

技術論文

多合金系ロール材の特性に及ぼすC、V、Coの影響

Effect of C, V, Co Contents on Characteristics of Multi-component Roll Materials



CPC技術開発室

李平

hei ri

技術開発部付部長

斉藤 弘道

Hiramichi Saito

要旨

0.8~2.0%C、9%Cr、4%Mo、5%W、1~5%Vおよび1~10%Coを含有する多合金系ロール材の組織および特性について調査した。本合金組織はMC、M₂Cカーバイドおよびマトリックスから構成されている。硬さ、耐摩耗性は、C量、Co量の増加およびV量の減少につれて高くなるが、一方耐食性については、先の例とは逆に、C量、Co量を低くし、V量を増加させた方が良いことがわかった。これらの材質特性は、CバランスおよびCo量が組織形態に影響を与えていることを示唆している。

Synopsis:

We studied the structure and characteristics of a multi-component roll material containing 0.8~2.0%C, 9%Cr, 4%Mo, 5%W, 1~5%V and 1~10%Co. The study showed that this alloy is composed of MC and M₂C carbides and matrix, that the more C and Co and the less V, the higher its hardness and wear resistance become, and that to the contrary, to improve its corrosion resistance, C and Co should be reduced and V increased. These characteristics suggest that C balance as well as Co content influences the structure of the alloy.

1 緒言

近年の圧延ラインにおいては、高圧下、高速連続圧延化、ステンレス鋼や珪素鋼のような難圧延材の増加、あるいは製品の薄物化が進み、ロール、ローラの使用条件が苛酷の一途をたどっており、より高性能なロール、ローラが要求されるようになった。当社は、圧延用ロール、ローラ材の耐用を向上するため、合金元素を適量に加えることによって、MC、M₂Cカーバイドを晶出させ、M₇C₃カーバイドの粗大化を抑制すると同時に、カーバイドの量、分布、形状、サイズの改善およびマトリックスの強化を図った多合金系ロール材、すなわち多種類の合金元素を含有するロール材を開発してきた^{1) 2)}。

圧延用ロール、ローラは当社の主要なCPC製品の一つであり、また、国内外の製鉄所において広く採用されていることから、多合金系ロール材の成分および特性をより深く追求することによって、更に使用特性の向上を図りたいと考えている。そこで本研究では、ロール、ローラの寿命を

大きく左右するロール材の硬さ、耐摩耗性および耐食性を最重視し、C、V、Co含有量を変化させることによって、多合金系ロール材の特性を総合的かつ系統的に研究し、多合金系ロール材の特性に及ぼすC、V、Coの影響を把握するとともに、使用特性に合った材質を選定、適用することを目的とした。

2 実験方法

2.1 供試材

鉄鉄、軟鋼、フェロマンガン、フェロシリコン、フェロクロム、フェロバナジウム、フェロモリブデン、フェロタングステン、金属コバルトなどを原料として、高周波誘導炉で溶解し、CPC法（連続注入クラッド法）を用いて多合金系の複合ロールを製造した。複合ロールの外層から供試材のサンプルを切り出した。サンプルの化学組成はTable 1に示す。供試材の焼準温度は1050℃とし、その後の焼戻し温度を520℃、550℃および580℃の3水準とした。

Table 1 Chemical compositions of specimens (mass%)

Specimen	C	Cr	Mo	W	V	Co	Remarks
①	0.85	9.13	4.17	5.06	0.95	1.07	1V
②	0.84	9.04	4.09	4.95	2.04	0.94	2V
③	0.79	8.92	3.99	5.17	4.97	1.11	5V/1Co
④	0.83	9.09	4.12	4.88	5.08	4.86	5Co
⑤	0.82	9.16	4.16	5.09	4.90	9.91	10Co/0.8C
⑥	1.24	9.02	4.11	5.12	5.04	10.04	1.2C
⑦	1.57	8.87	4.19	5.03	4.89	9.85	1.6C
⑧	2.04	8.91	4.14	4.87	5.02	10.08	2.0C

2.2 実験方法

光学顕微鏡によって、供試材の組織を観察した。また供試材のカーバイドを同定するためにX線回析 (Co-K α) を行った。

摩耗試験は、150rpmで回転する#220のサンドペーパーに、9 kgfの荷重で、形状10×10×20mmのサンプルを押し付け (中心より60mm)、10分後の摩耗減量を測定し、摩耗減量を試験面の面積で除した値を求め、耐摩耗性を評価した。

腐食試験は、コンデンサーを有する三角フラスコの中に、熱間圧延設備用冷却水を入れて、60℃に保持し、形状30×15×3 mm (孔 ϕ 3 mm) のサンプルを浸漬することによって、サンプル表面を腐食させ、150時間経過した後、表面の腐食生成物を除去し、腐食減量を試験片表面積で除した値を求め、耐腐食性を評価した。水質は次の通りである。

pH=8.2 電気伝導度=1577 μ S/cm Cl^- =368.6mg/l
 SO_4^{2-} =86.2mg/l Mアルカリ=92.2mg/l

3 実験結果および考察

3.1 ミクロ組織

サンプルのミクロ組織写真は、Fig.1に示すように、基本的には板状カーバイド、粒状カーバイドおよびマトリックスから構成されている。①、②、⑤～⑧材質はマルテンサイト相のマトリックスが認められるが、③、④材質については未変態組織であることがわかる。ここでのカーバイドは、X線回析パターン (Co-K α) によって、供試材の8材質ともに、MCおよびM₂Cカーバイドから構成されていることがわかった。

C量、V量の晶出カーバイド量に及ぼす影響は、C量が多いほど、晶出カーバイド量が多く、同一のC量の場合、高VのほうがMCカーバイド量が多くなる傾向が認められる。また、Co量の影響については、高Co材のほうがマルテンサイト相を得やすいことが認められる。

3.2 硬さ

供試材焼準後の硬さおよび焼戻し温度による硬さの変

化をFig.2に示す。供試材の8材質ともに、550℃までの焼戻し温度で、硬さがわずかに上昇し、二次硬化が見られ、550℃以上の焼戻し温度では、硬さが低下する傾向が認められる。硬さに及ぼすC量、V量、Co量の影響をFig.3に示し、C量、Co量が多いほど、供試材の硬さが高く (Fig.3(a)、(c))、同一C量の場合、低Vのほうが硬さが高くなる傾向が認められる (Fig.3(b))。

3.3 耐摩耗性

供試材の耐摩耗性を比べるため、1050℃焼準・550℃焼戻し後のサンプルを用いて、摩耗試験を行った。その結果をFig.4に示す。耐摩耗性は③、②、①、④、⑤、⑥、⑦、⑧材の順に高くなることが認められる。耐摩耗性に及ぼすC量、V量、Co量の影響はC量、Co量が多いほど、供試材の耐摩耗性が高く (Fig.5(a)、(c))、同一C量の場合、低Vのほうが耐摩耗性が高くなる傾向が認められる (Fig.5(b))。この傾向は硬さに及ぼすC量、V量、Co量の影響と同様である。

