

加えた。その結果を要約すると以下のようである。

- 1) 試験片を予冷後キ裂発生用ビードを置く事により、ノッチを入れずに容易に初期キ裂を発生せしめうる。
- 2) 板巾は 80mm 位が適当である。
- 3) 打撃は打撃速度の影響が少ないので、エネルギーのみを考えればよい。
- 4) 変形角度は 4°C 位までにとどめるべきである。
- 5) NDT 温度はシャルピー試験の vTr_N と大体一致する。

文 献

1) P. P. Puzak: *Welding Journal*, 5 (1959) 209-S.

669,151,295-194-155,3:620,172,22
 =620,178,746,22:620,178,152,42

(140) 含 Ti 迅速窒化鋼の機械的性質について 63/40

名古屋工業大学 工博 矢島 悦次郎
 特殊製鋼 550~552

工博 日下邦男・〇鶴見州宏・山崎光雄

Mechanical Properties of Titanium-Bearing Steels for Rapid Nitriding.

Dr. Etsujiro YAJIMA, Dr. Kunio KUSAKA,
 Kunihiro TSURUMI and Mitsuo YAMAZAKI.

I. 緒 言

表面硬化法としての窒化処理は、処理硬度が非常に高く、しかもかなりの耐熱性を有するので、常温または高温の耐摩耗部品に用いられるが、従来広く用いられている JIS SACM-i 窒化鋼は、処理時間が 75~100 h ときわめて長いのが欠点である。

Ti を約 2.5% 含有する鋼は、窒化温度を 650°C 前後に高めて処理時間を 10 h 以下に短縮することが可能であり、迅速窒化性においてすぐれていることが明らかとなったが、本鋼種はフェライト組織のため C 0.2, Cr 1.8, Ti 2.8% 程度の化学成分のものでは心部強度が不足するので用途に制限をうける。したがって実用上は含 Ti 迅速窒化鋼のフェライト強化をはかる必要がある。この方法としては固溶体強化と析出硬化とが考えられ、後者については Nitralloy N に対応するものとしての可能性²⁾も考えられるので、著者らは含 Ti 迅速窒化鋼に Ni, Al をしゅじゅに添加して試料をつくり、時効硬化特性、機械的性質、窒化特性などについて試験を行なったので報告する。

II. 試料および実験方法

まず Ni および Al 添加の影響をみるために、高周波

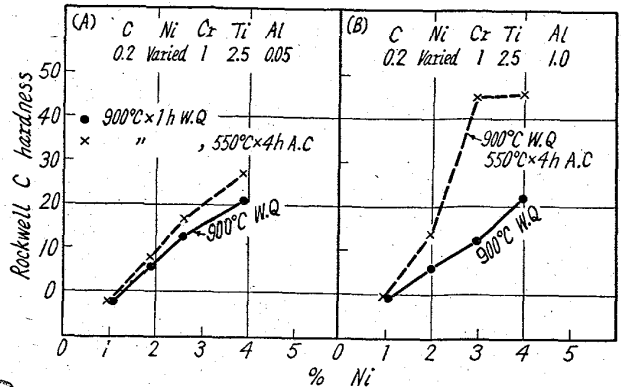


Fig. 1. Effect of Ni on the as-aged hardness of Ti-bearing steel for nitriding after solution-treatment.

誘導炉により 600 g の大気溶解を多数行ない、30 mm 角金型に铸造して試料をつくり、これより小試片を採取して各種熱処理後の時効硬化特性をしらべた。

つぎに 100 kg 真空溶解炉によつて Table 1 に示すごとき化学成分のものを溶解し、30 mm 角に圧延して機械試験用に供した。

III. 実験結果

1) Ni および Al 添加の影響

Fig. 1 は溶体化硬度ならびに時効硬度におよぼす Ni の影響を示したものである。Ni のみの添加でもかなりフェライト強度はできるが、Al を 1% 含有する場合には Ni が 3% 以上になると、顕著な析出硬化をするようになる。溶体化温度を 700°C とした場合には、900°C の場合よりも析出硬化の程度が低い。

