

669.14.018.25:669.15'26'27'74-194.2-157-159.2  
(144) 熱処理した Mn-Cr-W 系不変形用

工具鋼の性質におよぼす合金元素の影響

東京工業大学 63334

○漆原富士夫・野呂久男・工博 横山均次  
横浜市立大学 工博 松倉恒夫

Effects of Alloying Elements on the Various Properties of Heat-Treated Mn-Cr-W Non-Deforming Tool Steels.

Fujio URUSHIHARA, Hisao NORO,

Dr. Kinji YOKOYAMA and Dr. Tuneso MATUKURA.

I. 結 言 1533~1535

C 約 1%, Mn 約 1%, Cr 0.5~1%, W 0.5~1% を含有する工具鋼は JIS, SKS 3 種に相当し、いわゆる不変形用鋼として精密機械器具に広く用いられている。著者らはこの種の鋼の熱処理変形におよぼす Mn, Cr, W の個々の影響についてはすでに報告<sup>1)</sup>したが、本報告はさらにこの種の鋼の熱処理挙動におよぼす合金元素の組合せによる影響について検討した結果を報告する。

II. 試料および実験方法

この研究に使用した 12 種の鋼試料は既報<sup>1)</sup>と同一のものであり、その主要成分を Table 1 に示す。実験は前報<sup>1)</sup>の場合と同様に、ツアイス社製万能測長機による長さ変化の測定、磁化の強さ、ロックウェル C 硬度の測定および顕微鏡組織の観察などをおこなったほか、本実験では本多-佐藤式膨張計による焼戻し示差膨張実験(5 mm φ × 長さ 70 mm 試験片)をおこなった。また本実験では焼入条件は一定とし、真空中で 950°C × 20 分加熱後油冷した。またサブゼロ処理の影響を調べるため、油冷後液体窒素中に 20 分保持した。

III. 実験結果

鋼 S1~12 の焼鈍 (780°C × 1h 炉冷) 試料を村上氏液で腐食した顕微鏡組織では小粒の炭化物が均等に分布していたが、Cr 含有量の多い試料にはこのほかに比較的大粒で赤褐色の初析炭化物が切れた網状に少量認められた。これらの炭化物は焼入試料の組織には、いずれの鋼試料にもほとんど認められず、950°C 加熱により合金

Table 1. Steels investigated.

Steels	Chemical composition (%)				
	C	Si	Mn	Cr	W
S 1	0.91	0.49	0.85	0.53	1.02
S 2	0.91	0.46	1.05	0.54	1.09
S 3	1.00	0.44	1.41	0.54	0.98
S 4	0.89	0.28	0.81	0.55	0.44
S 5	1.02	0.21	1.22	0.53	0.29
S 6	1.07	0.23	1.27	0.52	0.37
S 7	0.92	0.23	0.78	1.04	0.86
S 8	1.07	0.26	1.12	1.08	0.92
S 9	1.05	0.23	1.36	1.13	0.86
S 10	1.07	0.24	0.87	1.10	0.33
S 11	1.04	0.23	1.12	1.09	0.35
S 12	1.03	0.22	1.37	1.04	0.37

