

ばね材料に関する研究

(昭和24年4月本會講演大會にて講演)

堀 田 秀 次*

STUDY ON THE SPRING MATERIALS. (1)

Hideji Hotta

Synopsis :

The author carried out the experiments with three varieties of spring materials, i. e. Si-Mn steel, 13% Cr steel and W-Cr steel for parallel slide gate valve at high temperature and pressure.

The experiments were carried out the measurements of tensile test, hardness, microstructure, compression test at room and high temperature at about 500°C.

The results of experiments were concluded that the best spring material was W-Cr steel.

I. 緒 言

一般にばね材料としては種々のものがあり、之が研究發表されたものは可成りあるが¹⁻⁵⁾、本研究に於ては從來研究發表せられたことが極めて稀である高温高圧用バルブのばね材料の研究としてSi-Mn鋼、Cr鋼及び從來ばね材料として研究せられなかつた新材質たるW-Cr鋼等に関して鍛錬熱処理を異にしたばね鋼製品に就て、常温に於ける繰返荷重試験を行ひ、又バルブの張込み長さに於て壓縮し、バルブの使用温度500°C附近に於て熱間壓縮試験を施行し冷却後繰返荷重試験を行ひ、更に素材に於て強度、硬度、顯微鏡組成等を調査して其の性能を比較検討した経過並に成績の概要に就て論述する次第である。

II. 供 試 材 料

本研究に使用したばね材料は次の主成分を有するSi-Mn鋼、Cr鋼並に新材質のW-Cr鋼である。

- (i) Si-Mn鋼 (C 0.55~0.65 Si 1.0~1.3 Mn 0.7~1.0%)
- (ii) Cr鋼 (C 0.3~0.4 Cr 12~14%)
- (iii) W-Cr鋼 (C 0.4~1.1 W 9~12 Cr 2~4%)

III. 試験要領並に成績

上記の3種の鋼材中先づ主としてW-Cr鋼に就て之が製造試験の要領並に経過の概要を述べれば次の通となる。

1) 鍛錬作業

W-Cr鋼は丸棒に壓延した儘の素材をストーカー附

反射爐で加熱し次の要領で鍛錬を施行し断面角形のものとなし之を所要の形状寸法のものに鍛錬で製作した。

火造温度 950°~1,050°C (1,000°C 同様)

C量 0.4~0.55% 程度のものは鍛錬が比較的容易であるが、C 1.1%の如く極めて高いものは鍛錬の際折損し製品とならなかつた。又鍛錬終了温度 700°C以下となると往々にして龜裂を發生する虞れがあるから鍛錬の際には其の温度が之れ以下とならない様に注意することが肝要である。所要の形状寸法に鍛造後は、ばね鋼を所定の螺旋狀に捲付けた。

2) 熱処理作業

W-Cr鋼は鍛造後所定のばね鋼の形状存法に成形し變態點以上の温度から空氣焼入したもの、油焼入油焼戻のもの、衝風焼入空氣焼戻のものその他各種の熱処理方法、温度を異にしたものに就て試験を施行した。又之と13% Cr鋼に就ても熱処理を施して適性試験等を行つた。熱処理用爐としてコークス爐並にエレマ發熱體による電氣爐を用ひ、温度は高温計で計測した。ばね材料は變形せざるやう加熱の際は横に之を置き、又油槽中に冷却の際には特に變形せざるやう注意して行つた。Si-Mn鋼は市販のものを使用した。

3) ばね製品としての荷重試験 (常温及び500°C高温壓縮試験)

上記の如く鍛錬並に熱処理を異にしたばね製品に就て30 tアムスラ式萬能試験機を用ひ常温に於ける繰返壓縮荷重試験を行つた。荷重試験の要領は、常温で各ばね共

* 岡野バルブ製造株式會社行橋工場研究課長
熊本大學工學部。工學博士

全圧縮に到る迄5回宛線返圧縮試験を行ひ、指定荷重迄の圧縮量 (mm) を試験機に取付けたる自記々録装置による荷重一伸曲線より實測し、又指定負荷後の圧縮量 (mm) を實測し之によりばね材としての良否を判定することとした。

