

第 6 会 場 (表面処理・腐食・クリープ・耐熱鋼)

(159) 含V 迅速窒化鋼の機械的性質および熱処理特性について

(迅速窒化鋼の研究—Ⅲ)

特殊製鋼, 技術研究所

工博 日下 邦男・○佐々木 博

八洲特殊鋼 荒木 昭太郎

On the Mechanical Properties and Heat-treating Behaviour of Vanadium-bearing Rapid Nitriding Steel

(Study of rapid nitriding steel—Ⅲ)

Dr. Kunio KUSAKA, Hiroshi SASAKI and Shōtarō ARAKI

1. 結 言

JIS SACMI 鋼など通常使用されている窒化鋼は窒化処理時間が 50~100 hr とわけて長いのが欠点である。これにたいし高 Ti 含有鋼は窒化温度を上昇させることによつて、窒化処理時間を著しく短縮することが可能である¹⁾²⁾が、われわれはさらに Ti 以外の各種合金元素を含有する鋼について、窒化時間を短縮することの可能性を調べ、その結果迅速窒化性とは通常使用されている窒化温度で窒化した場合に窒化速度が大であることではなくて、窒化温度を上げて窒化した場合に十分高い表面硬さが得られることであることを知つた。さらに周期率表で IV_a, V_a, VI_a 族に属する V, W, Ta, Zr, Nb, Cr, Ti を多量に含有する鋼の間には相対的な迅速窒化性の強さに規則的な関係のあることを明らかにした³⁾。われわれはこれらの元素を多量に含有した鋼の実用化について種々研究を行なつており、さきに Nb, Zr, W

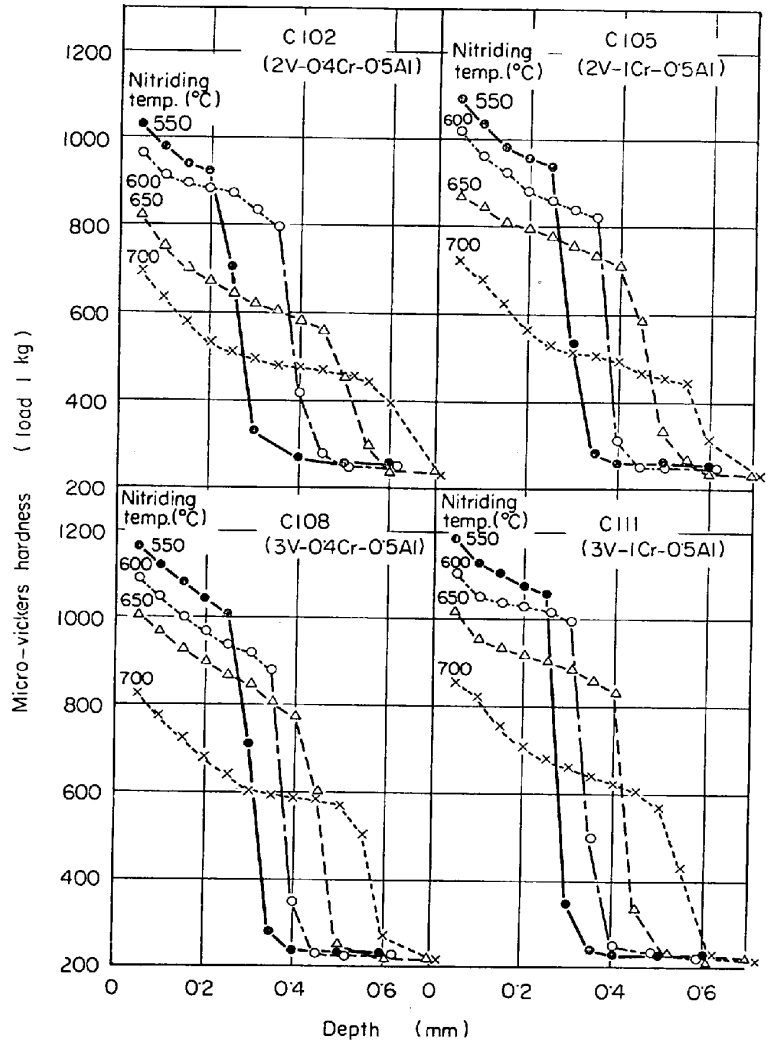


Fig. 1. Hardness distribution curves of nitrided case. (Nitriding time: 10hr)

