

(128) 9%W-Cr-V 鋼系および Si-Mn 鋼系バネ材料の Jominy 式焼入性試験後の焼戻硬度分布, 曲げ試験, 圧壊試験および高温衝撃試験などについて

(バネ材料に関する研究—Ⅲ)

熊本大学工学部

工博 ○堀田 秀次

Study on the Temper Hardness Distribution after Jominy Test, Bending Test, Crushing Test and Impact Test at High Temperatures of Spring Materials Made of 9% W-Cr-V Steel and Si-Mn Steel.

(Study on the spring materials—Ⅲ)

Dr. Hideji Hotta.

I. 緒 言

高温用バネ材料に関する研究として, 著者は既往においていろいろの研究発表^{1)~6)}を行なつたが, 前回の第Ⅱ報においては, 9%W-Cr-V 鋼系合金工具鋼 (JIS, SKD 5) および Si-Mn 鋼系 (SUP 7) について, いずれも焼入焼戻の熱処理を施したのものについて, 耐酸化性試験および Jominy 式および Modified Jominy 式焼入性試験その他について報告を行なつた。

今回はこれに引続いて, 高温用バネ材料として 9%W-Cr-V 鋼 (SKD 5) および Si-Mn 鋼 (SUP 7) の Jominy 式焼入性試験後の焼戻硬度分布試験と 9%W-Cr-V 鋼 (SKD 5) については, 恒温熱浴処理および焼入焼戻の熱処理を施し, Si-Mn 鋼 (SUP 7) については, 焼入焼戻を施したのものについて, 曲げ試験, 圧壊試験および高温シャルピー衝撃試験その他を施行したのでこれら諸試験の経過の概要を報告する。

II. 供 試 材 料

(1) 化学成分

供試材料は次の Table 1 に示す化学成分を有する 9%W-Cr-V 鋼系 (SKD 5) および Si-Mn 鋼系 (SUP 7) である。

(2) 熱処理法

Jominy 式焼入性試験後の焼戻硬度分布試験の熱処理は, 両鋼種とも 900°C×30min 炉中冷却後, Si-Mn 鋼 (SUP 7) は, 850°C×20min, 9%W-Cr-V 鋼 (SKD 5) は, 1100°C×20min 保熱後それぞれ一端焼入し, 硬度測定後同一試料につき Si-Mn 鋼 (SUP 7) では, 450°, 500° および 550°C に, また 9%W-Cr-V 鋼 (SKD 5) では, 400°, 500° および 600°C に空冷焼戻しを行なつたものにつき硬度を測定した。また曲げ試験, 圧壊試験および高温シャルピー衝撃試験の熱処理は, Si-Mn 鋼

(SUP 7) では, 900°C×30min 保熱後炉中冷却し, 焼入は 850°C×20min 保熱後油焼入し, また焼戻は焼鈍焼入後のものを焼戻温度 450°, 500° および 550°C に各 30min 保熱後空冷して各試験に供し, 9%W-Cr-V 鋼 (SKD 5) では, 焼鈍は 900°C×30min 炉中冷却し, 焼入としては加熱温度 1100°C×3min 保熱後油焼入し, また焼戻は焼鈍焼入したものを焼戻温度各 400°, 500°, および 600°C に各 30min 保熱後空冷し, 恒温熱浴処理としては, 加熱温度 1100°C×3min 保熱後 NaNO₃ 50, KNO₃ 50 の恒温熱浴温度 350°, 450° および 600°C に各 60min 保熱後空冷したものについて各試験を施行した。

III. 試験の経過ならびに成績

(1) Jominy 式焼入性試験後の焼戻硬度分布試験

(a) 試験方法

Si-Mn 鋼 (SUP 7) および 9%W-Cr-V 鋼 (SKD 5) の Jominy 式焼入性試験方法としては, 900°C×30min 保熱後炉冷した供試材を切削加工し, JIS 規格の一端焼入法の寸法に精密仕上げし, Si-Mn 鋼 (SUP 7) では 850°C×20min 保熱後, 9%W-Cr-V 鋼 (SUP 5) では 1100°C×20min 保熱後所定の試験装置にて一端焼入し, 水冷端より試験片の軸方向に 5mm 間隔に 100mm までピッカース硬度を測定したのち各温度に焼戻したのものにつきピッカース硬度分布を測定した。