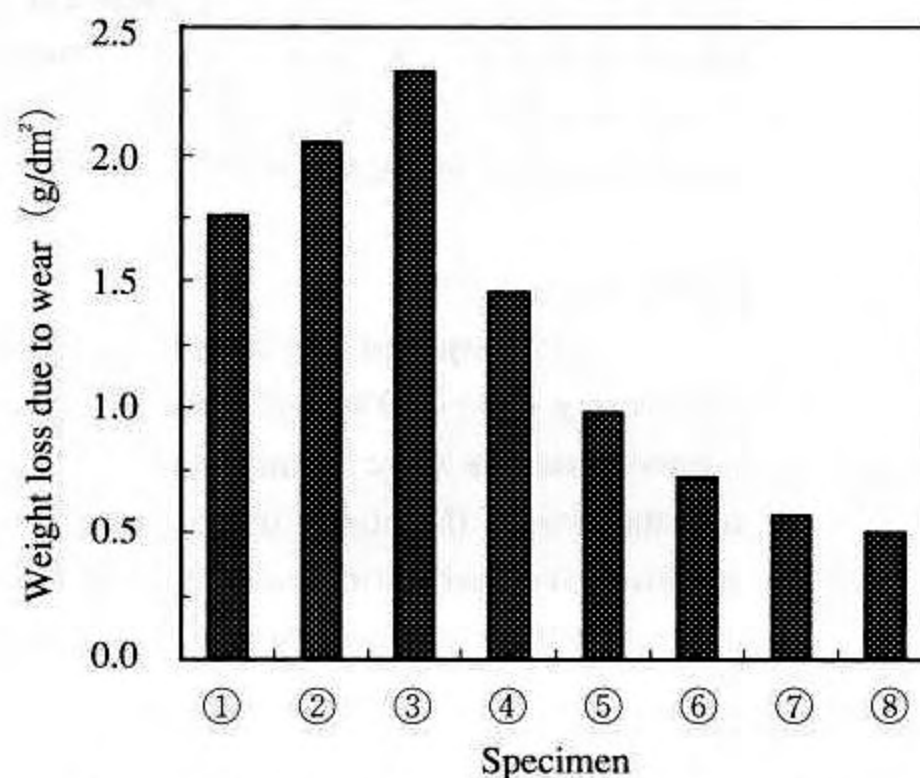


Fig.4 Results of the wear test for the materials tempered at 550℃

3.4 耐食性

ロール、ローラは腐食を主体とした磨耗が発生する場合があるので、供試材の耐食性を比べるため、1050℃焼準・550℃焼戻し後のサンプルを用いて、腐食試験を行った。腐食サンプルを60℃の実ミル冷却水中に浸漬し、150時間までの腐食減重量を測定した。その結果をFig.6に示す。腐食時間が長くなると、減重量が増加するのは当然であるが、150時間の結果を見ると、耐食性は①、②、⑧、⑦、⑥、⑤、④、③材の順に高くなることがわかる。耐食性に及ぼすC量、V量、Co量の影響をFig.7に示し、C量、Co量が少ないほど、供試材の耐食性が高い (Fig.7(a)、(c))。同一C量の場合、高Vのほうが耐食性が高くなる傾向が認められる (Fig.7(b))。耐食性に及ぼすC量、V量の影響は上記耐摩耗性の場合と逆の傾向となっていることがわかった。

