となる。これは前項にのべたごとく550°~600°Cの焼戻においてオーステナイトは複炭化物を析出して冷却途中で分解してマルテンサイトに変態し、それ以上の焼戻温度においては同様にマルテンサイトまたはトルースタイトに変態を完了するためにおこる現象であると思われる。

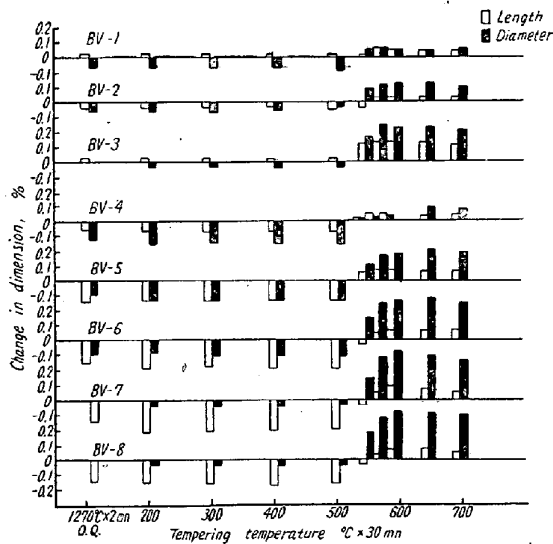


Fig. 7. Effect of the tempering temperature on the dimensional change.

#### (6) 焼戻硬度

13φ×10mmの試片を1100°~1300°Cの各温度に2mm保持した後油冷して、100°~700°Cの各温度で30mn焼戻して硬度を測定した結果はFig. 8に示す。C量が0.69%以下のものでは200°~400°C附近の硬度低下が比較的少く、500°C附近の焼戻で僅に二次硬化の現象がみとめられる。焼入温度の低いものでは450°C附近で、焼入温度が高くなると500°Cまたは550°Cで最高硬度に達するが、硬度の上昇率は少く、焼入硬度と焼戻最高硬度とはほとんど差がない。C量が0.69%以上になると、C量の高いほど、また焼入温度の高いほど200°~400°Cの硬度の低下がいちじるしくなる。焼入温度が1100°C以下のものではC量が増加しても二次硬化

は現われず、焼入温度の高いものほど急激な二次硬化を現わす。この傾向はC量が増すほど急激となる。二次硬化で最高硬度となる焼戻温度はC量および焼入温度が高くなるにしたがつて上昇する傾向がある。C量が0.82%のものでは1200°C焼入、525°C焼戻で、1300°C焼入、550°C焼戻で最高硬度に達するが、C量が1.10%になると1200°C焼入、550°C焼戻、1300°C焼入、575°Cの焼戻で最高硬度に達する。焼戻軟化抵抗はC量の多いもの、焼入温度の高いものが大きい。以上の現象は前述したごとく、固溶炭化物の量および残留オーステナイトの変態によるものと思われる。

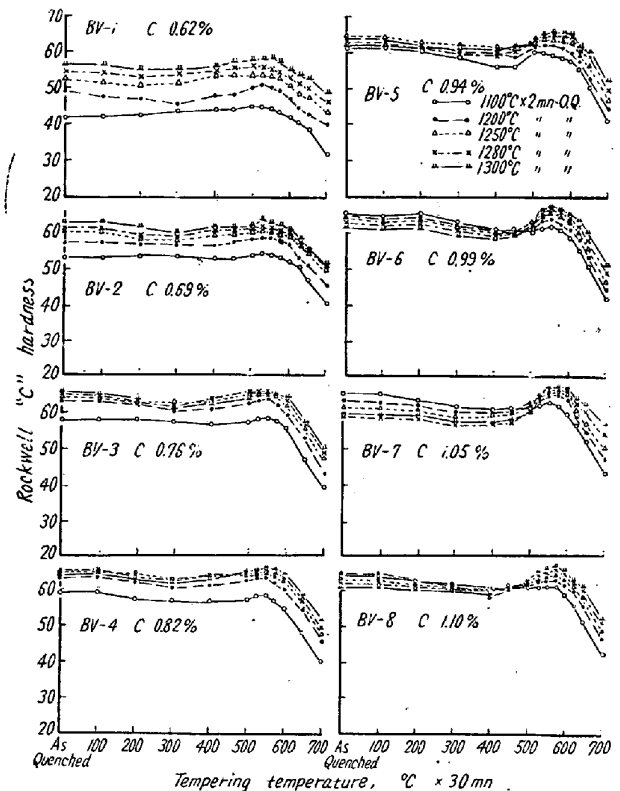


Fig. 8. Effect of the C on the as-tempered hardness.

