

2) 著者: 鉄と鋼, 43 (1957) No. 5, p. 543

4) 今井勇之進, 今井彦太郎: 日本金属学会誌, 14

3) A. G. Allten, J. Metal. 38 No. 7 (1952)

No. 3 (1950) 53

474

18-4-1 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
18-4-1 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 18-4-1 type high speed steel which were used for cutting tools and hot dies, 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 content and the beginning curve of the isothermal transformation was removed to right 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 0.65%. For obtaining the fully quenched hardness, the austenitizing time needed about 2 minutes for $10\phi \times 10\text{mm}$ specimen. The tempering hardness as the secondary hardening was raised with the carbon and the quenching temperature.

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

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

I. 結 言

延鍛造後これを $13\phi\text{mm}$ に圧延して使用した。

高速度鋼は高温硬度、磨耗抵抗が大であるために各種切削工具、剪断工具、ダイス等広範囲に使用されているが、用途によつて炭素量を細く変化し、靱性、硬度等の調節を計ることが望ましい。高速度鋼の性質におよぼす C の影響についてはすでに種々の実験結果¹⁾²⁾が報告されているが、われわれは切削工具としての外に熱間工具鋼としての性質をしらべるために、18-4-1 型高速度鋼の C 量を 0.46~0.85% まで変化させて試料を造り実験を行った。供試材は Table 1 に示すごとき成分のもので 35 KVA 高周波誘導炉で 7 kg の鋼塊を溶製し、中

II. 実 験 結 果

(1) 変態点

本多式熱膨脹計を用い約 $2^\circ\text{C}/\text{mn}$ の加熱および冷却速度で Ac, Ar 点を測定した結果は Table 1 に示すごとく、C 量の増加によつて変態点は降下の現象を示す。最高加熱温度は C 量 0.46% のもので 1050°C 、C 量 0.59% のもので 1000°C 、それ以上のものでは 950°C

* 昭和 30 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.	Chemical composition								Ac (°C)		Ar (°C)	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	Begin	End	Begin	End
HS-1	0.46	.25	.41	.022	.016	4.20	17.94	1.20	900	975	925	840
—2	.59	.31	.37	.025	.015	4.20	18.01	1.28	850	940	845	730
—3	.62	.28	.36	.028	.017	4.20	18.61	1.24	840	620	845	715
—4	.72	.33	.39	.018	.016	4.19	17.86	1.28	835	910	780	700
—5	.77	.31	.36	.017	.018	4.24	18.10	1.28	835	900	785	690
—6	.85	.32	.42	.028	.020	4.19	17.86	1.28	835	895	760	685

°Cで行った。

つぎに Ms 点は一般的方法³⁾として硬度および顕微鏡組織から求めた。すなわち厚さ 3mm の小試片を 1250°C に 2mn 保持した後、Ms 点附近の種々な温度の塩浴に 10 sec 浸し、さらに 350°C の塩浴に 20 sec 浸して焼戻した後水冷して、一次マルテンサイトと焼戻マルテンサイトがピクラルで識別されることを利用して Ms 点を求めた。この結果を Fig. 1 に示す。Ms 点は C 量の増加によつて降下の傾向を示すが、C 量が 0.8% 附近からは降下の程度が少くなる。

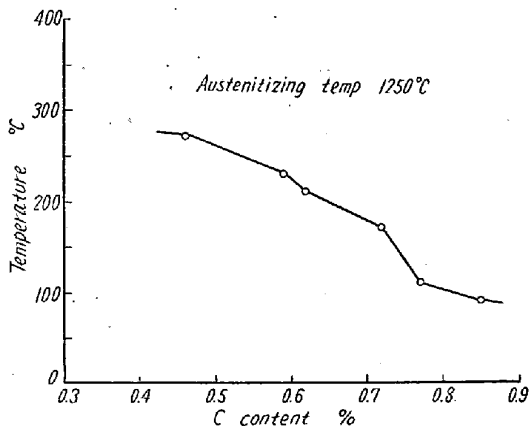


Fig. 1. Effect of the C on the Ms point.