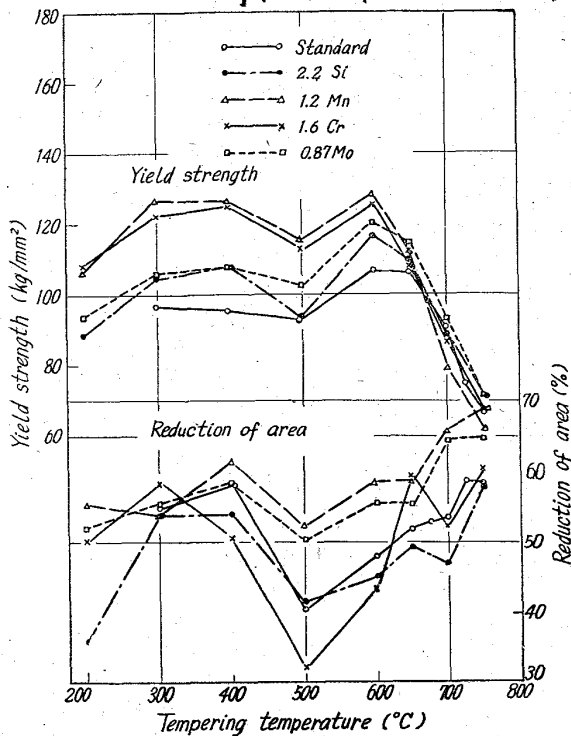


Fig. 3. Effect of alloying elements on tensile properties.

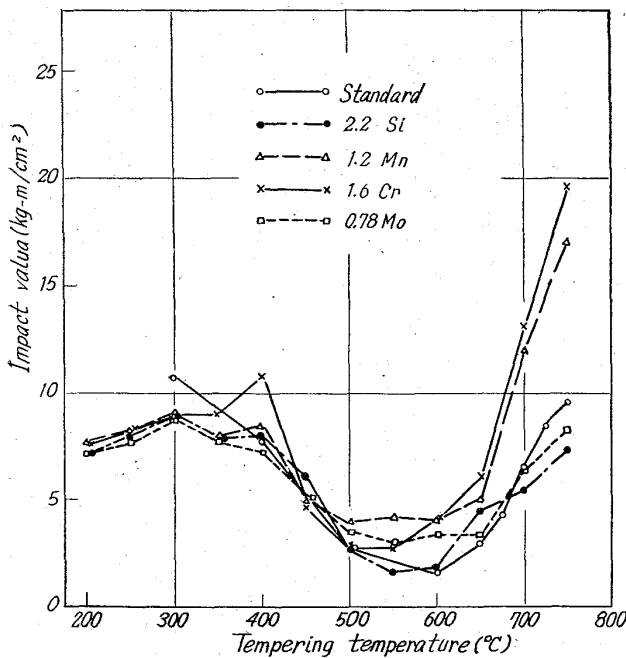


Fig. 4. Effect of alloying elements on impact value.

一般に油焼入材は、空冷材に比して衝撃性質が良好であるが、300°C 近辺の低温焼もどしを行なった空冷材は同一硬度の油冷材に比してすぐれた衝撃性質を有している。

文 献

- 1) 邦武, 加藤, 長谷川: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 560~562

元素はすべてオーステナイト中に固溶したものとみなすことができる。このことは、この種の鋼に焼鈍状態で $\theta$ および $\epsilon$ の2種の炭化物が存在し、これらの炭化物はともに容易にオーステナイト中に固溶することによるものと考えられる。Fig. 1は焼入れおよびサブゼロ試料の硬度、長さの変化率、磁化の強さを各鋼試料に対し示したものである。焼入試料において鋼に含有するC, Mn, Cr量が増せば残留オーステナイト量を増してこれらの諸性質はいづれも減少することは既報<sup>1)</sup>とよく一致しており、このようなことはサブゼロ処理後にも認められる。

つぎに焼鈍試料を中性体として、焼入れおよびサブゼロ試料の焼戻し示差膨張曲線を400°Cまで測定した。その結果を、Fig. 2に合金元素量の少ない鋼の例としてS1試料、多い鋼の例としてS12試料について示したが、各鋼試料についての結果をまとめればつぎのようであった。