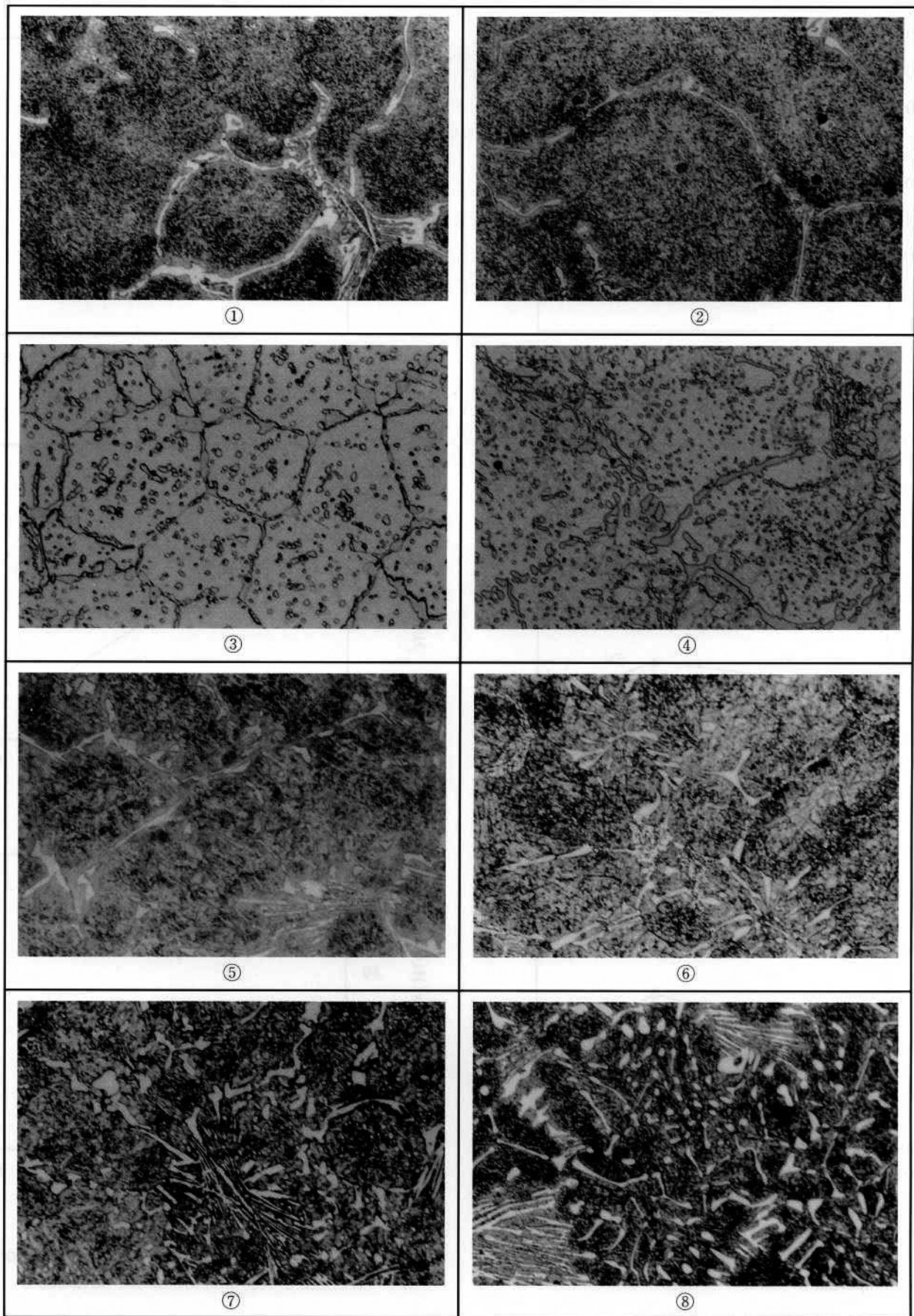


Fig.1 Optical micrographs of the specimens tempered at 550°C

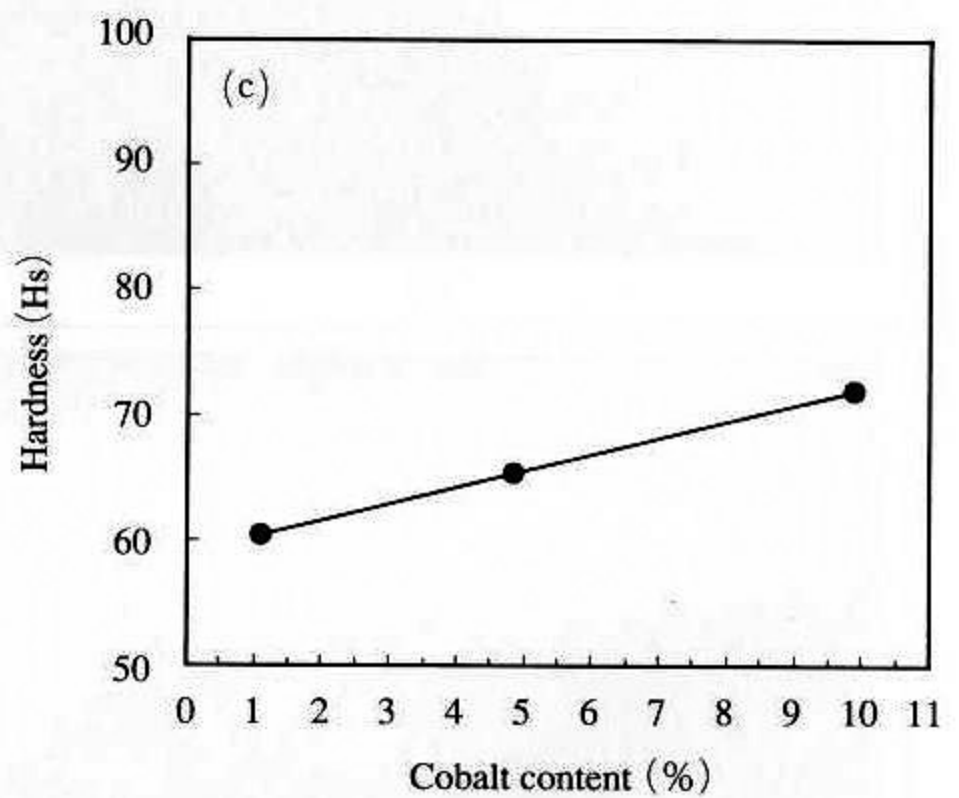
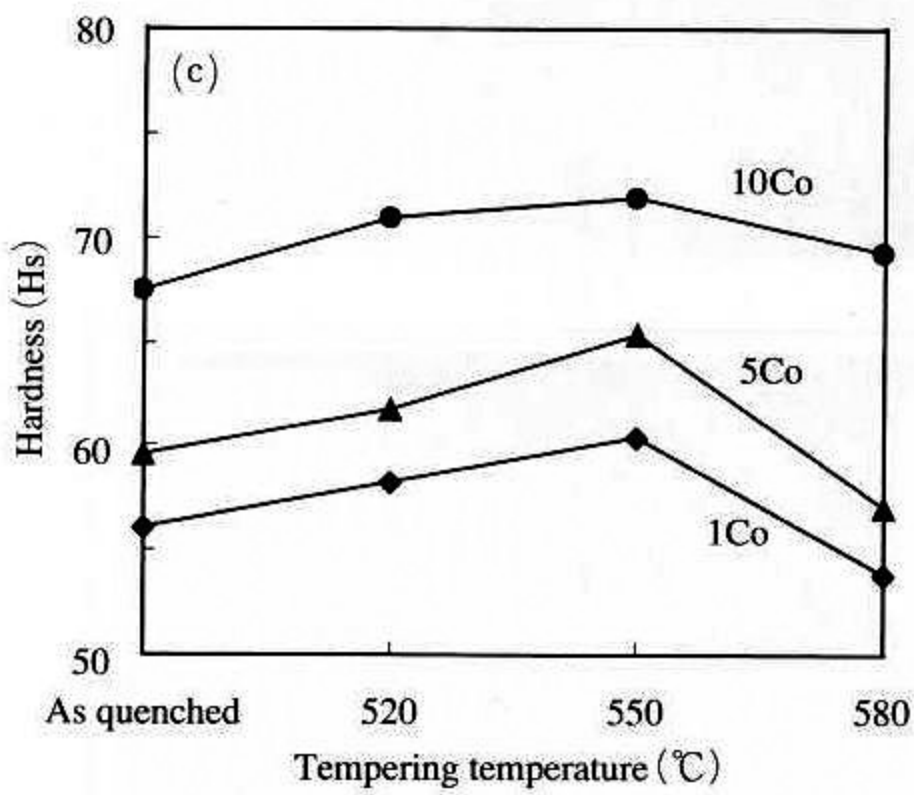