(2) 恒温変態曲線

厚さ 2.5mm の小試片を用い 1250°C で 2mn 保持後 300°~800°C の塩浴中に恒温焼入を行い、保持時間を 10 sec~5 h まで変えた後水冷し、硬度差および顕微鏡組織から恒温変態開始曲線を求めた。Fig. 2 はこの結果を示したもので、C 量の低いものはオーステナイトは不安定で変態開始曲線はいちじるしく短時間側につきでているが、C 量が増加するにしたがつてオーステナイトは安定度を増し、変態開始曲線は長時間側に移動する。C 量 0.46% のものはこのオーステナイト化温度において $\alpha+\gamma+\eta$ 組成を示し、したがつて S 曲線のオーステナイト安定範囲はオーステナイト+フェライトの二相より成る。

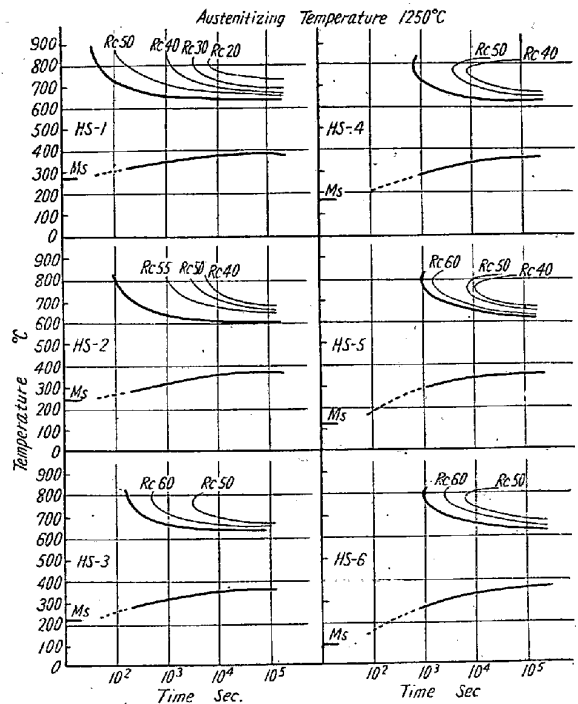


Fig. 2. Effect of the C on the isothermal transformation curve.

(3) 焼入硬度

13φ×10 mm の試片を 1000°~1330°C の各温度の塩浴に 2mn 保持した後、油冷して硬度を測定した結果を Fig. 3 に示す。C 量が約 0.6% 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 0.6% 以上になると焼入温度の高いものはかえつて焼入硬度が減少する傾向がある。この傾向は C 量が増加すればするほど大きくなり、C 量 0.85% になると 1300°C または 1330°C で 2mn 保持後焼入したものは 1000°C で焼入したものより硬度が低くなる。以上のごとき現象は後述するごとく、C 量が増加するにしたがつて残留オーステナイトの増加するためと考えられる。

つぎに 13φ×4 mm の試片を用い 1150°~1300°C の塩浴中に浸漬時間を 10sec~1h 変え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、各焼入温度におけるオーステナイト化時間と硬度との関係性を求めた結

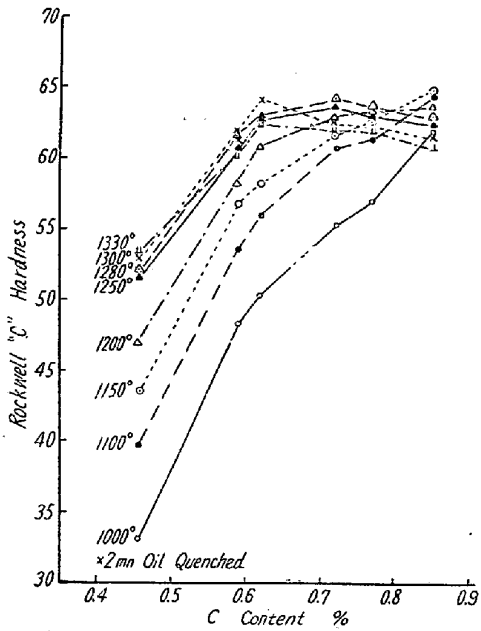


Fig. 3. Effect of the C on the quenched hardness.