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No	Type of steel	Chemical composition							
		C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Al
C 102	0.4Cr-2V-0.5 Al	0.24	0.38	0.38	3.50	0.41	0.55	2.01	0.49
C 103	0.4Cr-2V-0.75Al	0.23	0.32	0.36	3.44	0.36	0.53	2.00	0.88
C 104	0.4Cr-2V-1.0 Al	0.21	0.32	0.38	3.45	0.39	0.53	1.99	1.11
C 105	1Cr-2V-0.5 Al	0.25	0.33	0.38	3.52	0.97	0.46	2.04	0.55
C 106	1Cr-2V-0.75Al	0.25	0.30	0.36	3.54	1.04	0.60	2.08	0.71
C 108	0.4Cr-3V-0.5 Al	0.23	0.34	0.38	3.56	0.31	0.58	2.96	0.54
C 109	0.4Cr-3V-0.75Al	0.24	0.31	0.38	3.48	0.34	0.49	2.98	0.78
C 110	0.4Cr-3V-1.0 Al	0.24	0.32	0.40	3.54	0.29	0.58	2.99	0.94
C 111	1Cr-3V-0.5 Al	0.22	0.34	0.41	3.56	1.24	0.52	2.96	0.58
C 112	1Cr-3V-0.75Al	0.23	0.31	0.37	3.65	0.99	0.58	2.96	0.85
C 113	1Cr-3V-1.0 Al	0.23	0.33	0.36	3.49	1.08	0.59	2.89	1.02

および V を含有した鋼の機械的性質および熱処理特性について調査した結果⁵⁾⁶⁾を報告したが、今回はこれまでに報告した鋼の機械的性質を改良するために、V と Cr を適量含有させた鋼について同様の調査を行なった結果を報告する。

2. 試料および実験方法

真空誘導炉によつて Table 1 に示す化学成分の 100 kg 鋼塊を溶製し、これを鍛造、圧延し、これより各種機械試験、熱処理特性および窒化特性調査用試片を作成した。試料は 0.25% C, 3.5% Ni, 0.5% Mo をベースとし、これに Cr 0.4, 1.0%, V 2.0, 3.0%, Al 0.5, 0.75, 1.0% に変えて添加した。

3. 実験結果

3.1 窒化特性

各試料について窒化温度、時間を变化させて、窒化層の最高硬さと窒化深さの関係を調べた結果、窒化硬さは V, Al の量が多いものほど高く Cr の影響は明らかでない。窒化深さは V, Cr, Al の量が高いほど逆に少なくなる傾向を示すことがわかつた。次に Fig. 1 は各鋼種を 550~700°C の各温度で 10hr 窒化した場合の窒化硬化曲線の例を示したものである。3%V 含有の C108~113 は 2%V 含有の C102~106 よりも窒化硬さが大で、表面硬さ H_MV 900 を得るには 2%V 鋼の場合は 550~600°C が必要であるのに対し、3%V 鋼は 550~650°C で良い。

3.2 時効硬化特性

時効硬化性を与えるために、各試料には 3.5% Ni に 0.5, 0.75 または 1.0% Al を添加してある。これらについて 850°C × 1hr 加熱後 700°C まで炉冷し、この温度に 1hr 保持後空冷し、さらに 700°C × 1hr 加熱後空冷

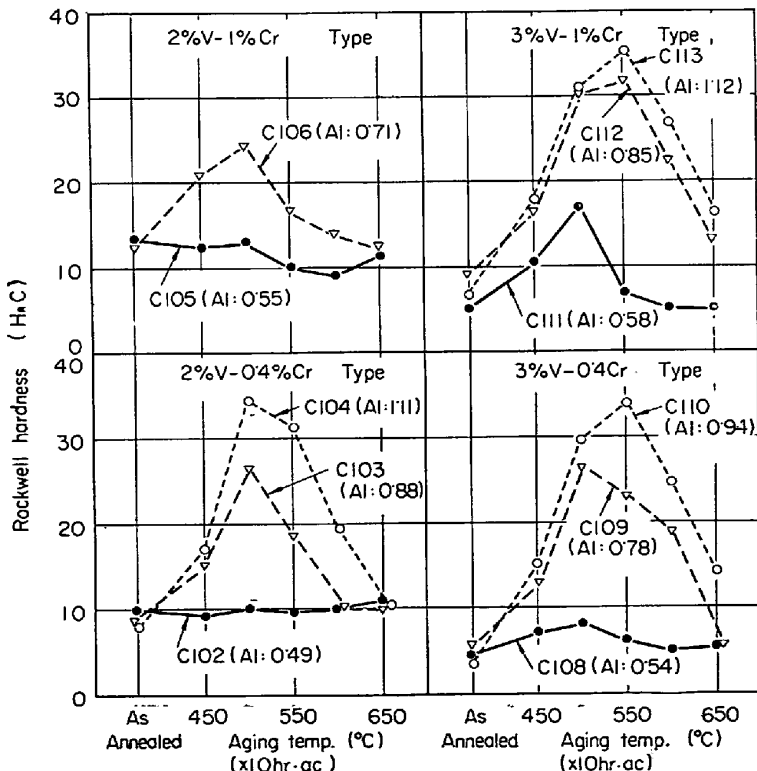


Fig. 2. Effect of aging temperature on hardness.