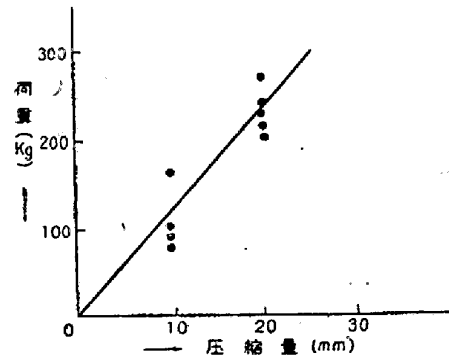
次にばねの 450°C~500°C の高温に於ける使用状態に於ける試験として、バルブ内の所定の張込長さにはばねをボルトで締付けて圧縮し 450°C~500°C にて 5~8 hr 保持し電気爐内に高温熱間圧縮を行ひ、冷却後ばねの自由長の減少をノギスにて實測し、所謂ヘタリの程度並に變形等を調査して良否を判定し其の後更に常温にて前回と同様各5回宛線返圧縮荷重試験を施行し、ばね材料としての良否を判定した。上述の要領ではばね製品に就き比較試験を施行した結果を例示すれば第1表の通りである。

第1表 W-Cr 鋼と 1%Cr 鋼の常温及び高温圧縮試験後の減少自由長の比較成績例。

材質	熱処理	常温に於ける自由長(mm)	500°C 熱間圧縮		
			加熱要領	圧縮後の自由長(mm)	
W-Cr 鋼	800°C~850°C 空気焼入	98.9	負荷 200 kg 及び 150 kg の状態にて加熱。	91.3	7.6
			無負荷無圧縮の状態にて加熱。	105.3	8.2
			負荷 90 kg の状態にて加熱	53.0	41.2
Cr 鋼	1000°C~1050°C 空気焼入	108.9	無負荷無圧縮の状態にて加熱。	106.6	2.9
			負荷 90 kg の状態にて加熱	53.0	41.2
			無負荷無圧縮の状態にて加熱。	105.3	8.2

第1表より判明する通り、W-Cr 鋼と 13%Cr 鋼の常温並に高温に於ける減少自由長を比較検討するに、W-Cr 鋼は負荷 200 kg 及び 150 kg の状態で加熱し、常温との減少自由長が 13%Cr 鋼の負荷 90 kg にて加熱し常温との減少自由長に比較して概して少きこと明瞭にして、之はばねの使用最高温度たる 500°C に於ても W-Cr 鋼の方が 13%Cr 鋼よりも所謂ヘタリの少きことの證左であつて優れ居ることを示すものと謂ひ得る。尙 Si-Mn 鋼に就ても同様の試験を施行したが常温並に高温圧縮後に於ける自由長の減少は 13%Cr 鋼よりも甚しく大で、成績不良であつた。又 W-Cr 鋼製ばね製品の 500°C 附近の高温圧縮後の荷重試験成績例は第1圖に示す通りである。

之が成績は第2表に示す通り。



第1圖 W-Cr 鋼製ばね製品の荷重一圧縮量関係曲線

第2表 W-Cr 鋼製ばね製品の 500°C x 5hr 高温圧縮後の荷重試験成績例

試験回数	種別	自由長 (mm)	指定負荷(200 kg)迄の圧縮量(mm)	指定圧縮後の圧縮量(mm)
第1回		91.3	14	6
第2回		91.3	20	3
第3回		91.3	19	3
第4回		91.3	16	6
第5回		91.3	17	5
平均		91.3	17	4.6
指定		100.0	28	—

(ばね：一内径..96.3mm. 断面寸法..23.3mm x 11.8mm 全捲數..6. 有効捲數：4.)