(b) 試験結果

Si-Mn 鋼 (SUP 7) では, 焼戻温度が高くなるにつれて焼入端より約 30mm の間では, 焼戻硬度が一般に低下し, 焼入のままのものが, 最大値を示すが, 30mm より 100mm の間ではその差が僅少となり大差が認められない。また 9%W-Cr-V 鋼 (SKD 5) では, 焼戻温度が高くなるにつれて, 焼入端より約 20~50mm の間では, 焼戻硬度が一般に低下し, 焼入のままのものは最大の値を示すが, 20~50mm より 100mm の間では, その差僅少となり, 一般に Si-Mn 鋼 (SUP 7) より焼戻硬度が大である。

(2) 曲げ試験

(a) 試験方法

両鋼種の曲げ試験片は, 上記の所定の熱処理後 10φ×200mm に切削加工したるのち, 島津製 50t 万能試験機により曲率半径 $r=22\text{mm}$ の当金にて静荷重を加え, 破断時の荷重を測定した。

(b) 試験結果

Si-Mn 鋼では, 焼戻温度が高くなるにつれて曲げ荷重は低下する。また 9%W-Cr-V 鋼では, 恒温熱浴処理したるものは, 450°C オーステンパーのものが荷重大で, 600°C および 350°C オーステンパーの順にやや小となり, 焼入焼戻したものは, 400° および 500°C 焼戻の順に低下する。一般に 9%W-Cr-V 鋼の焼入焼戻した方が Si-Mn 鋼より 500°C 以上の高温側で曲げ荷重

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Steels	JIS	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	Cu
Si-Mn steel	SUP 7	0.65	1.97	0.86	0.014	0.008	—	—	—	—
9% W-Cr-V steel	SKD 5	0.29	0.17	0.29	0.025	0.013	2.45	9.10	0.41	0.09

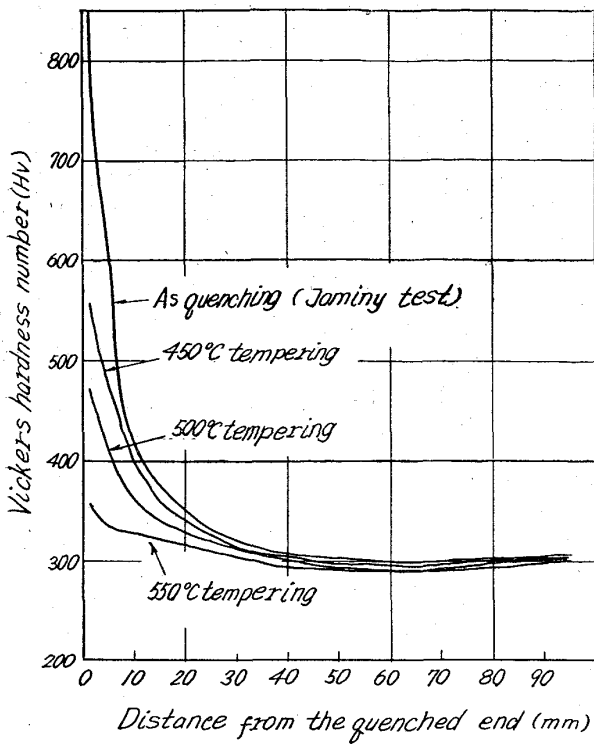


Fig. 1. Tempering hardness distribution curves after Jominy end-quench test.
(i) Si-Mn steel (Quenching temperature 850°C × 20min) (SUP 7)

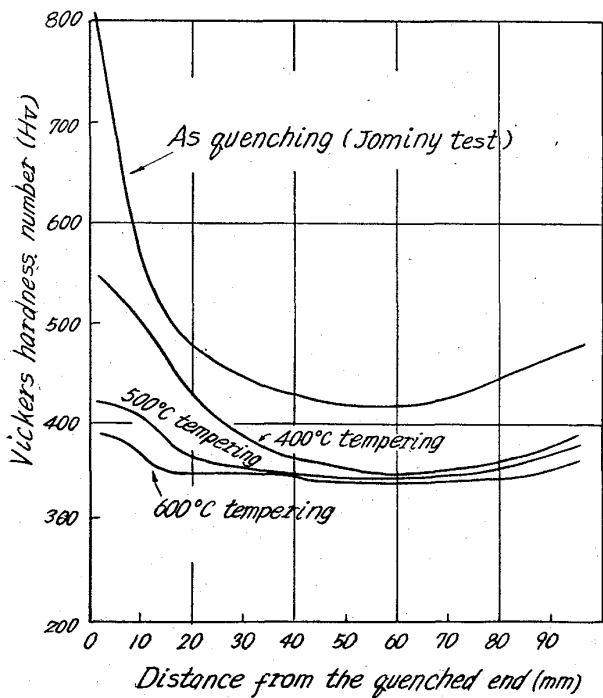


Fig. 2. Tempering hardness distribution curves after Jominy end-quench test.
(ii) 9%W-Cr-V steel. (Quenching temperature 1100°C × 20min) (SKD 5)

