

Fig. 11. Mechanical properties at elevated temperature, (C) 600°C and (D) 650°C.

(4) 1020°C 空冷後の残留オーステナイトは V の多くなるにつれて増加する。焼戻によつては 550~600°C で殆ど分解し、長さ及び直径方向共に膨脹を来たす。

(5) V, Mo の多くなるにつれて高温抗張力は著しく向上するが衝撃値は若干低下する。又 Si の多くなるにつれて抗張力、衝撃値共に向上する。

終りに本研究の発表を許可された石原工場長に敬意を表すると共に実験の一部を担当された外岡輝, 平山政隆 両係員に謝意を表します。

(昭和 30 年 8 月寄稿)

文 献

- 1) Materials & Methods 36 (1952) p. 118
- 2) 浅田, 藤原, 松永: 日本金属学会講演概要 (1954) 4 月
- 3) SAE Handbook (1952) p. 126
- 4) 著者: 鉄と鋼, 41 (1955) p. 616

バネ材料に関する研究 (VI)*

堀田 秀次**・川崎 瀬雄***・堀 一夫***

STUDY ON THE SPRING MATERIALS (VI)

Hideji Hotta, Dr. Eng., Tatsuo Kawasaki, Kazuo Hori.

Synopsis:

The material corresponding to a die steel No.5 as spring material in high temperature was heat-treated in the constant hot bath which was considered as the best one being based on the former experiments. Then, impact hardness test in high temperature, hardness test in room temperature, impact test, fatigue test by the Upton Lewis testing machine and microscopic test were carried out and also, impact hardness test of ordinary quench-tempered Si-Mn steel at high temperature was carried out.

These results were summarized as follows.

(1) On the material corresponding to a die steel No.5, the treatment in 600°C constant hot bath quenched from 1100°C was reconfirmed as the best heat-treatment.

(2) In the impact hardness test of ordinary quench-tempered Si-Mn steel, the almost linear descending inclination of impact hardness was recognized with ascent of testing temperature.

* 昭和 30 年 4 月本会講演大会(東京)にて発表 ** 熊本大学教授, 工学博士 *** 熊本大学助教授

I. 結 言

高温用バネ材料の研究として著者等の内の一人堀田は既に第1報¹⁾ 第2報²⁾ 及び第3報³⁾ に於いて研究発表を行い、又著者等は第4報⁴⁾ 第5報⁵⁾ で研究発表を行い前回の第5報⁵⁾ に於いては主としてダイス鋼第5種に普通焼入焼戻竝に恒温熱浴を施したものに就いて高温に於ける抗張試験を施行し常温の場合と比較検討し、又顕微鏡組織竝に硬度測定を行つた経過に就いて述べた。従来バネ材料に就いて発表せられたものはあるが^{6)~8)} 高温用バネ材料に就いて発表せられたものは稀であるので高温用バネ材料として更に今回はダイス鋼第5種に対して既往の実験結果から最適と考えられる熱処理を施行したものに就き、高温衝撃硬度試験、常温の硬度試験衝撃試験及び疲労試験等を行つたので其の試験経過につき報告すると共に比較の為 Si-Mn 鋼の高温衝撃硬度試験結果等に就いても報告する。

II. 研究の経過及び成績

(1) 研究方法

高温硬度の測定法としては、谷口-上田式高温衝撃硬度試験機を使用した。試験片の寸法は材料の関係で直径 30mm、高さ 35mm に製作したものをを用いたが正規寸法(直径 35mm、高さ 35mm)によるものとの高温硬度成績の差異は殆ど認められなかつた。

常温の衝撃試験としては 120 ft-lbs のアイゾット式衝撃試験機を使用し試験片は全長 84mm で 10mm 角材に切込が 2 箇所 28mm を距てて互に相隣れる面に切られたものを使用した。