焼戻しの第1段階の温度範囲は、焼入れ、サブゼロの両試料においてそれぞれ90°~200°Cおよび60°~200°Cに認められた。合金元素量が増せば焼入試料ではその温度範囲はせまくなるが、サブゼロ試料では広がっている。これは合金元素量が大きくなれば前者は残留オーステナイト量の増大によるマルテンサイト量の減少が影響し、後者ではマルテンサイトの濃度が大きであることによるものと考えられる。また各鋼試料を比較して第1段階の収縮開始温度は残留オーステナイト量が多いと高温側に移り、従つてサブゼロ試料は焼入試料に比べて収縮が低温で始まっている。つぎに第1段階における各鋼試料の収縮量をサブゼロ試料によつて比較すれば、合金元素量の異なる鋼は収縮変化が大きい。このようなことは既報<sup>1)</sup>において焼入試料について認められたことであるが、本実験によつてサブゼロ試料にも認められた。こ

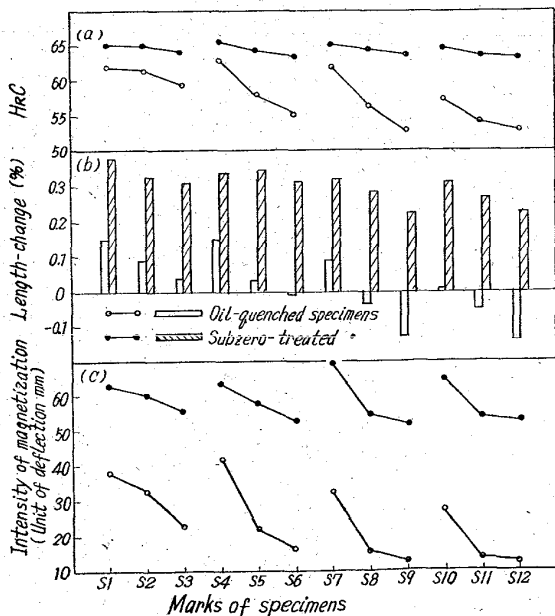


Fig. 1. Hardness, length-change and intensity of magnetization, due to oil-quenching from 950°C and quenching followed by subzero-treatment.

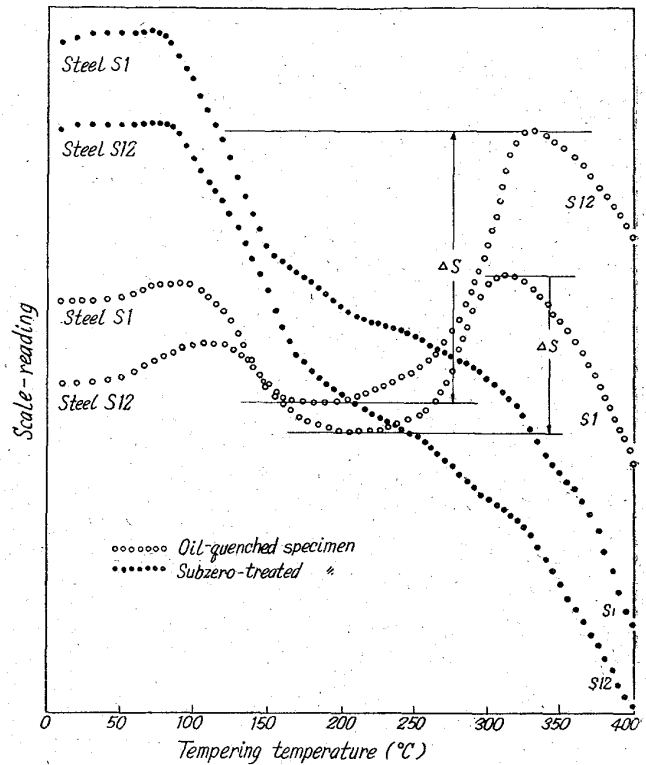


Fig. 2. Differential dilatation curves of tempering in specimens of steel S1 and S12.