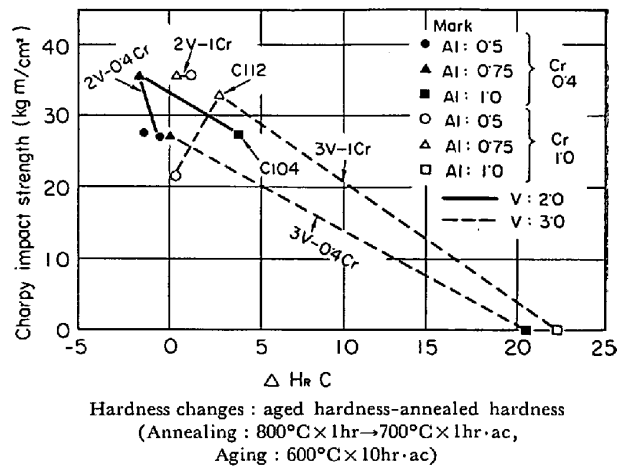


Fig. 3. Relation between hardness changes and Charpy impact strength.

したのものについて、450~700°C の各温度で 1~75hr 時効させて硬さの変化を調べた。Fig. 2 はこれらのうち時効時間 10hr の場合の例を示したものである。Al の影響はもつとも大きく、0.55% Al では高 V 高 Cr のもの (C111) を除いて時効硬化性は弱い。600~650°C の場合には 10hr 加熱では、時効硬化は利用できない、Al 0.75% および 1.0% Al の場合には時効硬化は顕著である。時効硬化には V の影響も認められる。600~650°C 時効の場合には、Al 0.75%, V 2% では時効硬化はわずかであるのに対し、V 3% のものは 600°C でも時効硬化は大である。Al 1.0% の場合は時効硬化はいつそう顕著である。Cr の影響はあまり認められない。次に 800°C × 1hr 加熱後 700°C まで徐冷し、この温度に 1hr 保持したのち空冷したものについて 600°C × 10hr

時効硬化させ、硬度の変化と時効後の衝撃値を求めた。Fig. 3 はその結果を時効による硬度上昇と時効後の衝撃値の关系到整理したものである。各 V, Cr 系とも Al 量の増加による硬度変化の上昇とともに、衝撃値は低下する。ここで実用上必要とする性能を衝撃値 5 kg m/cm², 硬度上昇 $H_R C$ 5 以上とすると該当する成分は 2V-0.4 Cr-1Al (C104) および 3V-1 Cr-0.75 Al (C112) となる。以下この 2 成分につき、機械的性質を調べた結果を報告する。

3.3 機械的性質

C104 (2V-0.4Cr-1Al) および C112 (3V-1Cr-0.75Al) を 700~1000°C の各温度に 1hr 加熱後徐冷し、700°C に 1hr 保持後空冷し、ついで 600°C に 10hr 時効処理して機械的性質を調べた。加熱温度の上昇とともに硬度、抗張力、降伏点は減少し、伸び、絞りが増加する傾向が認められる。衝撃値は C104 では 700°C ではかなり高い値を示すが 800°C 以上で急激に低下し、また C112 は温度の上昇とともに若干低下する傾向がある。

次に Fig. 4 は 900°C × 1hr 加熱後 700°C まで徐冷し、この温度に 1hr 保持した後空冷したものを 450~650°C の各温度で 10hr 時効処理した場合の機械的性質を示したものであ

Table 2. Mechanical properties after aging at 600°C and 650°C for 10 hr (Annealing temp. : 700°C×2 hr·ac).