次に疲労試験としてはアプトンルイス式繰返屈曲疲労試験機を使用し、繰返曲げ試験を行つた。即ち Fig. 1 の如く試験片寸法は、厚さ 6mm、巾 22mm、長さ 88mm の平鋸材で之が構造は、上下のアームに所定の間隔で固定する。上部アームは支点より 380mm の処に 2 個の Spring により中位の位置に支えられ、更にその上部は記録装置及び廻転計に連結されておる。下部アームは支点より 380mm の処に motor により作働され、減速された廻転軸の中心がある。この軸に偏心装置があり、下部アームの振巾 P を自由に調整し得る。今回は振巾 P を 25mm として繰返曲げ疲労試験を行い、試験片の破壊に到る迄の回数を以て比較すべく試験を行つた。

(2) 供試材料

本実験に使用したダイス鋼第5種竝に Si-Mn 鋼の主要元素分析値は次の通りである。

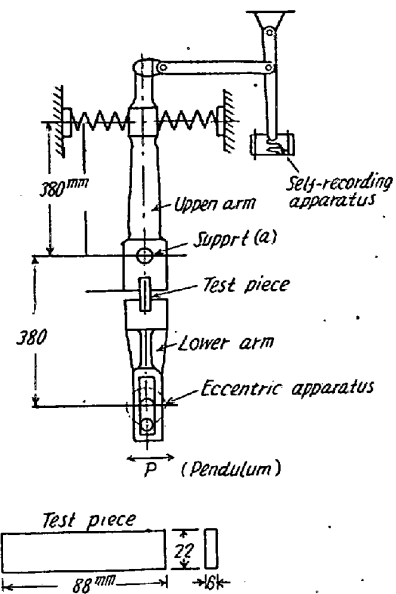


Fig. 1. Upton Lewis fatigue testing machine.

ダイス鋼第5種:—

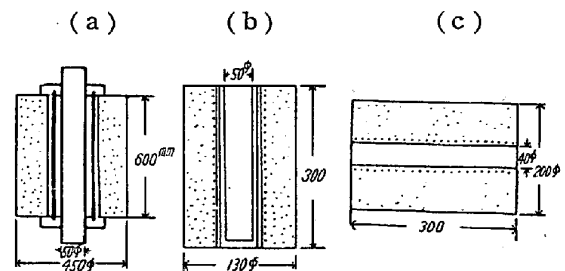
C 0.22%, Cr 1.82%, W 8.97%, V 0.65%

Si-Mn 鋼:—

C 0.28%, Si 1.94%, Mn 0.81%

(3) 熱処理法

試験片の熱処理加熱用としてエレマ管状電気炉を使用し、恒温処理用の熱浴としては前回と同様、 $\text{NaNO}_3 + \text{KNO}_3$ (50:50) のものを鉄製円筒容器に入れてニクロム線巻管状電気炉により恒温保持を行つた。又焼戻用のものはニクロム線巻管状電気炉を使用した。(Fig. 2 参照)



a) Siliconit furnace for quenching
b) Nichrome wire furnace for hot bath
c) Nichrome wire furnace for tempering

Fig. 2

ダイス鋼第5種と Si-Mn 鋼の熱処理曲線は Fig. 3 の通りである。

即ちダイス鋼の場合は 850°C 予熱より 1,100°C に急熱し、これを 350°C、450°C、600°C の Salt bath 内に入れて空冷を行つた。又 Si-Mn 鋼の場合は 700°C 予熱より焼入温度夫々 850°C、950°C より焼戻温度各 300°、500°、700°C に焼戻し炉冷を施した。

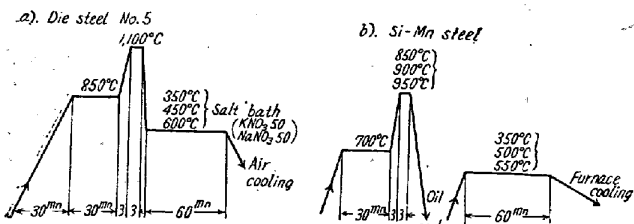


Fig. 3. Heat-treatment curve.