#### (7) 靱性試験

7φ×50mmの試片を1270°Cで2mn保持した後油冷し、575°, 650°, 700°Cの各温度で1h焼戻したおのこの2本づつの試片を用いて静的曲げ試験をおこない、破断荷重および撓み量から靱性を比較した結果をFig. 9に示す。C量が0.69%以下のものでは650°, 700°C焼戻した場合、破断荷重—撓み曲線は荷重1000kg附近から撓曲するが、C量が0.69%以上になるとこの温度で焼戻したものでも曲線は撓曲することなく破断する。図に示すごとく575°C焼戻をおこなつたものはC量が0.8%附近までは、破断荷重、撓みともに急激に減少するが、C量がそれ以上増加してもほとんど減少せずにほ

ゞ一定となる。650°, 700°C の焼戻のものではC量が1%附近迄は破断荷重、撓みともに急激に減少する。破断荷重は焼戻温度の高いものの方が高く、撓み量も同様に焼戻温度の高いものが大きい。

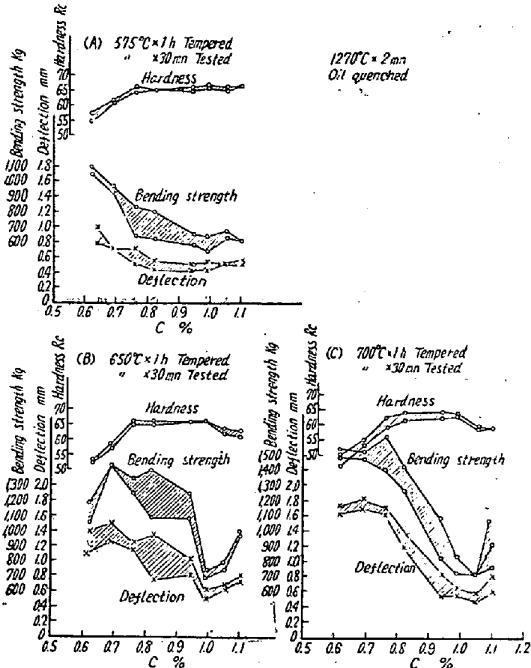


Fig. 9. Effect of the C on the bending strength.

(8) 高温引張試験

1270°Cで2mm保持した後油冷し、650°700°,750°Cの各温度に1h焼戻した試片について、おのおのの焼戻温度に30mn加熱して高温引張試験をおこなった結果をFig. 10に示す。650°Cで焼戻して650°Cの試験温度でおこなったものは非常に大きな抗張力を現わし、C量0.82%のもので136kg/mm<sup>2</sup>であるが、伸び、絞り是非常に小さくC量が0.82%以上ではともに零となる。700°C焼戻のものでは前者よりも抗張力は減少しC量0.82%で103kg/mm<sup>2</sup>となるが、伸び、絞りは僅に増加する。750°C焼戻のものではさらに抗張力は減少し、同Cで49kg/mm<sup>2</sup>となり、伸び、絞りは急激に増加する。

(9) 高温衝撃試験

1270°Cで2mm保持した後油冷し、650°,700°,750°Cの各温度で1h焼戻した試片について、おのおのの焼戻温度に30mn加熱して、シャルピー衝撃試験機を用いて高温衝撃試験をおこなった結果をFig. 11に示す。650°Cの試験温度でおこなったものは比較的高い衝撃値を示し、C量0.82%のもので1.37kgm/cm<sup>2</sup>であるが、C量が増加すると衝撃値はいちじるしく低下し、C

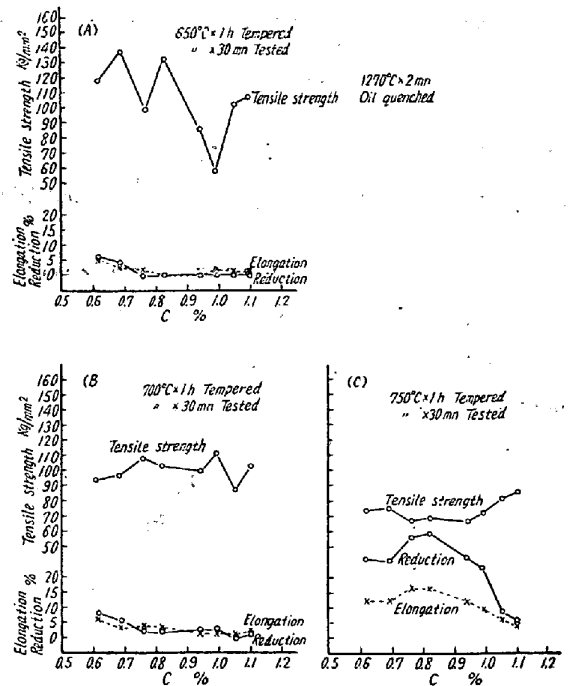


Fig. 10. Effect of the C on the mechanical properties at elevated temperature.

