

一方 Cr を含む鋼については少量の窒素附加ではほとんど硬さ増加はなく、高窒素附加でようやく認められる。このように低温焼戻したマルテンサイトの硬さに対し窒素は炭素ほど著しくはなく、Cr, Mo の共存下ではさらにその傾向がみられる。焼戻し過程中的炭素および窒素の挙動に関して極低炭素-極低窒素鋼について調べられ、要約すると初期には ϵ -炭化物が析出し、その後 α'' -窒化物 (Fe_{16}N_2) が析出する説⁵⁾と一相の ϵ -Carbonitride が析出する説⁶⁾とがあり、詳細は不明である。Cr, Mo を含む高炭素-高窒素鋼の場合さらに複雑となるが実用面からもさらに詳細な検討が必要である。

4. 結 言

ガス浸炭炉を用いて浸炭窒化した 0.4 mm 鋼板の性質におよぼす 1% Cr および 0.2% Mo の影響を調べた結果を要約すると次の通りである。

(1) NH_3 を添加した浸炭窒化ガスの C ポテンシャルおよび残留 CH_4 量は発生機ガスの露点が一定の場合添加 NH_3 量の影響は少なかった。薄板の飽和 N 量は添加 NH_3 量にかかわらず一定の値を示し、Cr, Mo 添加により増加した。

(2) 焼入マルテンサイトの硬さおよび格子常数は C + N 量 (原子パーセント) に比例して増加した。Cr, Mo は僅かに硬さを高めた。

(3) 第一段階焼戻しを行なったマルテンサイトの硬さは固溶 C 量に著しく影響される。軟化抵抗は Cr 添加によりかなり改善され、Mo は長時間なほど有効である。

(4) 附加された窒素は第一段階焼戻し硬さを増加させるが同量の炭素の効果にくらべるとかなり弱い。

文 献

- 1) 倉部, 荒木, 吉松: 鉄と鋼, 50(1964) 4, p. 562
- 2) 倉部, 荒木, 宮地: 鉄と鋼, 51(1965) 5, p. 1031
- 3) 倉部, 荒木, 河崎: 鉄と鋼, 51(1965) 11, p. 2186
- 4) V. A. PHILLIPS: Trans. Amer. Soc. Metals, 56 (1963) 3, p. 600
- 5) G. LAGERBERG and B. S. LEMENT: Trans. Amer. Soc. Metals, 50(1958), p. 141
- 6) 盛, 一瀬, 丹羽, 久我: 日本金属学会講演概要, 第57回(1965)(福岡), p. 83
- 7) W. PISCH: J. Inst. Metals. 87 (1958-59) 8, p. 444
- 8) C. S. ROBERTS: Journal of Metals, 5 (1953) 2 p. 203
- 9) 土屋, 泉山, 今井: 日本金属学会誌, 29 (1965) 4, p. 427
- 10) P. GRIEVESON and E. T. JURKDOGAN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 230 (1964) 2, p. 407
- 11) S. DUSHMAN: Scientific Foundations of Vacuum Technique, p. 619 (John Wiley and Sons, New York 1949)
- 12) P. G. WICHELL and Moris CHOEN: Trans. Amer. Soc. Metals, 55 (1962), p. 347

10Ni-5Mo-9Co 系マルエージング鋼におよぼす Ti, Cu, W の影響*

特殊製鋼, 技術研究所

工博 日下邦男・鶴見州宏・山崎光雄

Effect of Ti, Cu and W Addition on the Properties of 10Ni-5Mo-9Co Type Maraging Steel

Dr. Kunio KUSAKA, Kunihiro TSURUMI and Mitsuo YAMAZAKI

1. 緒 言

マルエージング鋼は溶体化硬度が低く、切削またはホビング加工が比較的容易である。またその後の時効処理による寸法変化がきわめて小さく、HrC 50 前後に硬化するので超強力鋼としての用途のほかにプラスチック用などの精密型に適することが考えられる。しかし型の寿命の点からは時効硬度を HrC 60 程度にまで高めることが望ましい。