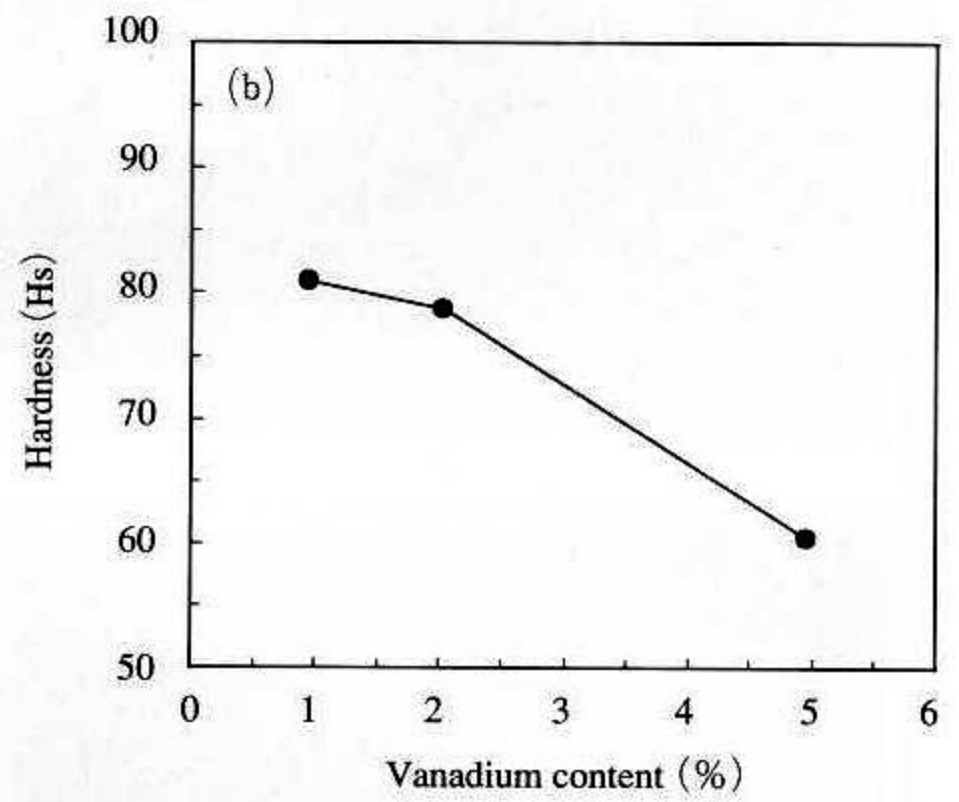
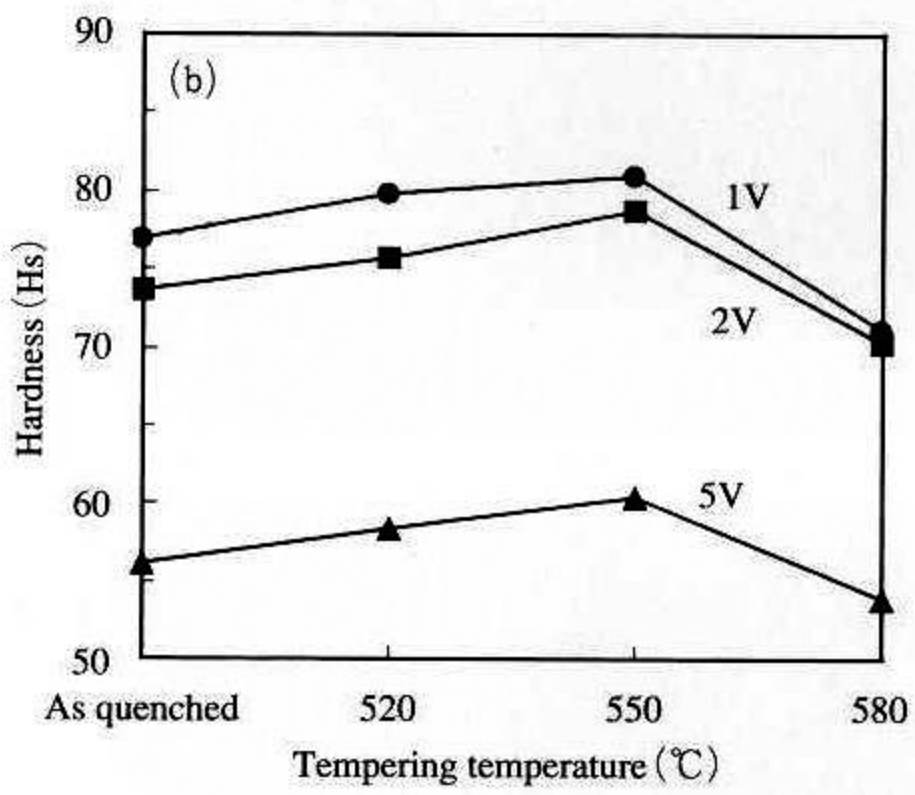
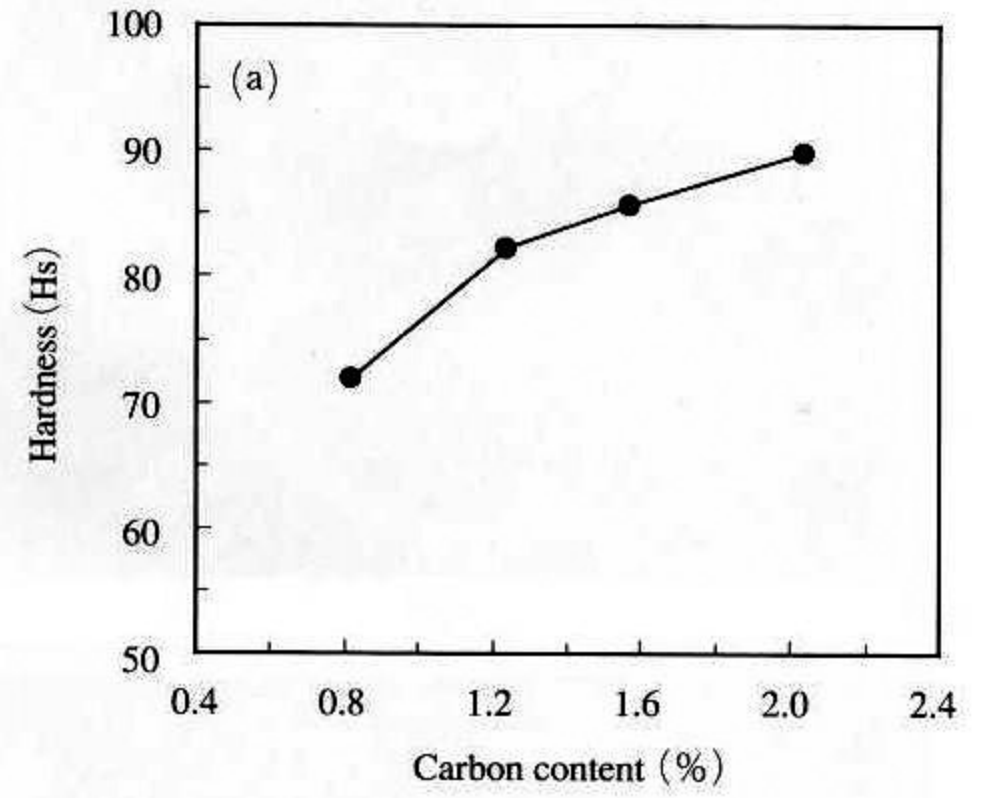
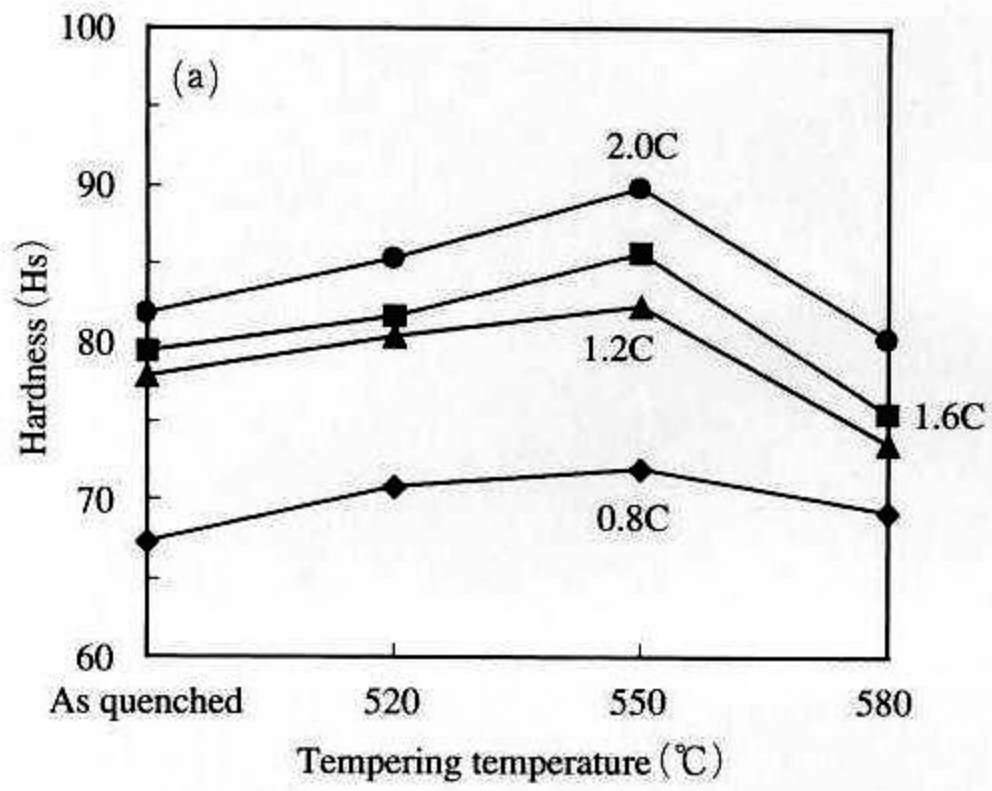