(4) 試験成績

(A) ダイス鋼第5種の場合

① Austemper 温度による硬度変化(常温)

1,100°C より austemper 温度各 350°C, 450°C 及び 600°C に熱浴処理を施したものの常温に於ける Austemper 温度とロックウェルCスケール硬度との関係は Fig. 4 の如く、一般に硬度差僅少で最低 600°C の 55, 最高 450°C の 57 である。参考迄に谷口一上田式高温衝撃硬度試験機による常温の硬度値は図示の通りである。

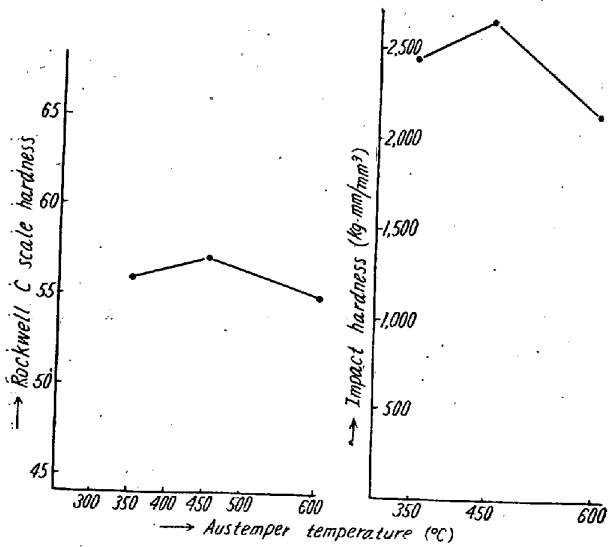


Fig. 4. Austemper temperature-hardness in room temperature. (die steel No. 5) (1,100°C heated)

② 高温衝撃硬度試験

高温衝撃硬度試験では 700°C 迄の高温に於ける温度並に時間の硬度に及ぼす影響を調査し、尙比較の為常温の硬度も測定した。又之が試片の熱処理方法としては、1,100°C 加熱、350°C, 450°C 及び 600°C の各恒温熱浴で1時間保熱を行つた。これが試験結果は Fig. 5 の如くで全般に試験温度の上昇と共に高温衝撃硬度が低下しているが試験温度 500°C 迄は比較的その低下が小さく 600°C~700°C で可成り硬度が低下する。

処理温度から 600°C 恒温処理のものが全般的に何れ

の試験温度に於いても高温硬度の変化が小さく、450°C 恒温処理が之に次ぎ、350°C 恒温処理のものは試験温度の上昇と共に殆ど直線的に高温硬度が低下する。

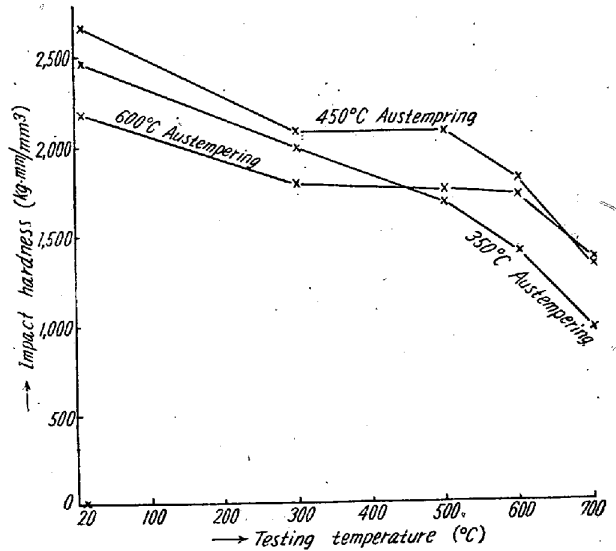


Fig. 5. Testing temperature-impact hardness in high temperature. (die steel No. 5) (1,100°C heated)

次に試験温度 500°C に於ける保持時間の高温硬度に及ぼす影響は Fig. 6 の通り 600°C 恒温処理のものが最も小さく 450°C 恒温処理の之に次ぎ、350°C 恒温処理のものが最大の変化を示す。