18% Ni マルエージング鋼については、すでに多くの報告があり^{1)~6)}、その析出硬化機構は Ni_3Ti および $\text{Fe}_2\text{MoNi}_3\text{Mo}$ など Mo をふくむ金属間化合物によることが報告されている⁷⁾。HrC 60 以上の高硬度が得られるものとして 8Ni-14Mo-18Co および 13Ni-10Mo-16Co マルエージング鋼が最近発表されたが⁸⁾、これらは Mo, Co 量が多く高価であるので、著者らは 18% Ni マルエージング鋼の Ni を 10% に下げ、Ti を多く添加し、さらに Cu あるいは W などを添加して時効硬度 HrC 60 をうることを目的として実験を行なった。

2. 試料および実験方法

供試材としては、3kVA 真空管式高周波誘導炉によつて 500 g 鋼塊を溶製し、1150°C × 2hr ソーキング処理をしたのち鍛圧、鍛伸して用いた。試料の化学成分を Table 1 に示す。これらの鋼種の小試片 20 × 30 × 7 mm を種々の溶体化温度で 30 min 空冷の処理を施し、400 ~ 600°C の時効硬度を測定した。変態点の測定には本多式熱膨張計により 5φ × 80 mm の試片にて行なった。寸法変化については 1100°C 溶体化処理後 450, 500 および 550°C の時効につき 10hr まで測定。摩耗試験は大越式迅速摩耗試験機にて 1100°C 溶体化後 550°C × 5 hr の時効処理を行なった試片につき測定した。γ 相の定量については X線ディフラクトメーターにて行ない、同時に α 相の格子定数の変化を測定した。

3. 実験結果

3.1 10Ni-5Mo-9Co 系の時効硬度

18 Ni 標準型マルエージング鋼の Ni を 10% に下げた試料 B-1~3 について溶体化温度を 850~1000°C、B-4 は 1000~1150°C で 30 min 空冷処理を施し、500°C で 5hr までの時効硬度を測定した。結果を Table 1 に示したが、Ni を 10% に下げると時効硬度は非常に低くなる。Ti 添加量とともに時効硬度は高くなり、3.5% Ti で HrC 57 程度で、これに Cu を 4.8% 添加することにより HrC 60 が得られた。溶体化硬度は温度の影響はほとんどなく HrC 40 であった。

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 232 昭和42年5月10日受付

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition of steels tested.							Solution treat		Aging	
	C	Ni	Mo	Co	Ti	W	Cu	temp. (°C)	HRC	temp. (°C)	HRC
A	0.02	18.54	4.95	7.68	0.41	—	—	1000	30	500 × 5hr	53
B-1	0.02	10.12	4.90	8.67	0.50	—	—	1000	30	500 × 5hr	41
	0.02	10.39	4.64	8.52	1.66	—	—	1000	31	500 × 5hr	52
	0.02	9.83	4.76	8.70	3.46	—	—	1000	39	500 × 5hr	57
	0.02	9.74	4.87	8.94	3.48	—	4.81	1000	40	500 × 5hr	60
C-1	0.02	9.40	4.76	8.57	3.80	—	0.02	1000	39.6	550 × 5hr	56.4
	0.02	9.68	4.73	8.72	3.74	—	2.15	1000	39.7	550 × 5hr	58.1
	0.02	9.76	4.70	9.04	3.74	—	3.93	1000	40.0	550 × 5hr	59.6
	0.02	9.72	4.75	8.96	3.76	—	6.02	1000	40.7	550 × 5hr	59.7
	0.02	9.78	4.70	8.67	3.70	—	7.50	1000	43.6	550 × 5hr	60.0
D-1	0.26	9.34	4.78	8.67	3.15	8.53	0.04	1150	40.0	550 × 10hr	63.0
	0.24	9.18	4.75	8.54	3.02	8.30	2.03	1150	39.4	550 × 10hr	62.5
	0.23	9.20	4.64	8.36	2.48	8.06	3.72	1150	38.4	550 × 10hr	62.0
	0.24	9.00	4.54	7.95	3.12	7.25	7.08	1150	44.8	550 × 10hr	62.1

Si<0.1, Mn<0.1, Al 0.2 added

Table 2. Critical point.