つぎに Table 2 は C 0.2, Cr 1.2, Ni 3.5, Ti 2.5% に一定にして、Al を変化した場合の 700°C 溶体化硬度ならびに時効硬度を示したもので、Al 0.6% 以上で顕著な析出硬化を示すことがわかる。析出硬化は 550°C 時効の場合が最高で、600°C, 650°C 加熱で過時効を示す。

2) N 8, N 9 の時効硬化特性

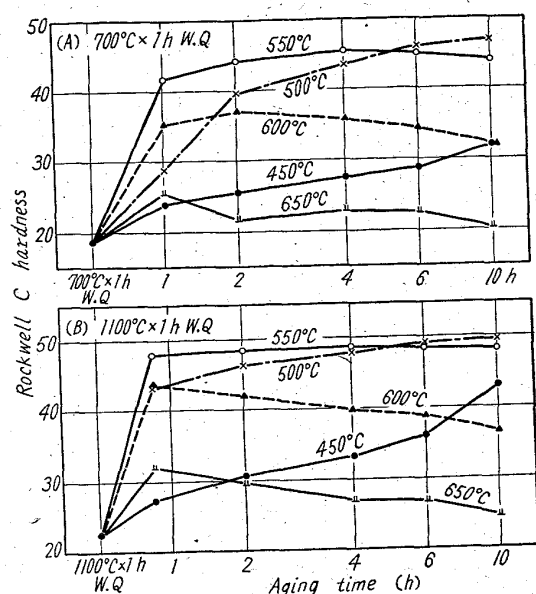
Fig. 2 (A), (B) は KX-N 8 の時効硬化特性を示したもので溶体化処理はそれぞれ 700°C および 900°C x 1 h W. Q. とした。

つぎに Table 3 は KX-N 9 の時効硬化特性を示す。Al 含有量が低い場合でも溶体化温度が高くなると 550°C 時効でかなりの析出硬化を示すようになる。

なお N 8 を HRC 47 に時効硬化させたものを、600~800°C の各温度に 4 h 加熱して硬度を測定した結果、750°C 以上の加熱によつて析出物の固容が完全となることが明らかとなった。

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	Al
KX-N5	0.21	0.27	0.82	0.007	0.012	0.03	1.80	0.54	2.7	0.05
" N8	0.27	0.31	0.74	0.006	0.011	3.47	1.26	0.24	2.98	1.13
" N9	0.24	0.28	0.75	0.008	0.011	3.50	1.25	0.29	2.82	0.14



Solution-treatment: 700°C water-quenching (A) and 1100°C water-quenching (B)

Fig. 2. Age-hardening behavior of 3.5% Ni, 2.5% Ti, 1% Cr, 1% Al steel.

Table 2. Effect of Al on the as-aged hardness after water-quenching from 700°C.

Steel No.	Chemical composition (%)					Rockwell C hardness after 6 h aging			
	C	Cr	Ni	Ti	Al	As solution-treated	550°C	600°C	650°C
N-9	0.15	1.27	3.58	2.40	0.055	19.0	22.0	18.5	18.5
-10	0.14	1.24	3.54	3.16	0.21	19.0	29.0	25.0	21.5
-12	0.23	1.46	3.95	2.31	0.56	20.0	46.0	34.5	23.0
-13	0.23	1.40	3.93	2.34	0.71	21.0	47.0	35.0	23.0
-14	0.20	1.47	3.97	2.38	0.95	22.0	47.0	35.5	23.0
-15	0.23	1.40	3.98	2.57	1.10	23.5	48.5	40.0	27.5

Table 3. Age-hardening behavior of 3.5%Ni, 1%Cr, 2.5%Ti, 0.1%Al steel.

Solution treatment	Rockwell C hardness after 6 h aging					
	As solution-treated	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C
700°C×1 h W.Q.	22.0	21.0	23.0	22.0	20.5	19.0
900°C×1 h W.Q.	22.0	23.5	26.5	29.0	22.0	17.5
1100°C×1 h W.Q.	23.5	27.0	30.5	32.0	25.0	17.5

Table 4. Mechanical properties of titanium-bearing steels for nitriding.

