

り 6-5-4-2 タイプのバイトの切削性能は 18-4-1 タイプと 18-4-1+5Co タイプのほぼ中間に位することが明らかとなつた。

#### (6) その他

高温硬度, 比重, 加熱冷却変態点, 線膨脹係数等を求めて 6-5-4-2 タイプ高速度鋼の特性を明らかにした。

#### IV. 結 言

6-5-4-2 タイプ高速度鋼の諸性質を従来のタングステン型高速度鋼 18-4-1 タイプおよび 18-4-1+5Co タイプと比較し, この種モリブデン-タングステン型高速度鋼の性能が極めて優秀であり, かつ, 素材製造および工具熱処理上の取扱が極めて容易であることを確めた。

主なる結果を列挙すればつきのごとくである。

1. 6-5-4-2 タイプ高速度鋼は溶解, 鍛造, 圧延, 中間焼鈍等の各種製造工程上なら特別な困難をともしない。
2. 焼入温度は 18-4-1 タイプおよび 18-4-1+5Co タイプに比べてかなり低く有効温度範囲はこれらとほぼ同程度である。焼戻温度に関しても類似の関係が成立する。
3. 焼戻後の最高硬度 Rc 65~66 が得られ, タングステン型高速度鋼とほぼ同値である。
4. 熱処理時の脱炭の感受性は 18-4-1 タイプおよび 18-4-1+5Co タイプよりもむしろ小さく焼入操作上なら危険をともしない。
5. 酸化性はやや大きい, ケース焼鈍, ソルトバス加熱等をおこなう限り実際面においてはなら問題とならない。
6. ドリルによる切削試験の結果によれば 6-5-4-2 タイプの切削性能は 18-4-1 タイプを凌ぎ, また熱処理条件の如何によつては 18-4-1+5Co タイプの性能を凌ぐ可能性もある。
7. バイトによる切削試験の結果によれば 6-5-4-2 タイプの切削性能は 18-4-1 タイプと 18-4-1+5Co タイプのほぼ中間に位する。
8. 6-5-4-2 タイプは 18-4-1 タイプ, 18-4-1+5Co タイプに比べていちじるしく優れた靱性を有している。
9. 焼入温度が低いために 18-4-1 タイプ, 18-4-1+5Co タイプに比し熱処理による変形が極めて小さくなる可能性がある。

### (40) LCN 155 耐熱鋼に及ぶ Cb, N<sub>2</sub> の影響

(溶体化処理後の焼戻過程の析出について—I)  
Effects of Cb and N<sub>2</sub> on the LCN 155 Heat-Resisting Steel

(On the Precipitation in Tempering after Solution Treatment)

T. Masumoto.

東北大学金属材料研究所 工博 今井 勇之進  
東北大学工学部大学院 工〇増本 健

#### I. 緒 言

当研究室において, 先に耐熱鋼 Timken に関する研究結果を発表したが, それに続いて“LCN 155 耐熱鋼におよぼす Cb, N<sub>2</sub> の影響”, とくに焼戻過程の析出について報告する. 本材料には Cb 1% および N<sub>2</sub>, C 各 0.1~0.2% 含有されている故に Dulis および Smith が 18 Cr-8 Ni-Cb 鋼の研究で報告しているように, 溶体化処理後も Cb の炭化物, 窒化物の存在が考えられる. 故に筆者達は Cb および N<sub>2</sub> の本合金の時効性におよぼす効果を調べるために, Cb, N<sub>2</sub> の有無による焼戻過程の析出変化を硬度, 熱膨脹, 比熱, 顕微鏡組織により調べ, さらにその析出物を電解抽出し, X線分析, 化学分析により構造, 種類を決定し電子顕微鏡により析出物の形状を観察した。

#### II. 試 料

実験に使用した試料の化学分析値は Table 1 に示した. なお N<sub>2</sub> の添加は高窒素低炭素フェロクロムを使用した。

#### III. 実験方法

熱膨脹測定には 5φ×70mm の棒状試片を使用し, 示差膨脹により測定した. 中性体は 1250°C に溶体化処理をおこなつた後, 1050°C まで焼戻したものと, 試料 No. 6 の Fe-Cr-Ni-Co を真空溶解したものを使用した. 比熱測定には 18φ×20mm 円筒状試片を, 硬度および顕微鏡試料には 10φ×5mm の試片を使用し, 硬度は普通ヴィッカーズ硬度計および微小ヴィッカーズ硬度計を用い各試料 3 個づつ 5 点平均をおこなつた. 電解抽出にはディラト試片を用い, 電解条件は, 検討した結果, HCl 5~10% 溶液, 電流密度 10mA/cm<sup>2</sup> が最適であつた. X線分析は CrKα (filter V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) を用い Debye-Scherrer 法によりおこなつた。

#### IV. 実験結果および考察

##### 1) LCN 155 実用材の焼戻過程の変化

本材料 (No. 3~No. 4) を溶体化処理後焼戻した場合の熱膨脹, 比熱変化を測定した結果, 450~550°C および 750~1000°C に二段の析出変化が見られた. ただ,

Table 1. Chemical composition.