Steel No.	Critical point (°C)			
	A _s	A _f	M _s	M _f
C-1	780 ~ 860		420 ~ 270	
	760 ~ 830		310 ~ 200	
	760 ~ 820		260 ~ 160	
D-1	760 ~ 850		340 ~ 230	
	730 ~ 830		310 ~ 190	
	730 ~ 830		290 ~ 180	

3.2 変態点

熱膨張計により変態点を測定した。Cu は A_s 点にはほとんど影響をあたえないが、M_s 点は若干低下する。結果を Table 2 に示す。

3.3 溶体化および時効硬度

10Ni-5Mo-9Co-3.5Ti 系および 0.25C-10Ni-5Mo-9Co-3.5Ti-8W 系について、1000, 1050, 1100 および 1150°C × 30 min 空冷の溶体化硬度ならびに溶体化後 400 ~ 600°C の時効硬度を測定した。溶体化硬度は温度ならびに Cu の影響はほとんどなく、HRC 40 程度であり、7%以上の Cu で急に上昇した。Fig. 1 に短時間時効で最高硬度の得られた 550°C × 5hr 時効の硬度曲線を示した。図から明らかなように C 系では Cu の影響が、また D 系では溶体化温度の影響が顕著であった。

Fig. 2 に C-3 および D-1 の時効硬度曲線を示す。

3.4 γ相および格子定数

18% Ni マルエージング鋼は時効によつて γ 相の形成がおこることが報告されている⁹⁾。1100°C 溶体化後 550°C × 30hr までの状態について X 線回折により γ 相の定量を行なつたが、認められなかつた。同時に α 相の格子定数を測定した。HRC 60 の得られた 10Ni-5Mo-9Co-3.5Ti-4Cu では溶体化状態で 1.1810 Å であり、時効時間とともに低下し、10hr 時効で 1.1754 Å と最低になり、30hr 時効でも変化はなかつた。0.25C-10Ni-5Mo-9Co-3.5Ti-8W でも同様の傾向を示し、時効硬化と対応して低下し、最高硬度で格子定数は最小となつた。

3.5 寸法変化

時硬化性型鋼は溶体化状態で加工できることが特徴で、硬化処理に際しての寸法変化が小さい。Fig. 3 に示すように 10φ × 50 mm の試片を用い、1100°C 溶体化後 450, 500 および 550°C で時効し長さ変化を測定した。時効時間の経過および Cu

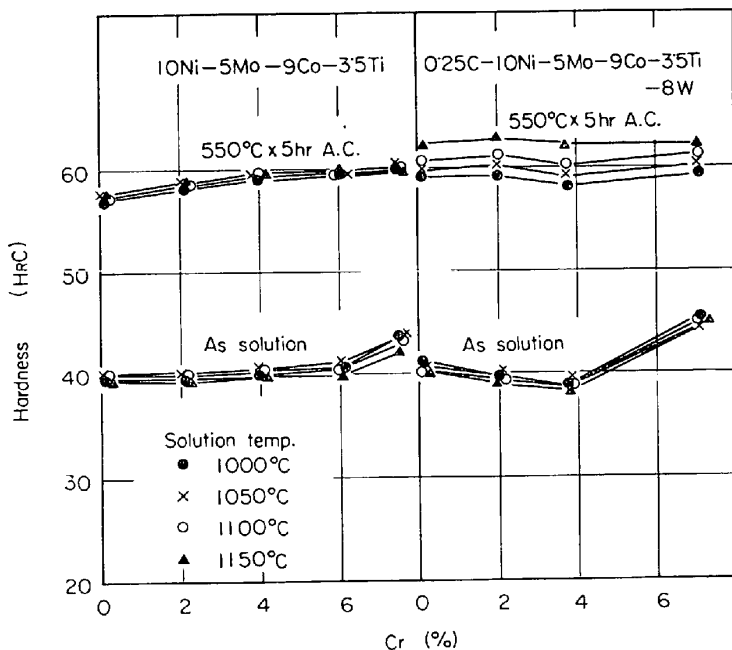


Fig. 1. Effect of Cu on the solution treated and aged hardness.