Steel No.	Heat treatments	Yield strength kg/mm ²	Tensile strength kg/mm ²	Elongation %	Reduction of area %	Charpy impact value kg-m/cm ²	Hardness
N 5	As rolled	23.8	45.4	41.3	66.8	0.6	H _B 124 128
	650°C×6 h A.C.	23.6	46.4	37.6	59.2	0.6	
N 8	700°C×6 h W.Q.	43.4	65.0	29.0	50.8	4.7	H _{RC} 18 18.6 34.1
	700°C W.Q., 650°C×6 h A.C.	49.6	72.0	22.0	45.4	4.1	
	// 600°C×6 h A.C.	87.4	100.0	12.3	31.6	0.34	
N 9	900°C W.Q., 650°C×6 h A.C.	54.8	75.0	24.0	52.6	4.4	19.1
	// 550°C×6 h A.C.	76.2	88.6	19.3	52.6	3.8	27.0
	1100°C W.Q., 650°C×6 h A.C.	60.2	80.0	20.3	49.0	1.7	21.1
	// 600°C×6 h A.C.	79.2	92.6	15.6	47.2	0.6	27.2

3) 機械的性質

Table 4に KX-N 5, N 8 および N 9 の機械的性質を示す。

N 5 は抗張力は 50 kg/mm² 以下であり, 衝撃値も低く 0.6 kg-m/cm² 以下である。これにたいして N 8, N 9 はともに溶体化処理後 650°C×6 h 時効を行なうと抗張力 70 kg/mm² 以上を示し, 衝撃値も良好で 4.0 kg-m/cm² 以上である。600°C 時効後は N 8 は抗張力 100 kg/mm² 以上になるが, 衝撃値は著るしく低下する。一方 N 9 は 900°C 溶体化の場合には抗張力は 80 kg/mm² 以上, また 1100°C 溶体化の場合には 90 kg/mm² 以上となり, 衝撃値もかなり良好である。

4) 窒化特性

N 8, N 9 は N 5 とほぼ同程度の迅速窒化性を有する。すなわち 600°C×6 h ガス窒化によつて窒化層深さは 0.2mm 前後, 650°C×6 h によつて 0.5mm 前後となる。N 5 を高温窒化した場合には表面層はかなり脆くなるが, N 8, N 9 は N 5 よりもはるかに靱性が大である。

IV. 結 言

以上 2.5% Ti を含有する迅速窒化鋼のフェライト強化を目的として試験した結果, Ni, Al の複合添加に

よつて析出硬化を生ずることが確認された。そして Ni 3.5, Al 0.15% 添加のものは機械的性質が良好であり、すぐれた迅速窒化性を有し、硬化層の靱性も良好であることが明らかとなった。

文 献

- 1) 矢島, 古沢: 金属学会誌, 26 (1962), p. 141, p. 371.
- 2) 門間: 金属学会誌, 26 (1962), p. 399.
- 3) W. S. MOUNCE, A. J. MILLER: Metal progress. Feb. (1960), p. 91

669.14.018, 298.2, 669.15, 281
 (71) 782-194, 3

(141) 1.3% Si または Al 入り高 Mo 肌焼鋼について

(耐熱肌焼鋼の研究— I)

特殊製鋼技術部

工博 日下邦男・○荒木昭太郎・佐々木博

On High-Mo Case-Hardening Steel Containing 1.3% Si or Al.

(Study on the case-hardening steel for elevated temperature service— I)

Dr. Kunio KUSAKA, Shotaro ARAKI
 Hiroshi SASAKI.