	C	Si	Mn	Co	Cr	Ni	W	Mo	Cb	N <sub>2</sub>	Fe
No. 1	0.24	0.26	0.38	21.32	19.68	19.00	2.90	2.98	—	0.014	Bal.
No. 2	0.20	0.35	0.40	20.63	19.80	17.84	2.39	3.34	1.38	0.018	//
No. 3	0.08	0.78	1.30	20.80	22.28	21.24	2.40	3.46	1.12	0.163	//
No. 4	0.15	0.57	1.42	19.93	19.63	20.24	2.52	3.22	0.90	0.06	//
※No. 5	0.15	—	—	20	20	20	2.5	3	—	0.15	//
※No. 6	—	—	—	20	20	20	—	—	—	—	//

### ※ Additions

各温度に 1h 焼戻し、後空冷した場合の硬度変化では、第一段析出による硬化はほとんど認められず、約900°Cの第二段析出温度でいちじるしい硬化を示した。さらに熱膨脹測定によると、第二段析出は約 1000°C で完了し以後 1050°C 附近から析出物の固溶化が始まり 1150°C ではほぼ完全に溶解する。再溶解後ふたたび徐冷すると 1150°C ~ 900°C で完全に析出を完了する。顕微鏡組織では第一段では青白色の凝集した析出物が主に粒内に見られ、第二段では微細な黒色析出物が粒界に析出する。さらに温度を上げると、まず粒界析出物が漸次消失し、その後粒内の青白色析出物が溶解するようである。1150°C 以上で完全に析出物が溶解した温度でもなお少量の白色析出物が一様に分布し、さらに腐蝕すると黒い細かい析出物が見られた。黒い析出物は 1200°C で消失するが白色析出物は 1350°C でもなお存在し 1400°C では消失する。

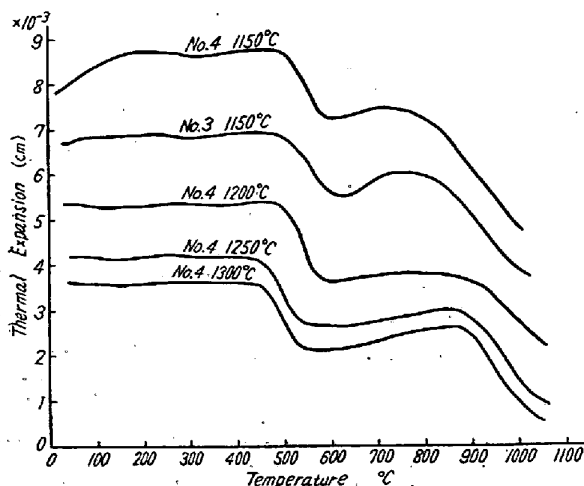


Fig. 1. Effect of solution treatment temperature for dilatation curve.

### 2) 溶体化処理温度の焼戻過程におよぼす影響

熱膨脹、硬度、顕微鏡組織により調べたが、一例として Fig. 1 に試料 No. 3 および No. 4 の溶体化処理温度を変えた場合の焼戻熱膨脹変化を示した。図より判ることは、溶体化処理温度は析出量より、むしろ析出温度

析出過程に大きい影響を与えることである。すなわち溶体化処理温度の高い程、第一段析出後の第二段析出を安定化すると考えられる。ここで注目すべきことはこの二段析出の間に膨脹変化が見られることで、とくに 1150°C で溶体化処理をおこなつたものはいちじるしい。

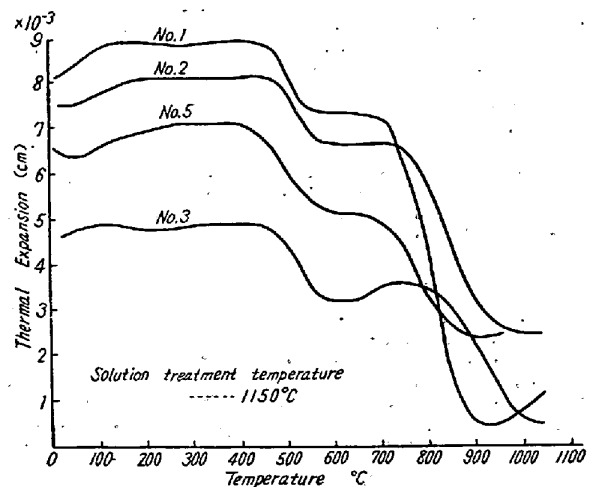


Fig. 2. Effect of elements (Cb, N<sub>2</sub>) for dilatation curve.