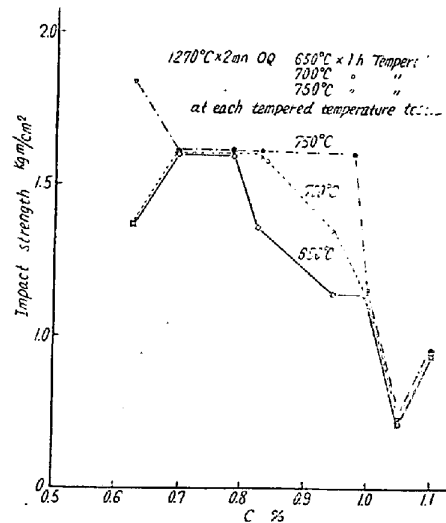


Fig. 11. Effect of the C on the impact strength at elevated temperature.

量1.05%では0.7kgm/cm<sup>2</sup>程度に減少する。焼戻温度および試験温度が高くなると一般に衝撃値は増加し700°Cの場合には、C量が0.82%で1.6kgm/cm<sup>2</sup>と増加する。

III. 結 言

以上 18-4-2 型高速度鋼についてC量を0.62~1.10%まで変えてその影響をしらべた結果はつぎのごとくである。

(1) Ac 点はC量の増加につれて降下の傾向を示す。また Ms 点もC量が0.82%まで増加するにつれ

て降下するが、それ以上 1.1% 程度まではほとんど変化しない。

(2) 恒温変態曲線はC量の増加によつて長時間側に移動する。またノーズの温度はC量 0.82~0.94% 程度で 750°C 付近にある。

(3) C量が 0.76% 以下のものは焼入温度が上昇すると、焼入硬度も上昇するが、C量が 0.76% 以上になると、焼入温度のものはかえつて硬度が減少する傾向がある。オーステナイト化時間についてC量の高いものは短時間で最高硬度になるが、C量の低いものでは長時間を要する。

(4) 焼入状態における残残留オーステナイト量はC量の増加によつていちじるしく増加するが、600°C 焼戻によつて完全に分解される。

(5) C量が増加すると二次硬化による焼戻硬度はいちじるしく上昇するが、焼入温度の高いものではこの傾向がとくにいちじるしい。

(6) 常温における靱性はC量の増加によつて減少するが高温における抗張力は大して変化しない。高温における伸び、絞りもC量の増加によつてやや減少する。高温衝撃値はC量の増加によつていちじるしく低下する。

終りに本研究の発表を許された石原工場長に敬意を表します。(昭和 33 年 4 月寄稿)

#### 文 献

- 1) A. B. Kinzel and C. O. Burgess, *Iron Age* **25** (1932), 488
- 2) H. Carr: *Iron & Steel*, **22** (1949), 413
- 3) 岡本, 小高: *鉄と鋼*, **38**, No. 9 (1952), 61

### 最 近 の 寄 贈 図 書

書 名	判型	頁数	編集者又は著者	寄贈者	寄贈年月日
鋼と非金属介在物	A 5	271	日本学術振興会	山海堂	昭 33. 2. 7
大同製鋼の現況と十四年の歩み	A 4	209	大同製鋼株式会社	左 同	〃 〃 3. 18
Proceedings of the First Japan Congress on Testing Materials	A 4	179	材料試験協会	左 同	〃 〃 3. 25
Japan's Electrochemical Industry	A 5	118	日本電気化学協会	左 同	〃 〃 4. 12
日本機械学会六十年史	B 5	395	日本機械学会	左 同	〃 〃 4. 15
鋳型および鋳物砂	A 5	105	鹿島次郎・牟田口元堂	共立出版	〃 〃 5. 12
日本の鉄鋼統計(抄録篇)	A 5	78	日本鉄鋼連盟	左 同	〃 〃 6. 19
Workington Iron and Steel Company	A 4	142	Workington Iron and Steel Co.	British Embassy	〃 〃 6. 25
オリジンハンドブック	B 4	304	オリジン電気株式会社	左 同	〃 〃 7. 10
鉄鋼業の技術管理	B 5	263	日本生産性本部	左 同	〃 〃 7. 19
分析化学進歩総説	B 5	146	日本分析化学会	左 同	〃 〃 7. 20