量の増加とともに収縮量は大きくなった。HRC 60 の得られた C-3 の 550°C × 5hr 時効の長さ変化は 0.19% であつた。また D-1 では 0.13% の収縮を示した。

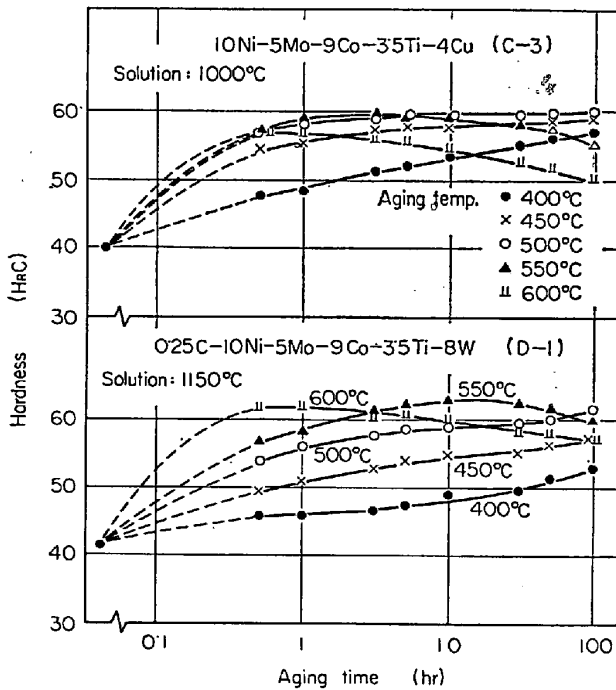


Fig. 2. Effect of aging temperature and time on hardness of C-3 and D-1.

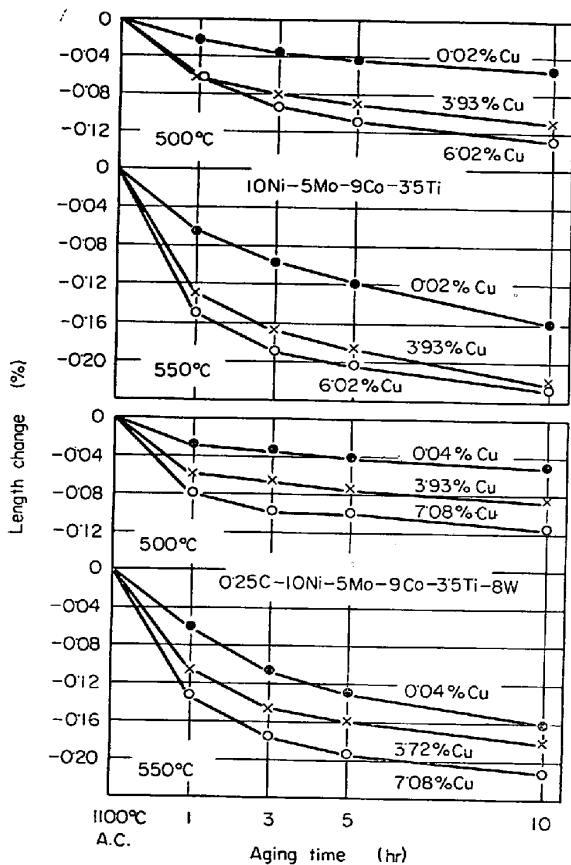


Fig. 3. Dimensional change of grade C and D steels.