ことはサブゼロ試料において合金元素量が大きくなれば第1段階の温度範囲が広がることとともに、マルテンサイトの濃度の大小による影響と考えられる。つぎに焼戻しの第2段階の温度範囲は、焼入試料は190°~330°C、サブゼロ試料では250°C~330°Cに認められたが、サブゼロ試料では残留オーステナイト量が少ないためその分解による膨張はあまり明瞭ではない。合金元素量が増せば、焼入試料においては、第2段階の温度範囲は広くなり、また膨張開始温度は低温に移るが、サブゼロ試料では明らかでない。また第2段階における各鋼試料の膨張量を焼入試料によつて比較すれば、合金元素量の異なる鋼は膨張変化が大きい。

つぎに以上の実験結果において、合金元素量と焼入試料の残留オーステナイトおよび諸性質との関連をさらに明らかにするために以下の考察をおこなつた。Fig. 1に示した結果より、諸性質のサブゼロ処理後の変化量 $\Delta H$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta I$ を求め、また焼入試料の顕微鏡組織を観察し、点算法により残留オーステナイト量 $\gamma\%$ を求めた結果をそれぞれ各鋼試料について示したものがFig. 3(a)~(d)である。つぎに示差膨張曲線においてFig. 2に例示したように各鋼試料について焼戻しの第2段階の山の高さ $\Delta S$ を求め、 $\Delta S/\gamma$ の値即ち単位量のオーステナイトが分解した際のスケール変化を同図(e)に示した。この値は各鋼のオーステナイトに含有する合金元素濃度の影響を表はすものと考えられる。これらの(a)~(c)図と(d), (e)図の間にはよい対応がみられる。

つぎにこれらの残留オーステナイトの挙動についてさらに追求するために前報<sup>1)</sup>の結果からC当量を求めることを試み、それによつて考察を行なつた。すなわちFig. 3(f)は各鋼試料のC, Mn, Cr, W%をすべてC%

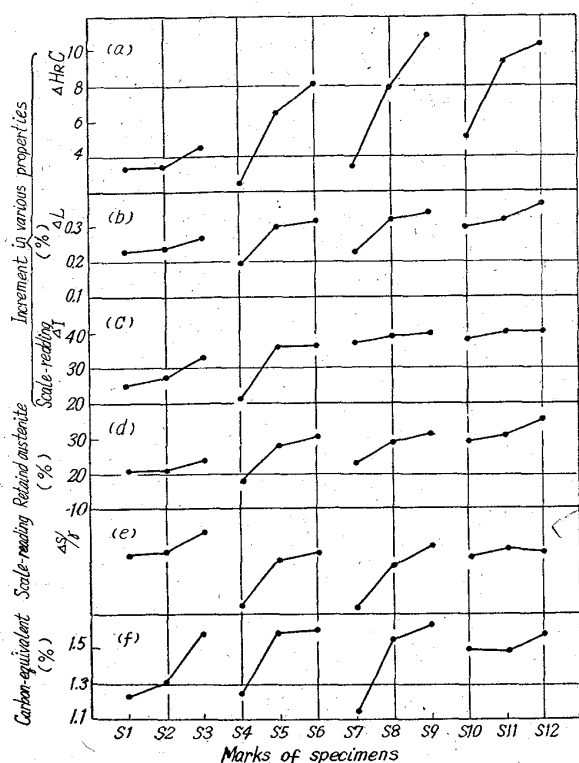


Fig. 3. (a)~(c) Increment in various properties due to quenching followed by subzero-treatment. (d) Amount of retained austenite in quenched steels. (e) Change of scale-reading in differential dilatation curves due to decomposition of retained austenite of unit volume. (f) Carbon-equivalent of steels.