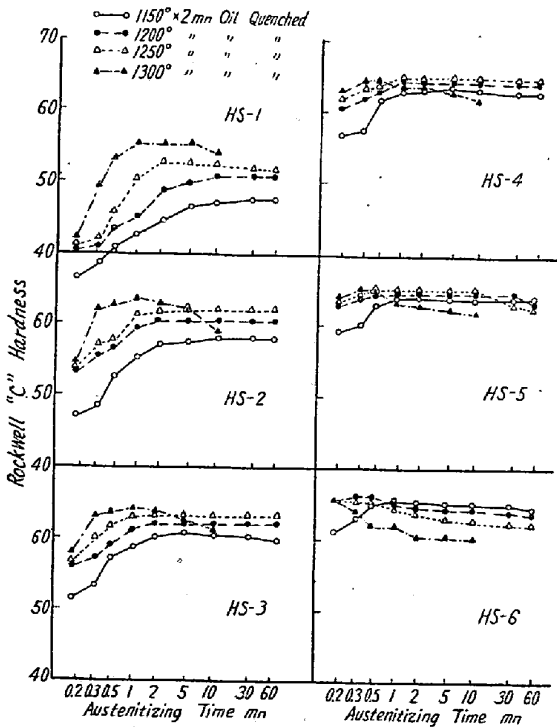


Fig. 4. Effect of the austenitizing time on the quenched hardness.

果は Fig. 4 に示すごとく、焼入温度 1200°C 以下の場合、オーステナイト化時間 2mn までは時間とともに焼入硬度も上昇するが、2mn 以上ではほとんど一定となる。焼入温度が 1200°C 以上になるとさらに短時間で硬度は一定となる。また C 量の高いものは低いものよりオーステナイト化時間が短くて一定硬度となる傾向がある。

(4) 残留オーステナイト

10φ×50 mm の試片を用い、磁気継鉄法 (H=2000 エルステッド) により 1250°C 油冷したものおよびさらに -75°C×4h サブゼロ処理を行っ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 100°~600°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. 5 に示す。C 量が増加するにつれて残留オーステナイト量も急激に増加し、C 量 0.46% でわずか 8% 程度であるが、C 量が 0.85% に増加すると 40% 以上残留する。さらに -75°C で 4h サブゼロ処理を行うと、きわめて少なくなり、C 量 0.46% でほとんど 1%、C 量 0.85% でも 8% 程度まで減少する。

焼入によつて残留したオーステナイトは焼戻により分解するが、油冷のみのもの、およびサブゼロ処理したものとに 500°C 以下の温度の焼戻ではほとんど分解しないが、500°C 以上では急激に分解が進み 575°C で全部分解を終るが、C 量 0.85% のものでは 575°C 焼戻でも、なお一部残り、600°C で完全に分解を終る。

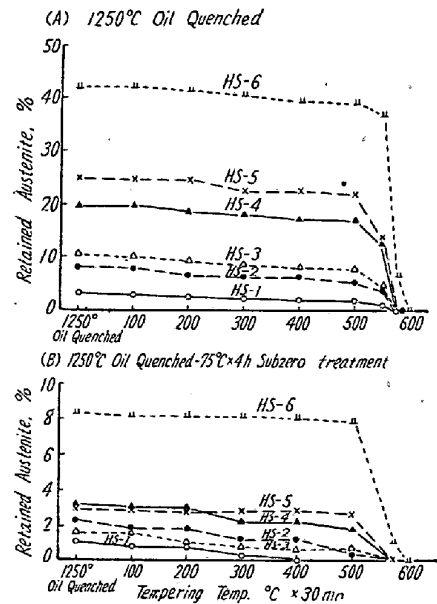


Fig. 5. Effect of the C on the retained austenite.