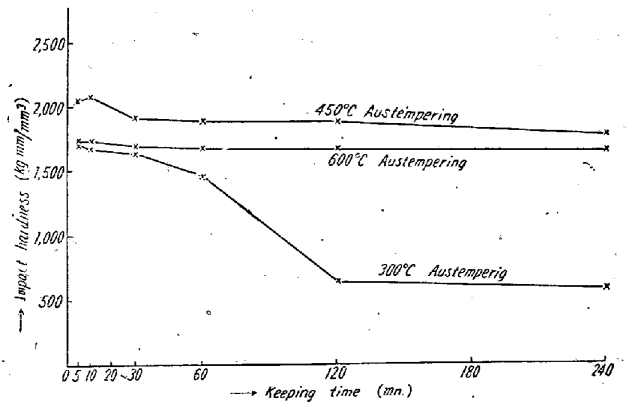


Fig. 6. Keeping time-impact hardness in high temperature. Die steel No. 5 (testing temperature...500°C) (1,100°C heated)

③ 常温に於ける衝撃試験

衝撃試験は常温で上記3種の処理温度で恒温処理したのものにつき行つた。その結果は Fig. 7 の如く、450°C 処理のものが最低の衝撃値を示し 350°C 及び 600°C 処理のものは衝撃値高く、特に 600°C 処理のものが衝撃値が少々高い。

④ 繰返屈曲による疲労試験

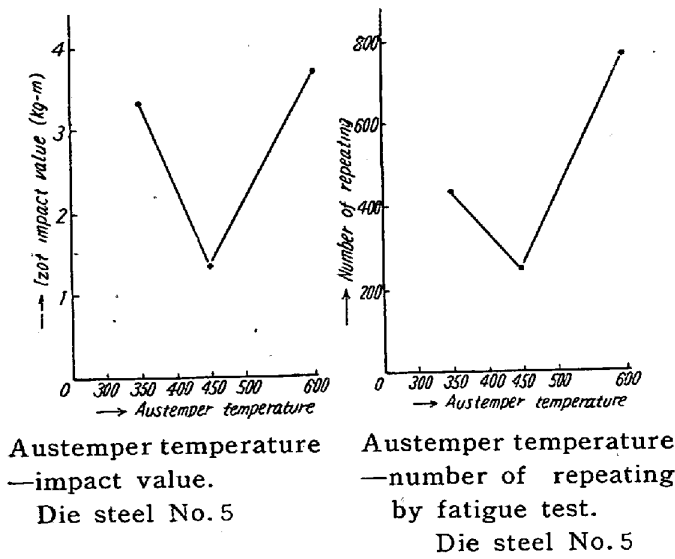


Fig. 7

これらの試料につきアプトンルイス式繰返屈曲疲労試験を行い、試片の破壊に到る迄の回転数によって比較を行った。その結果は Fig. 7 に示す通り上記衝撃試験の場合と略々同様の傾向を示し 450°C 恒温処理のものが破壊に到る迄の回転数が最も少く 350°C 恒温処理のものが之に次ぎ 600°C 恒温処理は之が回転数最も多い。

⊕ 顕微鏡試験

上記の試料を硝酸アルコール溶液で腐蝕し 400 倍の倍率で顕微鏡組織を検した結果は一般に 350°C 恒温処理のものの組織は稍々粗いが 600°C 恒温処理のものの組織は概ね稍々緻密で粗大な粒の混在は認められず揃っており troostic sorbite 状を呈しておる。

上記諸試験の結果は、前回報告した高温引張試験の結果と可成りよく一致を示し、一般にダイス鋼第5種に於いては高温用バネ材料として1,100°C焼入,600°C恒温熱浴処理のものが最も適したものであることが更に確認された。