に換算した総量をその鋼の C 当量として表はしたもので、換算はつぎの方法によつた。既報<sup>1)</sup>において述べたように、この種の鋼において、焼入れによる長さの変化率が零となるような焼入れ温度  $T_Q$  は、 $T_Q(°C) = 1365 - 294(C\%) - 138(Mn\%) - 15(Cr\%) + 32(W\%)$  で示される。この式の各項の係数より、Mn, Cr, W のそれぞれ 1% に相当する C% として、Mn の C 当量は  $138/294 = 0.47\%$ 、Cr の C 当量は  $15/294 = 0.05\%$ 、W の C 当量は、 $-32/294 = -0.11\%$  と定めた。Fig. 3 をみるにこのようにして求めた各鋼の C 当量の関係と (a)~(e) 図とはよい対応を示している。従つてこの種の鋼において、化学成分より C 当量を求めればその鋼の焼入れ時の性質変化を推定するに便利と思はれる。このような方法は実験試料の各成分元素量にばらつきのある場合や、実用合金を取扱う場合などに有効であると考えられるので、本実験に用いた鋼とほぼ同様な鋼種について実験された山中、日下<sup>2)</sup> および小柴、九重<sup>3)</sup> のデータに対し、本実験の C 当量を適用し検討したところ、両氏の結果はよく一致していることが確かめられた。

IV. 結 言

C 約 1%, Mn 0.8~1.4%, Cr 0.5~1.1%, W 0.3~1.1% の成分範囲の低合金工具鋼 12 種について、950°C 焼入およびサブゼロ試料の性質、焼入試料の残留オーステナイト量および示差膨張実験による焼戻しの変化など

を測定し、合金元素量を C 当量で表はすことを試み、この鋼の性質との関連について対比研究した。その結果によればこの種の鋼の性質の変化は C 当量とよく対応することがみられた。

文 献

- 1) 横山, 松倉, 漆原, 島田: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 680~684
- 2) 佐藤, 西沢, 大橋: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 54~58
- 3) 山中, 日下: 鉄と鋼, 42 (1956), p. 111~116
- 4) 小柴, 九重: 日本金属学会誌, 16 (1952), p. 220~225

669.14.018.258:669.15'24'28-194  
 =621.785.78.011:620.172.2:620.178

(145) 0.2% C を含む Ni-Mo 鋼の析出硬化特性および機械的特性におよぼす時効温度と時間の影響

(析出硬化型熱間工具鋼の研究—II)

愛知製鋼

63335  
 赤沢 唯一・小田 昭午  
 鈴木三千彦・林 健次

Effects of Aging Temperature and Time on the Precipitation Hardening and Mechanical Properties of Ni-Mo Steel Containing 0.2% Carbon.

(Study on precipitation hardening hot-work die steels—II)

1535~1537  
 Ichi AKAZAWA, Shōgo ODA,  
 Michihiko SUZUKI and Kenzi HAYASHI

I. 緒 言

従来の熱間工具鋼は鍛造用としては (Ni)-Cr-Mo-V 系の中炭素合金鋼、プレス、ダイカスト型用としては 5%Cr 基または 5%W, 10%W 基の合金鋼が用いられてきたが最近 Mo-炭化物の析出硬化を利用した鋼が熱間プレス型として注目をあびてきている。

著者らは Ni-Mo 系析出硬化型鋼の析出硬化の機構を根本的に追求し、また本鋼の析出硬化過程におよぼす種々の合金元素の影響を調査研究し、これらのうち C, Mn の影響については報告してきた<sup>1)</sup>。

本鋼は焼入れ後の焼戻時効により硬化した状態で実用に供されるのであるが、この時効処理により硬度、マイクロ組織および抗張力、伸び、絞り、衝撃値などの機械的性質が大きく変りダイス寿命におよぼす影響は大きいと推測される。今回はこれら諸性質におよぼす時効処理の影響を追求した結果を報告する。

II. 実験試料および実験方法

実験に供した試料の化学組成を Table 1 に示す。この素材を 13φ に鍛伸して 775°C から徐冷して実験に供した。

硬度測定および電子顕微鏡観察: 13φ 鍛伸材を約 8 mm 厚さに切断して 1050°C×30 mn で空冷後 450~650°C 間の一定温度で種々の時間焼戻時効を行なつて硬