やや大となる傾向を示す。

(3) 圧壊試験

(a) 試験方法

両鋼種の圧壊試験片は、外径 32mm、内径 22mm、巾 10mm に機械加工後上記の所定の熱処理を施行した後、島津製 50 t 万能試験機にて圧壊した時の荷重を測定した。

(b) 試験結果

Si-Mn 鋼では、焼戻温度が高くなるにつれて、圧壊荷重は低下し、また 9% W-Cr-V 鋼では、焼入焼戻したものは、400° および 500°C 焼戻のものは同等程度で、600°C 焼戻のものは、低下し、恒温熱浴処理したものは、450°C オーステンパーしたものが高く、350°C オーステンパー、600°C オーステンパーの順に低い値を示している。また一般に 9% W-Cr-V 鋼の焼入焼戻したものの圧壊荷重は高く、Si-Mn 鋼の焼入焼戻したものは低い。

(4) 高温シャルピー衝撃試験

(a) 試験方法

両鋼種の試験片は、所定の熱処理施行後 JIS 規格寸法 (10×10×55mm, 5mm U ノッチ付) に機械加工し、常温、100°, 300° および 500°C の各試験温度で行ない、試験温度 100°C は沸騰水中に 15~20min、試験温度 300° および 500°C はニクロム線電気炉に 15~20min、保持後、すばやく試験片を取り出し、30kg-m シャルピー衝撃試験機に取りつけて試験を行なった。試験片の温度降下の補正は、同一試料の試験片に 2.5mm φ × 20 mm の穴を U ノッチ部近くまであけ、Pt-PtRh 熱電対を埋め込み、温度の降下を温度-時間曲線として作成し補正した。

(b) 試験結果

Si-Mn 鋼では、焼戻温度が高くなるにつれて各試験温度ともに一般に衝撃値は大となり、また 9% W-Cr-V 鋼では、350°C オーステンパーしたものが、450°C オーステンパーしたものよりも、各試験温度とも高い衝撃値を示す。

IV. 総括

上記の諸実験の結果を総括すると概ね次の通りである。

(1) Jominy 式焼入性試験後の焼戻硬度分布成績は、一般に 9% W-Cr-V 鋼の方が Si-Mn 鋼よりも硬度は大である。また焼入のままの硬度は、最も高く、焼戻温度が高いものほど一般に硬度はやや小となる。

(2) 曲げ試験において、9% W-Cr-V 鋼の焼入焼戻したものが Si-Mn 鋼よりも曲げ荷重が一般に大である。

(3) 圧壊試験において、9% W-Cr-V 鋼の焼入焼戻したものは、圧壊値が最も高く、次いで恒温熱浴処理したもので、Si-Mn 鋼の焼入焼戻したものはこれより小である。

(4) 高温シャルピー衝撃試験の結果、一般に 9% W-Cr-V 鋼に比べて Si-Mn 鋼の方が高い。また試験温度 100°C を境にして、試験温度が高くなるにつれて衝撃値は、Si-Mn 鋼では低下するが 9% W-Cr-V 鋼ではあまり変化がない。

文 献

- 1) I. MITCHELL: Metal Progress, 58 (1950) 4, p. 491
- 2) P. E. RUFF: Metal Progress, 75 (1959) 3, p. 103
- 3) J. M. THORNTON: Materials in Design Engineering, Aug. (1960), p. 111
- 4) 堀田秀次: 鉄と鋼, 40 (1954), p. 613
- 5) 堀田秀次: 鉄と鋼, 42 (1956), p. 333
- 6) 堀田秀次: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 38
- 7) 堀田秀次: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 449
- 8) 堀田秀次: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 573

(129) Inconel X 型合金の常温ばね特性について

(ばね用超合金の研究—V)
 三菱製鋼, 大島製作所
 ○関 不二雄・金井 良昭
 上正原和典・工博 内山 道良

On the Spring Properties of Inconel X Type Alloy at Room Temperature.