W-Cr 鋼に就て更に熱処理の温度並に冷却方法を次の如く變化せしめたものに就ても之が影響を試験した。即ち。

- (i) 950°C 油焼入. 650°C 油焼戻のもの。
- (ii) 900°C 衝風焼入. 550°C 空気焼戻のもの。

之等のものに就て常温荷重試験、500°C 熱間圧縮試験並に其の後の常温荷重試験に於ける自由長減少量を測定した成績例は第3表~第5表の通である。

第3表 W-Cr 鋼製ばね製品の自由長減少量に及ぼす熱処理の影響例。(常温試験後)

ばね No.	自由減少量 (mm)	
	950°C 油焼入 650°C 油焼戻	900°C 衝風焼入 550°C 空気焼戻
1	11.1	0.8
2	8.4	0
3	12.8	0.1
4	12.1	0.5
5	12.0	0.5
6	8.0	0
7	8.5	
平均	10.4	0.31

第4表 W-Cr 鋼製ばね製品の自由長減少量に及ぼす熱処理の影響例。
(500°C 熱間圧縮後)

ばね No.	自由長減少量 (mm)			
	950°C 油焼入 650°C 油焼戻	900°C 衝風焼入 550°C 空気焼戻		
1	2.7		3.0	
2	2.2		2.1	
3	3.3		1.9	
4	1.5		10.4	
5	3.4		11.2	
6	4.5		5.8	
7	4.3			
平均	3.7		5.7	

第5表 W-Cr 鋼製ばね製品の自由長減少量に及ぼす熱処理の影響例。
(熱間圧縮後常温試験のもの)

ばね No.	自由長減少量 (mm)			
	950°C 油焼入 650°C 油焼戻	900°C 衝風焼入 550°C 空気焼戻		
1	0		0.2	
2	0		0.1	
3	0.7		0	
4	0		0	
5	0.1		0.1	
6	0.5		0.1	
7	0.2			
平均	0.2		0.08	

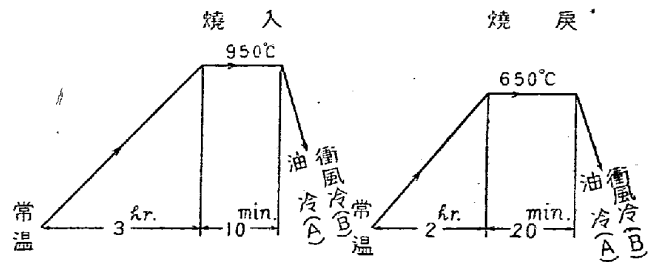
本表によれば 950°C 油焼入, 650°C 油焼戻のものは 900°C 衝風焼入, 550°C 空気焼戻のものに比して常温荷重並に熱間圧縮後常温荷重したもの自由長の平均減少量は概して大であるが, 500°C 熱間圧縮後の自由長の平均減少量は少々小なる値を示して居る。即ち熱処理温度並に冷却方法を異にすることによつて, 自由長減少量に可成りの相違を來すことを本実験によつて知り得た次第である。

4) 顕微鏡試験

W-Cr 鋼を 800°C~850°C 空気焼入したもの、断面に就て顕微鏡試験を施行した結果, 地は概ねソルバイト組織を呈し之に Cr 及び W の炭化物が少量存在しあるのが見受けられる。13% 鋼もソルバイト地に Cr 炭化が少々少量存在してゐる。

5) ばね素材の抗張力試験

W-Cr 鋼製ばね素材を熱処理したもの、抗張力試験を施行する爲 JES 第1號試験片 (平行部の直径 14mm 標点間距離 50mm) を削成した後 950°C 油焼入 650°C 油焼戻のもの並に 950°C 衝風焼入, 650°C 衝風焼戻を行つた。之が熱処理曲線は第2圖の通で抗張試験成績例は第6表に示す。



第2圖 W-Cr 鋼製ばね素材の熱処理曲線

第6表 W-Cr 鋼製ばね素材を熱処理したものの抗張試験成績例

試片記號	焼入	焼戻	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/cm ²	伸 %	切斷位置
A	950°C 油冷	650°C 油冷	128.6	134.5	10.6	C
B	950°C 衝風冷	650°C 衝風冷	111.5	126.9	4.5	C

本表より油焼入焼戻の方が衝風冷のものよりも降伏點抗張力, 伸共に幾分まさつて居る。

6) 硬度試験

W-Cr 鋼製ばね素材を上記の如く熱処理したものの、ショア-硬度測定成績例を示せば第7表の通りである。

第7表 W-Cr 鋼製ばね素材を熱処理したものの、硬度試験成績例

試片記號	熱 處 理		ショア-硬度	
	焼 入	焼 戻	平 均	
A ₁	950°C × 10min 油冷	650°C × 20min 油冷	45	45
			44	
			46	
			45	
			45	
A ₂	"	"	45	46
			46	
			46	
			45	
			46	
B	950°C × 10min 衝風冷	650°C × 20min 衝風冷	40	40
			41	
			40	
			41	
			41	