3.6 摩耗特性

型材は耐摩耗性の良好なことが要求される。よつて試験条件を最終荷重 3.3 kg, 摩擦距離 200 m, 相手円板 (30 mm φ × 3 mm) は軸受鋼 2 種の焼鈍材を用いて比摩耗量を測定し, Fig. 4 の結果を得た。比較材には 18% Ni マルエージング + 2.3% Ti 鋼を用いた。18% Ni 標準型マルエージング鋼は 0.51 m/sec で 9×10^{-6} mm²/kg, 0.94 m/sec で 4.3×10^{-6} mm²/kg であり, これらと比較して良好である。また耐摩耗性の向上を目的とした D 系は非常に良好であつた。

3.7 靱性試験

型材にとっては靱性の良いことも重要である。靱性試験にはいろいろの方法があるが, 著者らは試験材の制約から耐圧強度 (最大圧縮応力) 試験を行なつた。試験片は 7 φ × 10 mm を使い, 1100°C 溶体化, 550°C × 5hr の処理後試験した。比較材には SKD-11 (1.53% C, 0.33% Si, 0.30% Mn, 0.12% Ni, 12.05% Cr, 1.02% Mo, 0.34% V) と析出硬化型高速度鋼の COH (0.10% C, 0.32% Si, 0.30% Mn, 0.09% Ni, 2.30% Cr, 25.15% Co, 20.47% W, 0.91% V) を用いた。Cu の影響は顕著ではなく, C 系, D 系ともに 280 kg/mm² 前後で SKD-11 の 260 kg/mm², COH の 190 kg/mm² と比較して良好であつた。

3.8 組織

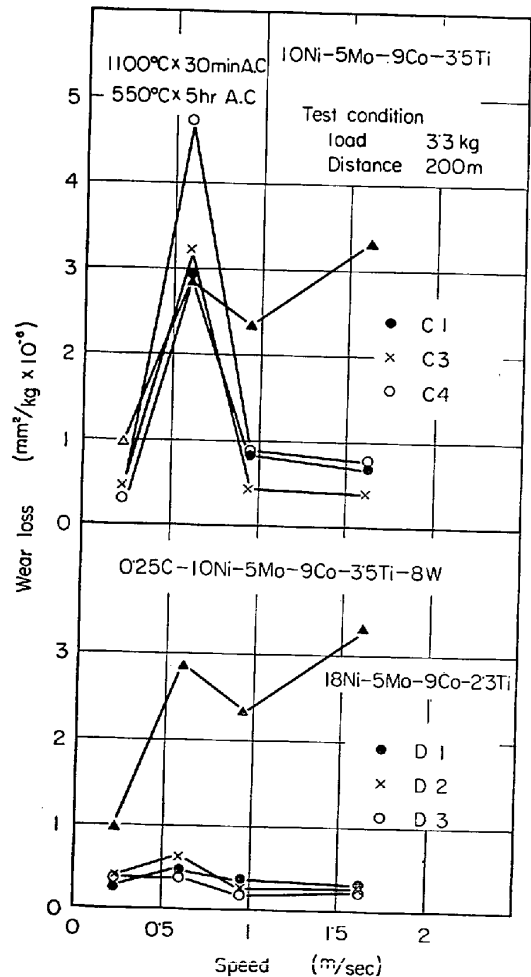


Fig. 4. Wear resistance of grade C and D steel.



a) C-3 1000°C×30min A.C., b) C-3 1050°C×30min A.C.
c) D-1 1000°C×30min A.C., d) D-1 1150°C×30min A.C.
Photo. 1. Microstructures of C-3 and D-1 steels
(as solution).