I. 緒 言

高速、回転のベアリング、ギヤ、カムその他、コロガリ接触部分に用いられる肌焼鋼は、高速回転による摩擦熱によつて温度上昇を来たすため、従来の SNCM 23 などの肌焼鋼では浸炭層の硬度が低下して寿命が短い欠点がある。このため温度上昇によつても浸炭層の硬度低下を生じないような耐熱肌焼鋼が要求されるようになり、5% Mo-3% Ni-1.5% Cr 鋼 (M315) などが用いられるはじめた。しかしながら、M315 はかなり高価なものであるため一般には使用しにくいので、著者らは 300°C 位までの温度上昇に耐える経済的な耐熱肌焼鋼の開発を目的として、Si および Al による焼戻軟化抵抗を利用して、M315 の Mo を減らし、Si または Al を約 1.3% 添加した鋼の熱処理特性について、若干の検討を行なったのでその結果を報告する。

II. 試 料

試料の化学成分を Table 1 に示す。試料 E は 5% Mo-3% Ni-1.5% Cr 鋼 (M315)、試料 A および B は 1% Mo-2% Ni-1.5% Cr 鋼および 2.5% Mo-2.5% Ni-1.5% Cr 鋼に 1.3% Si を添加した Si 型鋼、試料

C は、試料 B の 1.3% Si を 1.3% Al で置き換えた Al 型鋼、試料 D は試料 E の 5% Mo を 3% Mo に減じた Mo 型鋼、また試料 F は比較のための SNCM 23 鋼である。試料 F を除く各試料は真空誘導炉により溶製した 100 kg 鋼塊を 18mm φ および 30mm φ に圧延、また試料 F は 12 t アーク炉により溶製した 1 t 鋼塊を同様に圧延したものを、それぞれ 780°C で焼なましを行なったのち試験片に機械加工して、それぞれの試験を行なった。

III. 試験結果

(1) 焼戻軟化抵抗

925°C で 4h 固体浸炭したのち、同じく 925°C で 4h 拡散処理を行なつてから 925°C 油焼入し、深冷処理を -78°C で 1h 行なったものを、100~450°C の各温度に 2h 焼戻を施して硬度を測定した。Fig. 1 はその結果を示したもので、試料 F が温度の上昇とともに直線的に硬度を低下するのに対し、1.3% Si を含有した試料 A および B、および 1.3% Al を含有した試料 C は、200~300°C で著しい軟化遅滞を示す。また Si および Al を含有しない試料 E および F は約 200°C 以上で軟化遅滞をするが、その程度は試料 A、B および試料 C よりも少ない。

(2) 長時間焼戻

前項と同様にして試験片をつくつたのち、焼戻を 180°C で 2h 行なつたものを、300°C に 0~50h 保持して硬度を測定した。Fig. 2 にはその結果を示したもので、

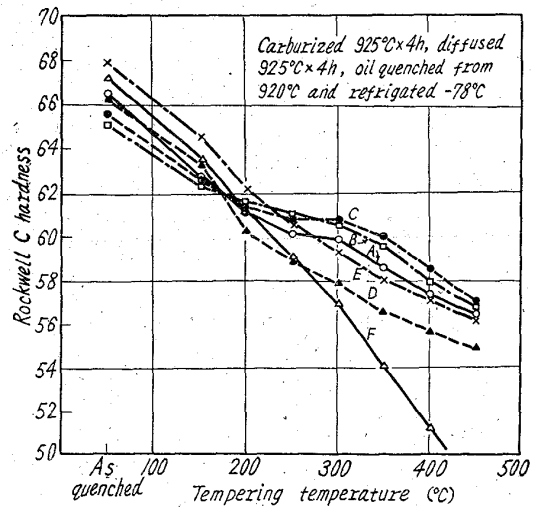


Fig. 1. Relation between tempering temperature and hardness.

Table 1. Chemical composition of specimens.

Type of specimens	Specimen marks	Chemical composition (%)									
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al
1.3Si-1Mo	A	0.18	1.28	0.67	0.008	0.016	1.77	1.53	0.98	0.01	0.027
1.3Si-2.5Mo	B	0.21	1.44	0.85	0.010	0.011	2.49	1.64	2.44	0.01	0.100
1.3Al-2.5Mo	C	0.21	0.36	0.88	0.010	0.012	2.54	1.65	2.43	0.01	1.25
3Mo	D	0.17	0.27	0.51	0.007	0.013	3.13	1.59	2.85	0.01	0.067
5Mo(M315)	E	0.17	0.30	0.46	0.009	0.015	2.87	1.56	4.92	0.05	0.083
SNCM23	F	0.19	0.29	0.67	0.014	0.016	1.92	0.56	0.27	0.12	0.068