(5) 焼入焼戻による寸法変化

10φ×50 mm の試片の表面および端面をともに研磨して、1250°C で 2 mn 保持して油冷したもの、およびさらに -75°C で 4h サブゼロ処理を行ったものを 100°~700°C におのおの 30 mn 焼戻しを行つて、焼戻状態に対する長さおよび直径の変化を 1μ の精度を持つコンパレータで測定した。結果は Fig. 6 に示すごとく、油冷のみのものでは長さ方向に膨脹を、直径方向に収縮を示し、長さ方向の膨脹量は C 量の高いものにいちじるし

いがC量 0.46% のものでは長さ方向の膨脹量も大きい。直径方向の収縮量はC量とともに減少し、C量0.85%では直径方向にも膨脹を示す。サブゼロ処理をしたものでは長さ、直径方向ともに大きな膨脹を示す。

つぎにこれらを焼戻すと 550°C の焼戻温度で長さ、直径方向ともにいちじるしい膨脹を示すようになり、この傾向はC量が高いほどいちじるしくなってくる。サブゼロ処理を行つたものは 550°C 焼戻でも油冷のみのものほど膨脹はいちじるしくない。これは 550°C 附近において残留オーステナイトが分解するため、油冷のものはサブゼロ処理したものより残留オーステナイトが多いために起る現象であると思われる。

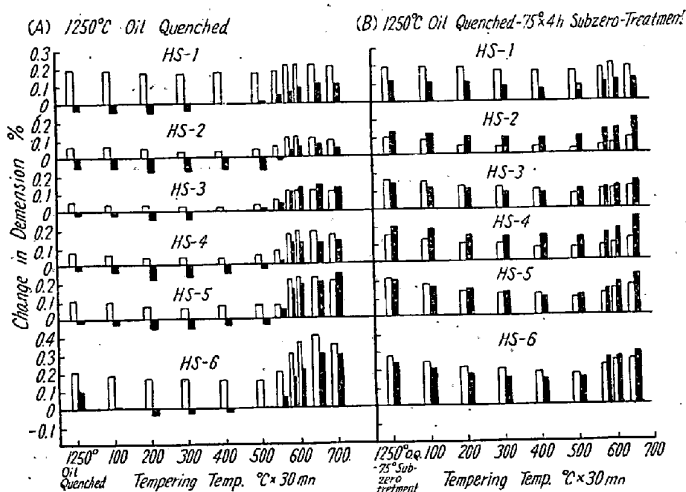


Fig. 6. Effect of the tempering temperature on the dimensional changes.

(6) 焼戻硬度

1000°C ~ 1300°C 2mm 保持後油冷した試片を 100°C ~ 800°C の各温度に 30mn 焼戻を行つて硬度を測定した結果を Fig. 7 (A) に示す。C 量が 0.46% のものでは焼入温度の低いものでも約 500°C 附近でわずかに二次硬化の現象を現わして最高硬度に達するが、C 量がそれ以上の場合には焼入温度が 1150°C 以下では二次硬化は現れずこれ以上の温度ではじめて二次硬化を現わすようになる。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。とくに C 量、焼入温度ともに高いものでは 500°C 焼戻から急激な硬度上昇を現わす。C 量 0.85% のものでは 1330°C 焼入、600°C 焼戻で最高硬度となる。これは 500°C 附近から炭化物の析出が急激に多くなるとともに多量の残留オーステナイトが不安定となり急激な分解を起してマルテンサイトに変態するためと思われる。高温における焼戻軟化抵抗も C 量、焼入温度の高い