### 3) 焼戻過程におよぼす Cb, N<sub>2</sub> の影響

一例として Fig. 2 は各試料を 1150°C 1h 溶体化処理後の熱膨脹変化を示した。いずれも二段変化を生ずるが Cb, N<sub>2</sub> 添加の有無により析出温度、析出過程、析出量に大きい影響を与え、とくに第二段析出過程におよぼす影響が大きい。このことは普通硬度、微小硬度、顕微鏡組織上でも認められる。また溶体化処理温度を変化させた場合も研究したが本報では省略する。

### 4) 600~750°C での焼戻時効

600~750°C 迄の焼戻時効における溶体化処理温度および Cb, N<sub>2</sub> の影響について熱膨脹、普通硬度計、微小硬度計、ならびに顕微鏡組織により調べた。これによると Cb, N<sub>2</sub> の添加は析出速度、析出過程に大きい影響を与える。一例として 700°C におよそ 100 時間保持した結果析出速度は No. 3 が最も遅く、No. 2, No. 1 の順に早くなる。このことは硬度の上でもいえることで、No. 1 が最も硬化が早い。その顕微鏡組織を見ると確か

に析出物に変化が見られた。

5) 析出物の種類および構造

以上、間接的方法で時効過程におよぼす Cb, N<sub>2</sub> の影響、溶体化処理の影響等を研究したが、さらにその機構をくわしく調べるため、X線、電子顕微鏡その他の方法により研究した。ただし今回はX線回析による各種試料の析出物および溶体化処理温度以上で存在する析出物についてのみ発表する。

この結果については紙面の都合上省略し、発表の際報告する。

以上極く簡単に実験結果および考察を記した。

(41) 数種のフェライト系耐熱鋼の高温機械的性質と耐酸化性について

On the Mechanical Properties at Elevated Temperature and Properties for Oxidation in Some Heat Resisting Steels of Ferrite System.

T. Kuno, et alius.

日立製作所 安来工場

工博 小柴定雄・〇九重常男

I. 緒言

フェライト系耐熱鋼はオーステナイト系耐熱鋼にくらべ加工がはなはだ容易でかつ廉価なる特徴を有しているが、一方 650°C 以上の高温において急速にその耐熱性を減少するため英国以外の諸外国ではほとんど研究されていなかった。しかし最近にいたりガスタービンの原価低減のため耐熱材料の適在適所がさげられタービンディスク、テールコン等にフェライト系耐熱鋼が広く使用されんとしている。筆者らは古くからフェライト系耐熱鋼の性能改善のため種々の基礎的実験をおこなっているが、今回は現在使用されている耐熱鋼のうちで比較的優秀な性質を有する数種を選びその高温における諸性質を明らかにした。試料の化学成分を Table 1 に示す。

II. 実験結果

実験に用いた試料は 50 kg 高周波電気炉にて 50 kg 鋼塊を熔製しこれを 15 mm 角に鍛伸して試料として用いた。

まず各試料の油中冷却の場合の焼入温度と硬度との関係をみるに、1,100°C までの焼入温度では A および E は

Table 1. Chemical composition of specimens.

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Co	Nb
A	0.06	0.20	0.37	0.007	0.008	0.12	13.50	—	—	—	—	0.32
B	0.04	0.14	0.40	0.013	0.010	0.13	14.86	—	1.85	—	—	—
C	0.20	0.31	1.01	0.014	0.016	0.32	11.78	4.21	—	0.27	—	—
D	0.19	0.28	0.96	0.015	0.015	0.06	12.25	2.81	—	0.27	4.99	—
E	0.17	0.31	1.04	0.011	0.020	0.16	11.65	—	2.05	0.24	—	—
F	0.22	0.27	0.71	0.024	0.009	0.98	12.47	1.04	1.18	0.40	—	—
G	0.17	0.27	0.28	0.011	0.024	0.21	10.90	—	0.54	0.77	—	0.16

Table 2. Mechanical properties at room temp., 600°C and 650°C of testing temperature

	Heat treatment before testing	Room temperature			600°C			650°C		
		Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Elongation %	Impact value kg m/cm <sup>2</sup>	Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Elongation %	Impact value kg m/cm <sup>2</sup>	Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Elongation %	Impact value kg m/cm <sup>2</sup>
A	1050°C oil quenched, 650°C tempered	56.5	26.3	1.8	29.6	33.6	26.0	22.6	37.0	24.9
B	〃	56.0	28.8	5.6	26.0	41.5	25.8	21.0	44.2	23.5
C	1040°C oil quenched, their lift up at about 700°C	107.5	12.4	4.9	48.5	28.5	16.2	45.4	29.7	13.0
D	950°C oil quenched, 650°C tempered	113.8	16.1	7.4	54.1	26.0	11.2	46.4	31.4	12.0
E	1040°C oil quenched, their lift up at about 700°C	95.8	17.5	9.0	44.5	28.8	12.7	36.0	33.2	12.0
F	1040°C oil quenched, 620°C tempered	131.4	14.0	6.5	66.6	18.9	11.5	53.5	23.3	11.7
G	1150°C air cooled, 650°C tempered	117.0	13.8	4.6	63.0	11.5	7.0	44.5	15.5	9.5