Fig.2 Change in hardness as a function of heat treatment temperature

Fig.3 Effect of Carbon, Vanadium, Cobalt content on the hardness of the materials tempered at 550°C

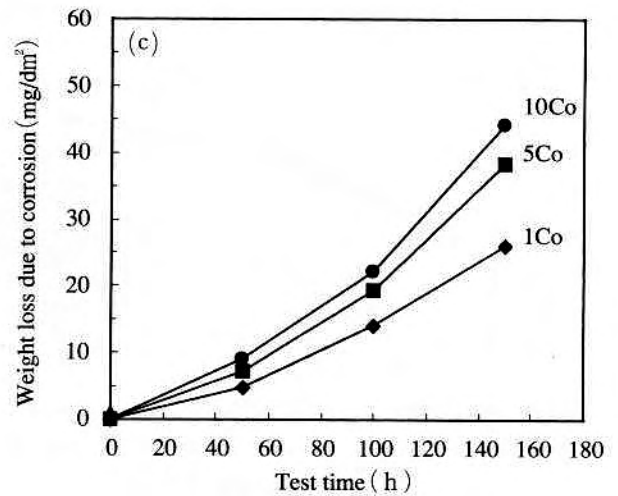
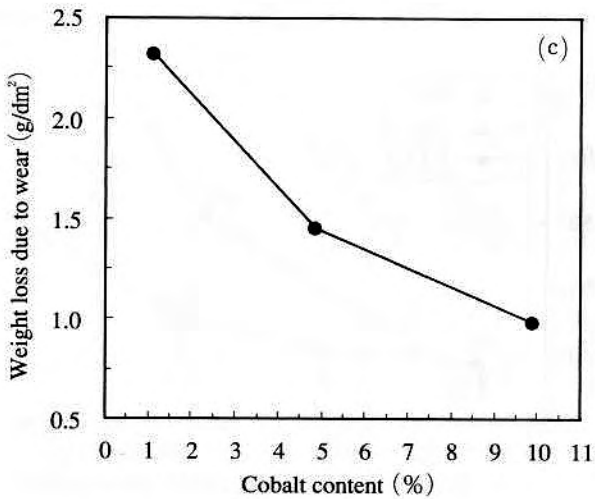
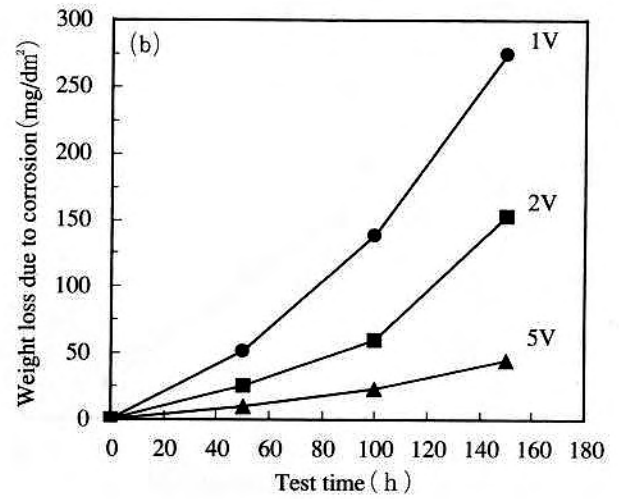
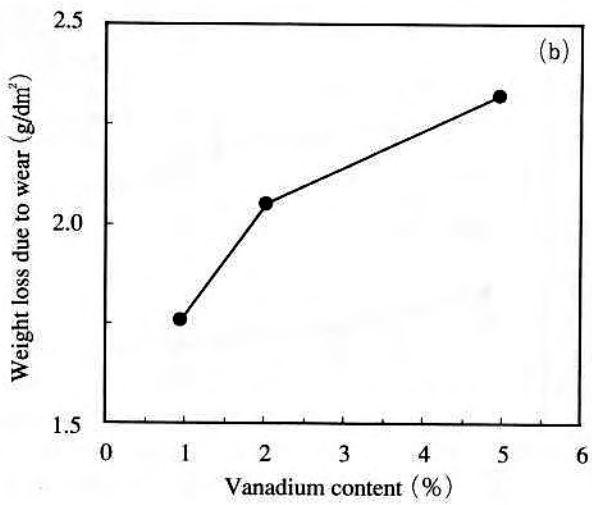
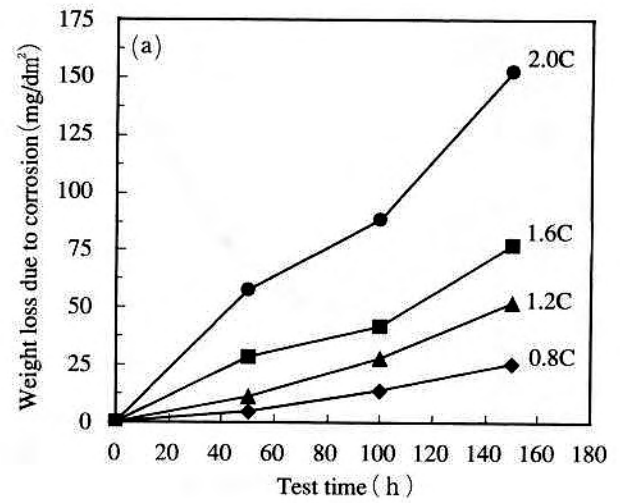
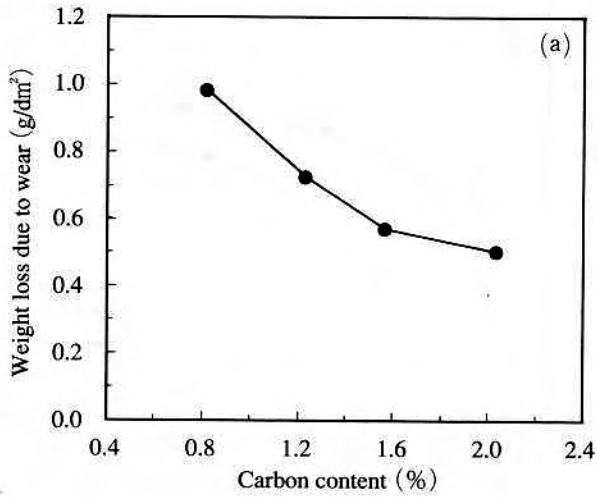