Photo. 1に C-3 および D-1 の溶体化組織を示す。C-3 の1000°C 溶体化での未溶解化合物はX線回折の結果 Fe_2Mo の回折結果が得られた。また D-1 の溶体化状態で多数存在する未溶解化合物は 10% クエン酸ソーダ溶液で電解分離後抽出残渣をX線回折した結果、TiC および Fe_2W であつた。

4. 結 言

精密型材に適するマルエージング鋼として、経済的な 10 Ni マルエージング鋼について実験を行なつたところ次の結果が得られた。

1) 10Ni-5Mo-9Co-3.5Ti 系では溶体化硬度は約 HRC 40 である。これに 4%Cu 添加で最高時効硬度約 HRC 60 が得られた。

2) 0.25C-10Ni-5Mo-9Co-3.5Ti-8W 系には Cu の影響はなく、1150°C 溶体化、550°C × 10hr 時効で最高硬度 HRC 63 が得られた。以上両系とも 30hr までの時効では、オーステナイトの形成は認められなかつた。

3) 最適処理 1100°C 溶体化、550°C × 5hr 時効による寸法変化は、10Ni-5Mo-9Co-3.5Ti-4Cu は 0.19%、0.25C-10Ni-5Mo-9Co-3.5Ti-8W は 0.13% の収縮であつた。

4) 耐摩耗性は良好で、とくに C および W を含む D 系はすぐれている。

文 献

1) R. F. DECKER, R.B.G. YEO: Materials in Desi-

- gn Engineering, (1962), May p. 106
- 2) H. R. SMITH and R. E. ANDERSON: Metal Progress, (1962), Nov. p. 103
- 3) A. R. POTEROKI: Metal Progress, (1962) Oct. p. 100
- 4) R. F. DECKER: Trans. Amer. Soc. Metals, 55 (1962), p. 58
- 5) 特公昭 39-12233 (INCO)
- 6) D. H. YATES and J. C. HAMAKER: Metal Progress, (1966) Aug. p. 75
- 7) G. P. MILLER and W. I. MITCHELL: J. Iron and Steel Inst. (U.K.), (1965), Sept. p. 899
- 8) J. R. MIHALISIN and C. G. BIEBER: J. Metals, (1966) Sep. p. 1033
- 9) D. I. PETERO and C. R. CUPP: Trans. Met. Soc. Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 236 (1966) Oct. p. 1420

時効硬化性型鋼の研究*

特殊製鋼技術研究所

工博 日下邦男・下尾聡夫・松岡滋樹

Study on the Precipitation Hardening Type Die Steels

Dr. Kunio KUSAKA, Tosio SHIMOO
and Shigeki MATSUOKA

1. 緒 言

打抜型あるいはそのほかの精密型をつくる場合に、まずオス型をつくり、これをメス型の素材中に押し込んでメス型をつくり、つぎにメス型を時効硬化させて型製作を完了させる方法がある。この場合メス型に使用する材料はもちろん時効硬化性を有することが必要であるが、そのほかに時効硬化にさいし体積の膨張がないことを要求される。また時効硬度は十分高いことが必要である。切削によつて型をつくる場合でも精密型用としては時効硬化性鋼が適する。時効硬化性鋼としては、3.5%Ni-1%Al¹⁾、5%Ni-2%Al²⁾、3%Ni-3%Mo³⁾ および 18%Ni マルエージング⁴⁾鋼があるが、これらはいずれも時効硬度が HRC 52 以下であり、耐摩耗性も小さく実用としては不適である。また時効硬化性高速度鋼 20%W-25%Co 合金⁵⁾は、時効硬度は高いが靱性不足である。耐摩耗性の向上には、時効硬化で基地の硬度を高めるとともに、炭化物を適当に分散させることが効果的であると考えられる。18Ni マルエージング鋼に Ti を 2.3%加えたもの⁶⁾および 10Ni-10Mo-18Co マルエージング鋼は、時効硬度は HRC 60 以上で基地の硬度としては十分であると考えられるのでわれわれは、これに C および W を添加して、変態点、硬度、組織、寸法変化、耐摩耗性、靱性などの試験を行ない、その影響を調べた。

2. 供 試 材

本研究に用いた供試材の成分を Table 1 に示す。試料は 3kVA 高周波誘導炉で溶解、500g 鋼塊とし、1200

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 161 昭和42年5月10日受付