本成績によれば, 950°C 油焼入, 650°C 油焼戻のものは同温度に衝風焼入及び焼戻のものに比較して硬度が高いが之は熱処理の際の冷却速度の相違に因るものと考えられる。

IV. 總括並に所見

上記諸試験の結果を總括すれば概要次の通である。

- 1) 高温高圧用バルブ (パラレル, スライド, ゲート

バルブ等) に用ふる材料として、Si-Mn 鋼、13%Cr 鋼及び従来ばね材料として一般に研究せられなかつた新材質たる W-Cr 鋼等 3 種のものに就て、鍛錬、熱処理を異にしたばね製品に就て常溫繰返荷重試験、450°~500°C に於ける熱間壓縮試験、素材の強度、硬度、顯微鏡試験等を施行し之が材質の比較検討を行つた。

2) W-Cr 鋼製と 13%Cr 鋼製のばね製品の常溫並に 500°C 附近の高温壓縮荷重試験に於けるばねの自由長減少量を比較するに、一般に新材質たる W-Cr 鋼の方自由長減少量少く、荷重試験成績良好である。Si-Mn 鋼は 13%Cr 鋼よりも更に自由長の減少が甚しい。

3) W-Cr 鋼は抗張試験並に硬度試験成績良好である。

4) W-Cr 鋼製ばねは鍛造の際鍛造温度が餘り低下し過ぎると往々にして龜裂を生ずることがあるから之に注意することが肝要であるが熱処理等を適切に行へば高温高圧用バルブのばね材料として極めて適切なる事を本研究より確認した。

5) Si-Mn 鋼は常溫用バルブのばね材料として適するが高温高圧用バルブには適切なものとは云ひ得ない。

終りに本研究は岡野バルブ製造株式会社岡野社長の御懇篤なる御指導によるものにして茲に深謝すると共に御懇篤なる御鞭撻を賜つた九大工学部教授谷村照博士に感謝し、併せて絶えず實驗に助力された社員江淵悟君の勞を多とする次第である。(昭和 24 年 7 月寄稿)

文 献

- 1) Metal Progress ; July 1947.
- 2) 大和久, 栗原; 日本金屬學會誌. 第 12 卷第 1 號 (昭 23. 3) p. 29.
- 3) 小柴, 野原; 日本金屬學會誌. 第 12 卷第 5 號. (昭 23. 7) p. 23.
- 4) 池田; 日本機械學會誌. 第 51 卷第 358 號. (昭 23. 7) p. 261.
- 5) 小柴, 野原; 日本金屬學會誌. 第 13 卷第 3 號. (昭 24. 3) p. 43.

熱間工具用低 W-Cr 鋼に於ける バナヂウムの影響に就て

(昭和 24 年 4 月本會講演大會にて講演)

小 柴 定 雄*

ON THE EFFECT OF VANADIUM ON THE LOW TUNGSTEN- CHROMIUM TOOL STEEL FOR HOT WORKING.

Sadao Koshiba.

Synopsis :

The author carried out a series of experiments on the effect of 0.3~1.0% V for three kinds of 0.19, 0.23, 0.28% C tool steel for hot working containing low tungsten-chromium, and studied changes in their hardness brought about by different heat treatments, and then hot hardness and impact value are also measured.

As the results of this investigation, it is ascertained that the steel containing C 0.2~0.25, Cr 2.5, W 5% are most moderate in containing of 0.4~0.7% V for hot working operation.

I. 緒 言

先に數次の研究の結果得たるタングステン 5~6%, クロム 2~2.5% の熱間工具用低タングステン、クロム

鋼¹⁾に於て更に炭素 0.19~0.28% の 3 種の低炭素含有量に對するバナヂウム 0.31~1.0% の影響を確めた。即ち種々の熱処理による硬度、高温硬度及び衝撃値を測

* 日立製作所安來工場、工博