Fig.5 Effect of Carbon, Vanadium, Cobalt content on the wear resistance of the materials tempered at 550°C

Fig.6 Results of the corrosion test for the materials tempered at 550°C

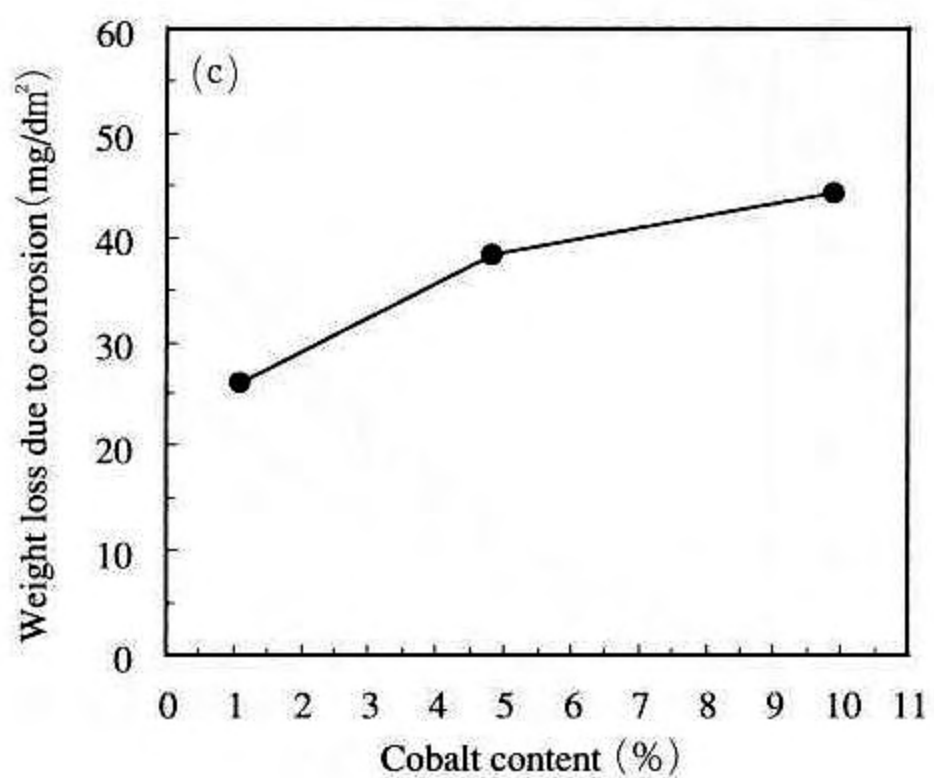
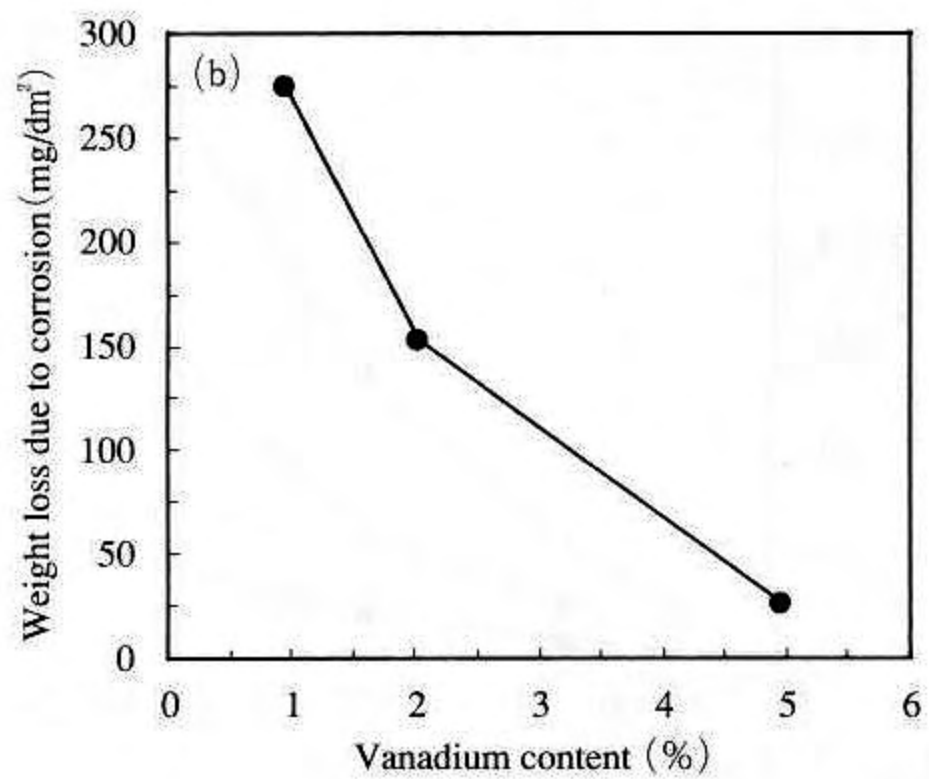
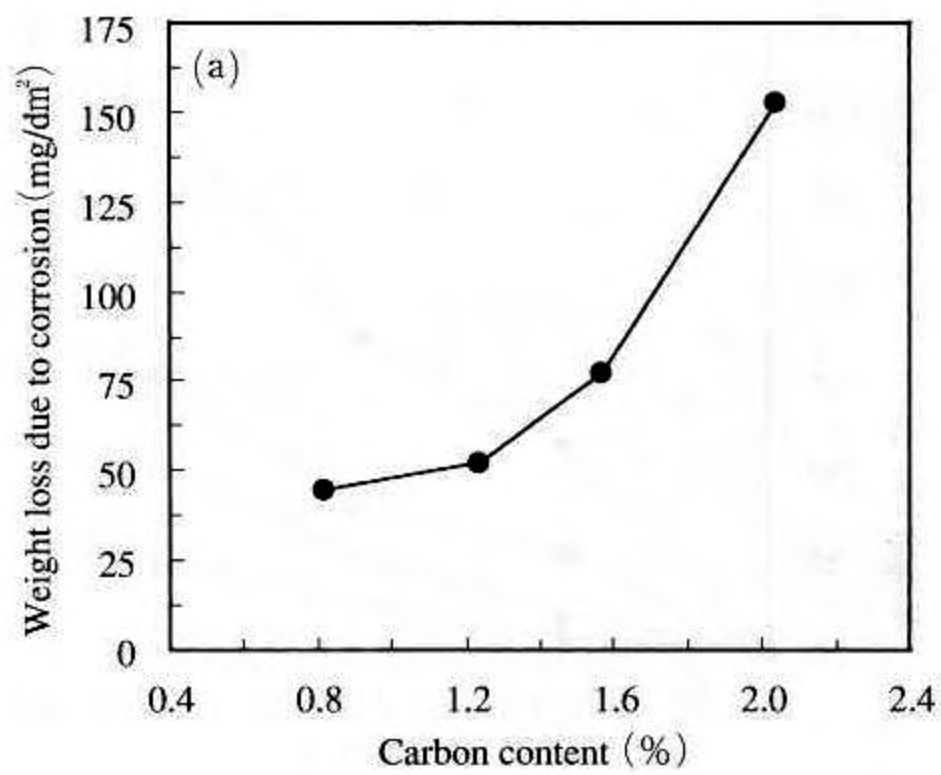