ものが強い。

1250°C, 1280°C で 2mm 保持後油冷したものとさらに -75°C で 4h サブゼロ処理したものを 100°C ~ 800°C で 30mn 焼戻したものの硬度を測定した結果が Fig. 7 (B) である。サブゼロ処理したものは油冷のみのものにくらべて焼入硬度および 500°C までにおける焼戻硬度が高いが、500°C 以上の温度の焼戻によつて油冷のものより早く軟化する傾向がある。C 量が多くなればこの傾向は増大する。したがつて二次硬化によつて最高硬度をうる焼戻温度も C 量 0.85% のものでは約 50°C 低く、最高硬度も約 Rc で 2 程度の差がある。

つぎに焼戻時間の影響をしらべるために 1150°C ~ 1280°C で 2mm 保持して後油冷した試料を 575°C に 10mn ~ 10h 焼戻してその硬度変化をしらべた。1200°C 以下の焼入温度のものではC量のいかんにかかわらず焼戻によつて硬度は焼戻時間とともに直線的に低下して、二次硬化を現わすことはない。焼入温度が 1200°C 以上になるとC量が 0.7% 以上のもものでは約 10mn の焼戻によつて二次硬化を起して硬度は上昇し、焼戻時間が長くなつても焼戻抵抗性が大きで硬度の低下が少い。この傾向はC量が増加するにしたがつて増大する。

さらに 1250°C で 2mm 保持後油冷した試料について、650°C, 700°C, 750°C の各温度で 1h ずつ繰返し高温焼戻を行つて硬度の変化をしらべた。C 量 0.56%

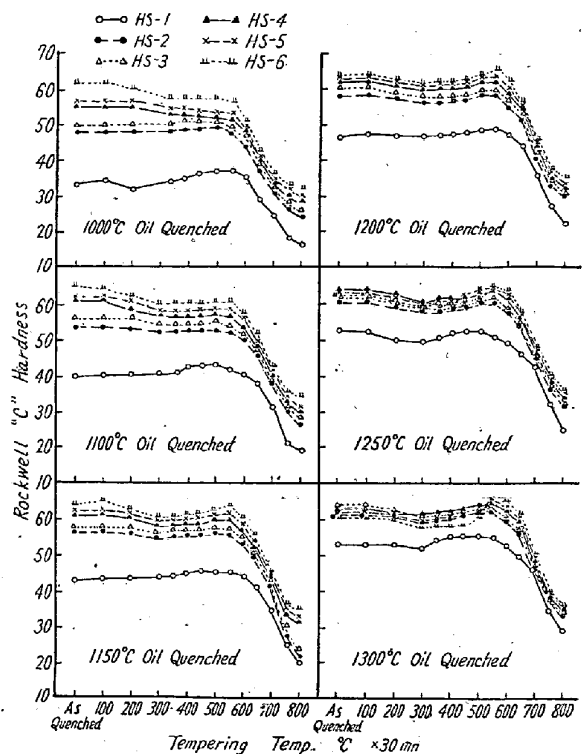


Fig. 7(A). Effect of the C on the quenched hardness.

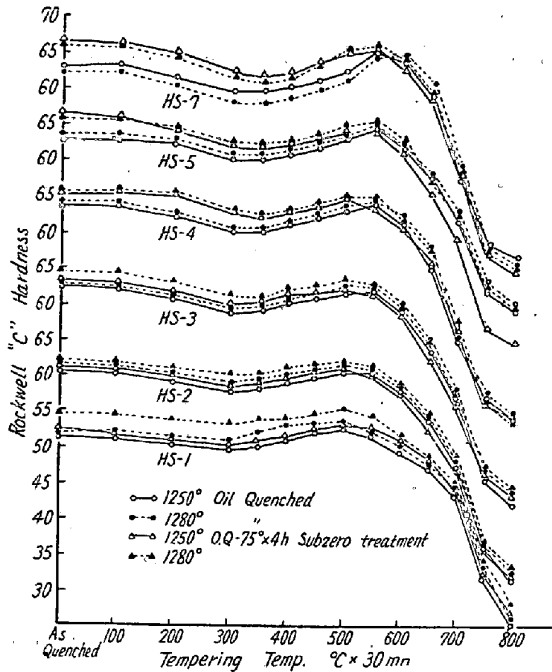


Fig. 7(B). Effect of the C on the quenched hardness.