Steel No	Aging temp.	Mechanical properties					
		Yield point (kg/cm ²)	Tensile strength (kg/cm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Impact strength (kgm/cm ²)	Rockwell hardness (H _R C)
C 104 (2V-0.4Cr-1Al)	600°C	93.6	103.3	22.4	58.2	21.3	30.0
	650°C	64.3	79.3	30.0	74.3	27.3	25.4
C 112 (3V-1Cr-0.75Al)	600°C	64.3	75.4	27.2	69.0	25.0	22.2
	650°C	51.3	67.6	29.6	76.1	30.6	15.8

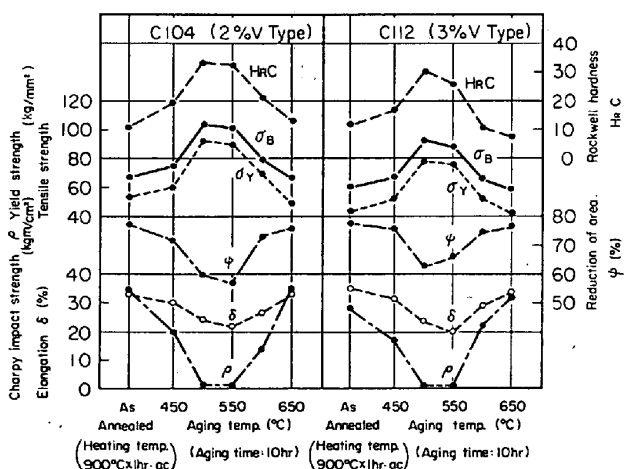
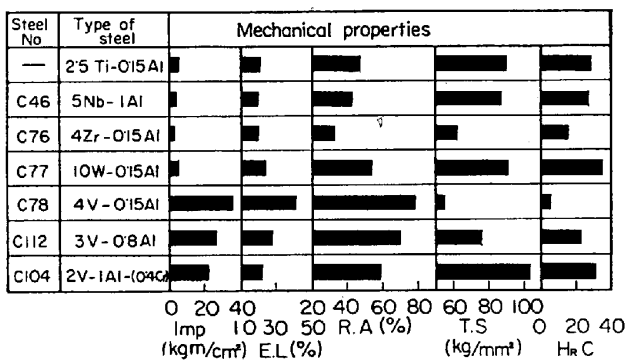


Fig. 4. Effect of aging temperature on mechanical properties.



Annealing :

- Ti, Nb=900°C×1hr·wc.
- W, 4V=800°C×1hr·ac→700°C×1hr·ac
- Zr=750°C×1hr→700°C×1hr·ac
- C112, C104=700°C×2hr·ac

Fig. 5. Mechanical properties of various rapid nitriding steels. (Aging temp. 600°C, aging time 10hr)

る。両鋼種とも 500~550°C で最も著しく時効硬化し、硬度、抗張力および降伏点は最高になり、伸び、絞りおよび衝撃値は最低になる。Table 2 は 700°C 2hr 空冷後、600°C および 650°C の温度で 10hr 時効処理した場合の機械的性質を示したものである。両鋼種とも強度、靱性ともに非常に良好な結果を示している。

3.4 各鋼種の機械的性質

第1報~第3報を通じて種々調査した結果から、各鋼種の機械的性質を比較した。Fig.5 はその結果を示したもので、今回報告の C 104, C 112 は強度、靱性ともに大でかつバランスのとれていることがわかる。

3.5 寸法変化

C 104 および C 112 について 700~1000°C ×1hr 空冷後、700°C ×1hr 空冷し、その後 450~600°C の各温度で 1hr 時効硬化し、鍛伸方向の寸法の変化を調べた。C 104 は加熱温度の上昇とともに、寸法変化が大になるように思われるが、C 112 はそれらの関係が明瞭でない。しかしいずれの場合も C 104 の 1000°C の場合を除いて、寸法変化は 0.002% 以下できわめて小さい。

4. 結 言

以上含 Nb, Zr, W, V 迅速窒化鋼に引続いて、含 V 鋼の窒化特性、熱処理特性および機械的性質におよぼす V, Cr および Al 量の影響を調査した。これより 0.23% C-3.5% Ni-0.4% Cr-0.5% Mo-2% V-1% Al 鋼は窒化温度を 600°C にすることによって窒化時間を 10hr に短縮でき、しかも焼なまし硬さは H_RC 26 で機械加工に十分であり、時効状態では抗張力 103 kg/mm²、伸び 22%、絞り 58%、衝撃値 21 kgm/cm²、硬度 H_RC 30 が得られ、迅速窒化性、機械的性質ともに良好であることがわかった。

文 献

- 1) 矢島, 古沢: 日本金属学会誌, 26 (1962), p.141
- 2) 矢島, 古沢: 日本金属学会誌, 26 (1962), p.371
- 3) 矢島, 日下, 鶴見, 山崎: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 550
- 4) 日下, 荒木, 佐々木: 日本金属学会, 昭 38 秋季大会講演概要, p. 62
- 5) 日下, 荒木, 佐々木: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 2025
- 6) 日下, 荒木, 佐々木: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, p. 2084