Fig.7 Effect of Carbon, Vanadium, Cobalt content on the corrosion resistance of the materials tempered at 550°C

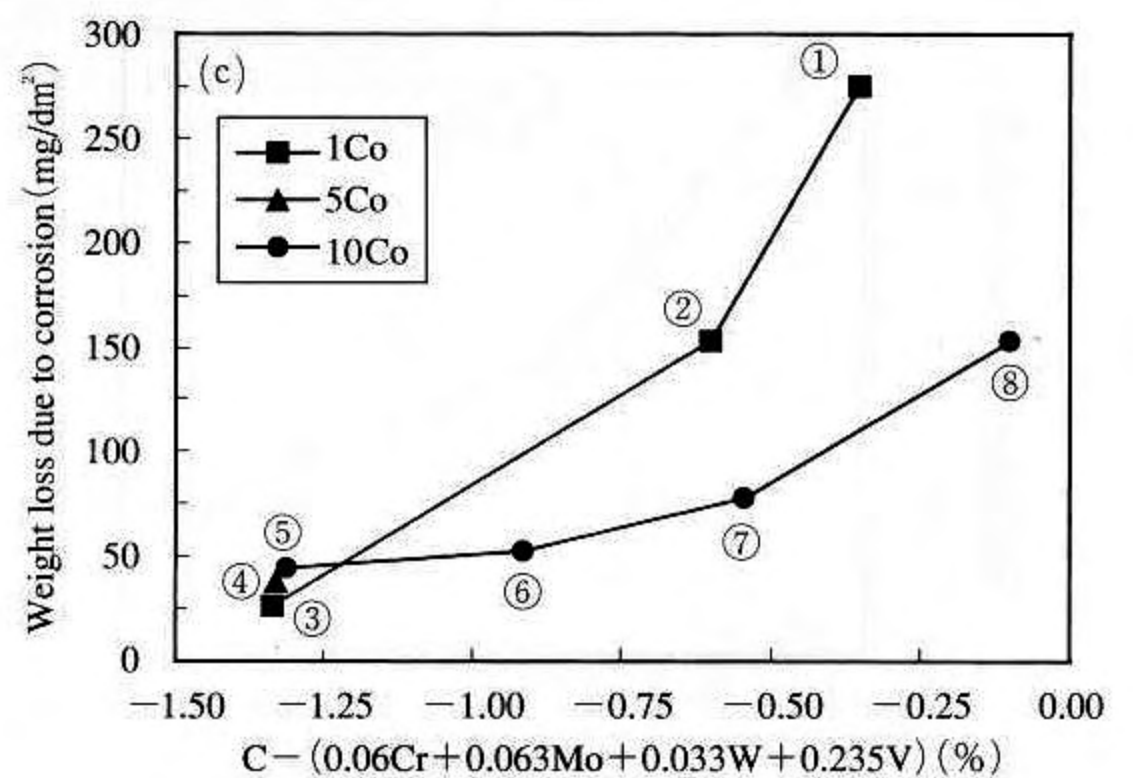
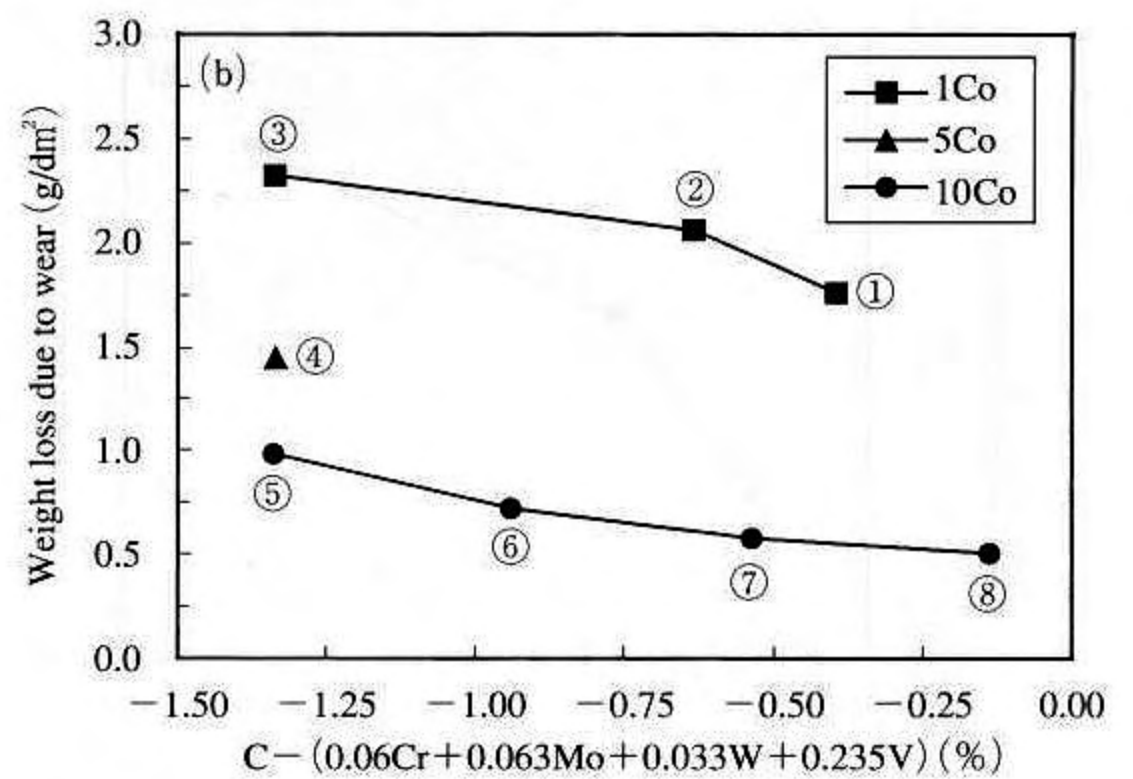
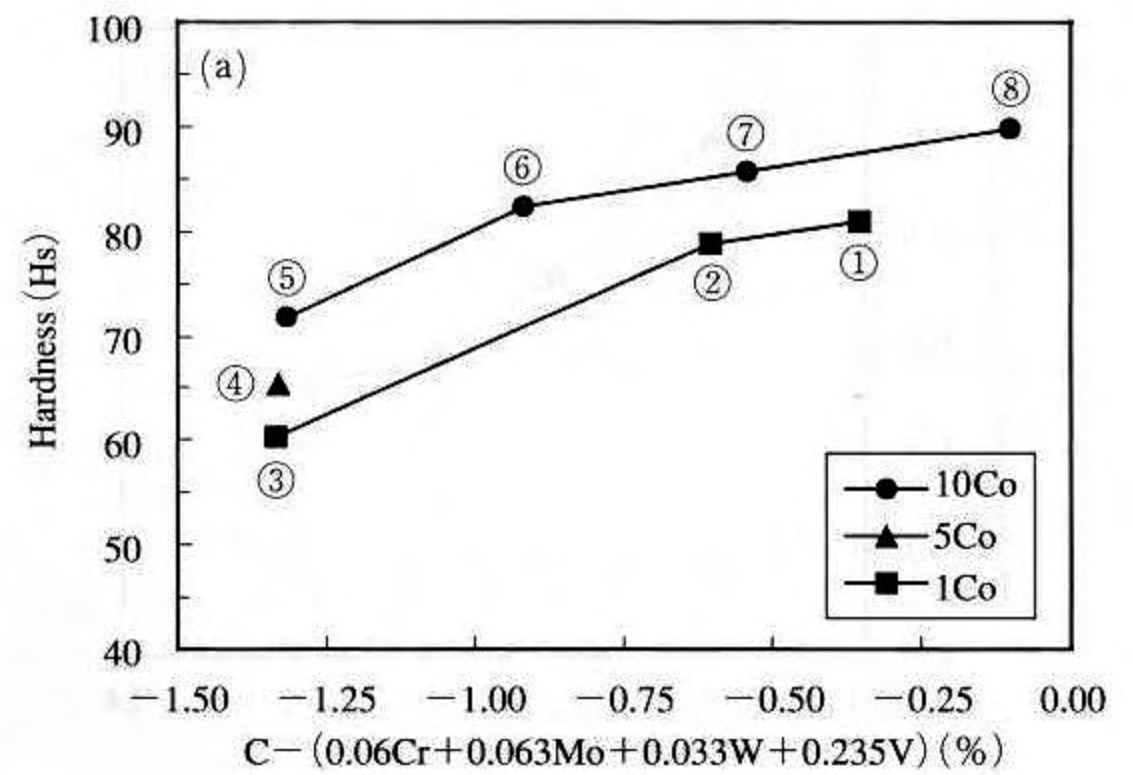