以下のものでは焼戻軟化抵抗が大きく、繰返し焼戻による硬度の低下は比較的少ないが、C量が0.56%以上になると3回目までに急激に硬度は減少するがこれ以上の回数に対しては硬度低下は比較的少なくなる。焼戻温度が高いものは低いものよりいずれの場合にも硬度は低い。

(7) 靱性試験

7φ×50mmの試片を1250°Cで2mn保持後、575°C、650°Cで1h焼戻した試片を用いて静的曲げ試験を行い、破断荷重および撓み量から靱性を比較した結果をFig. 8に示す。575°C焼戻のものでは破断荷重—撓み曲線が彎曲するのはC量が0.46%のもののみで、これ以上Cが増加すれば直線状となる。650°C焼戻したものはC量0.72%のものでも彎曲するが、彎曲の程度はC量が高くなれば少なくなる。C量が高くなればいずれの焼戻温度においても撓みおよび破断荷重が低下して大きな靱性はえられない。

(8) 高温引張試験

870°Cで10h保持後炉冷した試片を650°Cに30mn保持して高温引張試験を行った結果をTable 2に示す。C量が0.72%の場合に抗張力が最大となり52 kg/mm²を示しているが、伸びおよび絞りもC量の増加によつて減少する。

つぎに1250°Cで2mn保持後油冷し575°C、700°C、750°Cで2h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行った結果はTable 2に示す。抗張力、伸び、絞りともにC量によ

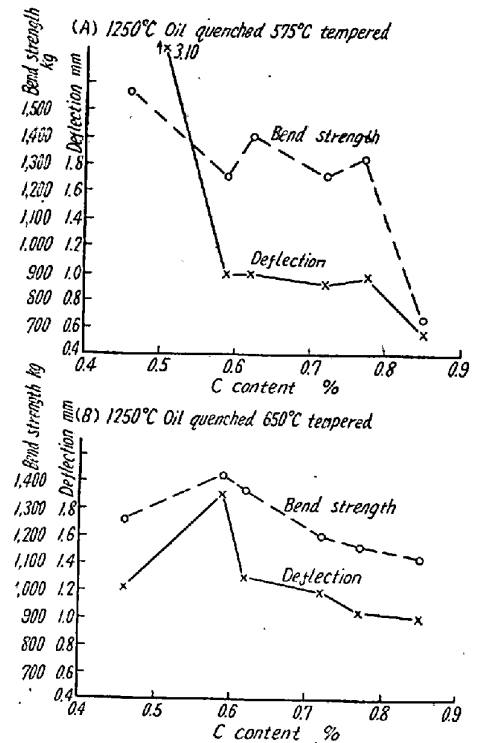


Fig. 8. Effect of the C on the bending strength.

る影響は余りいちじるしくない。C量0.62%のもので650°Cで試験したものは138 kg/mm²の高い抗張力を現わすが伸び、絞りともに5%前後でいちじるしく低い。700°Cでは61.6 kg/mm²に減少し、伸び、絞りはいちじるしく増加し、750°Cになると抗張力は43.2 kg/mm²に減少し、伸びは13.5%、絞りは45.4%に増加する。

(9) 高温衝撃試験

1250°Cで2mn保持して油冷した後650°C、700°Cで2h焼戻を行ったものについて、各焼戻温度に30mn加熱した後シャルピー衝撃試験機を用いて高温衝撃値を求めた結果をFig. 9に示す。試験温度が650°Cの場合にC量0.46%のもので1.4 kg m/cm²の高い衝撃値を示すが、C量が0.85%に増加すると0.3 kg m/cm²となり、ほぼ直線的に低下する。700°Cの場合にもほとんど直線的に低下し、C量が0.46%から0.85%に増加すると衝撃値は2.3 kg m/cm²から1.0 kg m/cm²に低下する。

III. 結 言

以上18-4-1型高速度鋼についてC量を0.46~0.85%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量の増加につれて低下の傾向を示す

Table 2. Mechanical properties at high temperature.