(Studies on super alloys for spring—V)
 Fujio SEKI, Yoshiaki KANAI,
 Kazunori KAMISHOHARA,
 and Dr. Michira UCHIYAMA.

I. 緒 言

ばね用超合金の研究として筆者らはさきに Refractaloy 26 型合金のばね特性を調査^{1)~4)}した結果, 常温特性の悪いものは高温特性にも十分な期待をもてぬことが判明している. 今回の Inconel X 型合金^{5)~7)}もこの観点に立ち前回同様の方法による調査を進めている. 本報ではさきの第 1 報と見合う Inconel X 型合金の常温におけるばね特性の調査結果を報告する.

II. 試 料

本実験に用いた試料は 100kg 高周波誘導式真空溶解炉で溶製した合金を, 165mm φ (底部); 205mm φ (頂

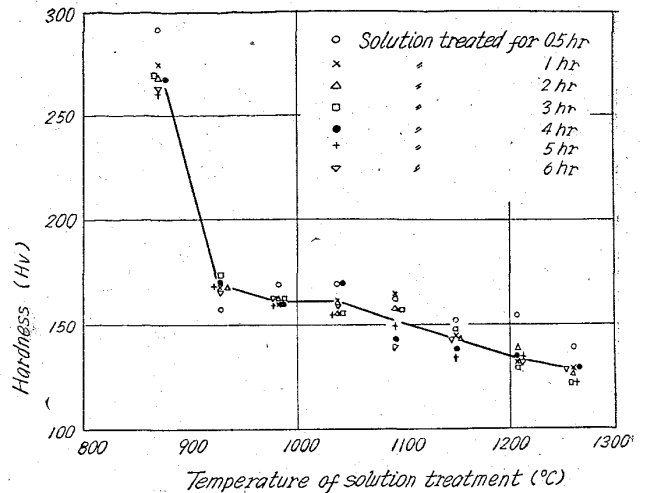


Fig. 1. Effect of the solution treatment on the hardness of Inconel X type alloy.

部)×145mm (高さ) の寸法に真空中で造塊後 20mm φ に熱間鍛造, 6mm φ に熱間圧延, 4mm φ に冷間引抜したものでその化学成分を Table 1 に示す.

本実験においてはばね特性におよぼす溶体化処理のみの影響を重視して Table 2 の処理を行なった. また時効処理実験を行なうため適性溶体化温度として 928°, 1149°C の 2 種類と適性処理時間として 2hr を選び, 時効処理温度 6 段階, 同処理時間 5 段階を選びその組み合わせをもつて施行したが, その組み合わせおよび記号を Table 3 に示す.

III. 実験結果

1. 溶体化処理のみの影響

前記 4mm φ の試片に Table 2 の処理を施したのについてヴィッカース硬度計により 30kg の荷重で測定した結果を Fig. 1 に示す. すなわち 871°C ではまだ溶体化温度に達しておらず, 927°C の温度域で始めて溶体化の影響が現われてくる. それ以上の温度ではきわめて徐々に硬さの低下をみせているが, 0.5hr 以上 6hr までの保持時間の影響はほとんどみられない.

2. 溶体化および時効処理の組み合わせによる影響

前記 4mm φ の試片に Table 3 の処理を施したのについて, 容量 10t (最大 50t) のアムスラー型材料

Table 1. Chemical composition of specimen. (%)

C	Si	Mn	P	S	Fe	Cr	Ti	Nb	Al	Ni
0.017	0.29	0.48	0.003	0.004	6.50	15.61	2.44	0.70	0.47	bal

Table 2. Solution treatment of specimens.

Temperature (°C)	Time (hr)
871 (1600 °F)	0.5
927 (1700 °F)	1
982 (1800 °F)	2
1038 (1900 °F)	3
1093 (2000 °F)	4
1149 (2100 °F)	5
1204 (2200 °F)	6
1260 (2300 °F)	

試験機により, 引張り強さ, 伸び, 絞りの測定を行なった. 試片は JIS Z 2201, 2 号により標点 48mm とした. Fig. 2~3 にその測定結果を示す. 982°C×2hr の溶体化処理後時効処理したのものでは, その時効処理温度の低い程引張り強さの最大値は長時間側に現われ, 時効処理温度の上昇とともに短時間側に移動し, その最大値も低下する. 伸びおよび絞りは時効処理温度との関係があまり明瞭ではないが, 保持時間の延長とともにわずかではあるが減少がみられる. Fig. 4 は硬さとの関係を示したもので, 前記ヴィッカース硬度計により測定し