Fig.8 Effect of {C-(0.06C+0.063Mo+0.033W+0.235V)} on hardness, wear resistance and corrosion resistance of the materials tempered at 550°C

3.5 考察

以上の結果より、0.8C-1~5V-1Co材について、硬さ、耐摩耗性は③、②、①材の順、耐食性は①、②、③材の順に高くなり、0.8~2.0C-5V-10Co材については、硬さ、耐摩耗性は⑤、⑥、⑦、⑧材の順、耐食性は⑧、⑦、⑥、⑤材の順に高くなることが認められる。

材質特性は材質の化学組成、特にマトリックス中のC比率に大きく左右されるので、供試材マトリックス中に固溶C比率の程度および順序を知ることが必要と考えられる。マトリックス中のC比率の正確な測定は困難であるので、次式^{3) 4)}のCバランス (C_{bal}) によりマトリックス中の比率の大小を推定する。

$$C_{bal} = \text{試料のC\%} - C_{stoich}$$

$$= C\% - (0.060Cr\% + 0.063Mo\% + 0.033W\% + 0.235V\%)$$

ここで C_{stoich} は試料に含有する合金元素に対する化学量論的 (Stoichiometric) バランスである。各サンプルの C_{stoich} を求め、Cバランス (C_{bal}) を計算すると、Cバランスは次の順に高くなることが認められる。

0.8C-1~5V-1Co材

$$\text{③材}(C_{bal} = -1.335) < \text{②材}(-0.603) < \text{①材}(-0.351)$$

0.8~2.0C-5V-10Co材

$$\text{⑤材}(C_{bal} = -1.311) < \text{⑥材}(-0.913) < \text{⑦材}(-0.541) < \text{⑧材}(-0.096)$$

Cは合金元素の中のカーバイド形成元素と結合した残りがマトリックス中に分配するので、Cバランスが高いほど、マトリックス中に固溶するC比率は高いと考えられ、マトリックス中のC比率は上の順序で高くなると推測される。

1050℃焼準・550℃焼戻し後のサンプルの硬さ、耐摩耗性、耐食性とCバランス (C_{bal}) との関係を整理し、その結果をFig.8に示す。Cバランス (C_{bal}) が低くなると、硬さ、耐摩耗性は低下し (Fig.8(a), (b))、耐食性は顕著に向上する傾向が認められる (Fig.8(c))。Cバランス (C_{bal}) が同じ値の場合、Co量が多いほど、硬さ、耐摩耗性が高く、耐食性が低い。このことはCoの増加に伴う、マトリックス中へのC固溶比率の増加によるものと考えられる。

4 まとめ

Cr、Mo、W量を一定とし、C、V、Co量をそれぞれ0.8~2.0%、1~5%、1~10%の範囲に変化させた多合金系ロール材の組織および特性を調べた。その結果を要約すると、次の通りである。

(1) 組織はMC、 M_2C カーバイドおよびマトリックスから構成されている。C、V量が多いほど、晶出カーバイド量が多い。Coはマトリックスに対する影響が大きい。

(2) 硬さ、耐摩耗性は、C量、Co量の増加およびV量の減少につれて高くなる。

(3) 耐食性は、低C、低Coおよび高Vのほうが高くなる。

(4) 材質特性は各元素の含有量に左右され、総合的に、Cバランスによって決定される。Cバランスが低いほど、耐食性が高くなり、耐摩耗性、硬さが低くなる。また、Cバランスの影響を与える元素の他に、Coも材質の特性を向上する効果が顕著に認められる。

参考文献

- 1) 坂本真一、玉川進、斉藤弘道、津田篤信、山本厚生：フジコー技報，No.3 (1995)，p.10
- 2) 坂本真一、斉藤弘道、山本圭太郎、山本厚生：フジコー技報，No.4 (1996)，p.20
- 3) G.Steven, A.E.Nehrenberg and T.V.Philip: Trans.ASM, 57 (1964), p.925
- 4) 松原安宏、笹栗信也、本田義興、武宏強、橋本光生：鋳物，66(1994)，11, p815