Steel No.	Heat treatment	Testing temp. °C	Tensile strength kg/mm ²	Elongation %	Reduction %
HS-1	870°C×10h F.C.	650°C	39.2	20.2	50.0
-2	//	//	46.0	18.4	45.4
-3	//	//	40.2	18.8	45.4
-4	//	//	52.0	16.0	39.6
-5	//	//	48.2	15.2	45.4
-6	//	//	43.6	13.1	43.4
HS-1	1250°C×2mn O.Q. 650°C×2h tempered	650°C			
-2	//	//			
-3	//	//	138.1	2.1	6.2
-4	//	//	123.1	1.1	4.6
-5	//	//			
-6	//	//			
HS-1	1250°C×2mn O.Q. 700°C×2h tempered	700°C			
-2	//	//			
-3	//	//	61.0	11.7	27.4
-4	//	//	69.0	12.7	27.4
-5	//	//	61.6	9.9	25.2
-6	//	//	55.8	9.6	23.0
-5	//	//	60.0	13.8	37.6
-6	//	//	49.4	13.5	37.6
HS-1	1250°C×2mn O.Q. 750°C×2h tempered	750°C			
-2	//	//			
-3	//	//	45.8	12.0	43.4
-4	//	//	48.2	16.6	47.2
-5	//	//	43.2	13.5	45.4
-6	//	//	43.4	14.5	45.4
-5	//	//	42.0	16.3	47.2
-6	//	//	46.8	19.1	43.4

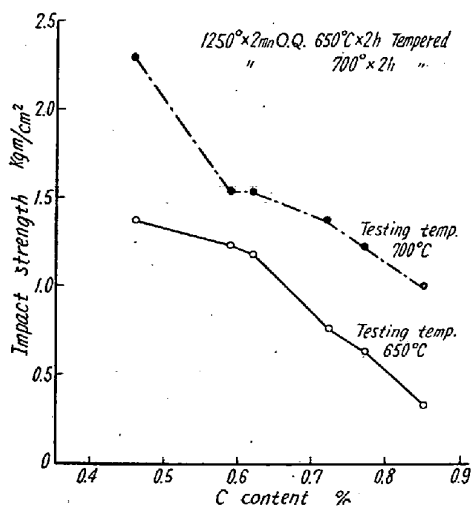


Fig. 9. Effect of the C on the hot impact strength.

また Ms 点も C 量の多くなるにつれて低下する。

(2) 恒温変態開始曲線は C 量の増加につれて長時間側に移動する。C 量 0.46% のものは 1250°C のオーステナイト化温度において $\alpha + \gamma + \eta$ の組織を示す。

(3) C 量 0.6% が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 0.6% 以上になると焼入温度の高いものはかえって焼入硬度が減少する傾

向がある。

(4) 焼入状態における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 の焼戻によつて完全に分解する。

(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増加するが、焼入温度の高いものではこの傾向は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、伸び、絞りも C 量によつてほとんど変化しない。高温衝撃値は C 量の増加につれ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 31 年 11 月寄稿)

文 献

- 1) A. H. Grobe, G. A. Roberts, T.A.S.M. 45 (1953) 475
- 2) Gill, Roberts, Johnstin, George, "Tool Steel" (1946) 494
- 3) 岡本, 小高: 鉄と鋼, 38, No. 9 (1952) 61
- 4) A. Grossman, C. Bain, 川口訳 "高速度鋼" (1941)