(B) Si-Mn 鋼の場合

高温衝撃硬度試験

従来一般にバネ材料として多く用いられておるSi-Mn 鋼に就いて 850°C 及び 950°C で各焼入を行つたものを 300°C, 500°C 及び 700°C で夫々 1h 焼戻を行つた。その結果は Fig. 8 に示す通り、一般に試験温度の上昇と共に殆ど直線的に高温硬度は低下するが焼戻温度の高いものはその低下の度合は小さく特に試験温度500°C 迄は比較的变化が小さい。然し試験温度 700°C においてはその低下の度合が何れも著しい。

Si-Mn 鋼とダイス鋼第5種の谷口—上田式高温硬度試験成績の比較は Fig. 9 に示す通りで、一般にダイス

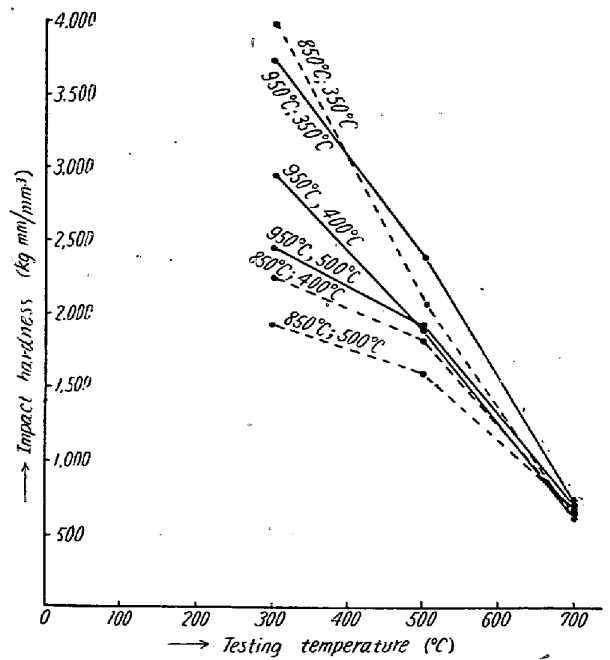


Fig. 8. Testing temperature—impact hardness in high temperature (Si-Mn steel)

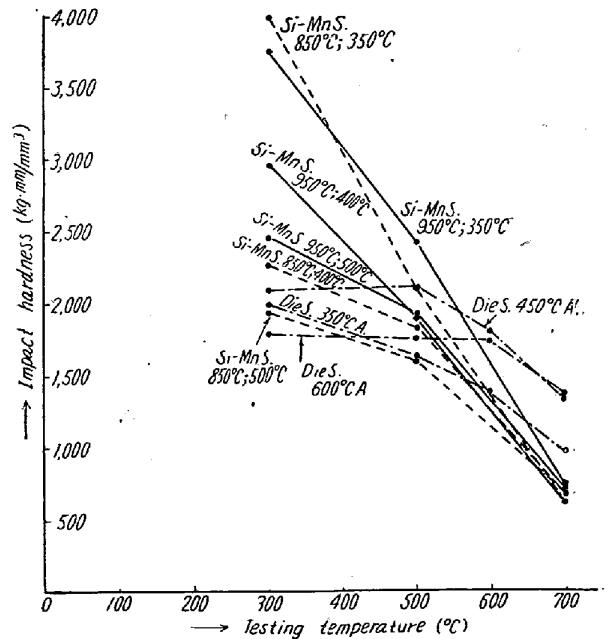


Fig. 9. Testing temperature—impact hardness in high temperature. (Die steel No.5 & Si-Mn steel)

鋼の方が高温硬度値が大である。

III. 結 論

(1) ダイス鋼第5種を各種温度で恒温熱浴処理を施したものに就いて常温の硬度試験, 高温衝撃硬度試験, 常温衝撃試験及び繰返屈曲疲労試験等を施行し, 併せて Si-Mn 鋼に普通焼入焼戻を施した場合の高温衝撃硬度

Table 1. Experimental data on die steel No. 5

Heat treatment	Room temperature		
	Rockwell C scale	Izot impact value (kg-m)	No. of repeating by Upton Lewis fatigue test
1, 100°C × 3 mn. 350°C × 60mn. austempering	56	3.32	440
1, 100°C × 3mn. 450°C × 60mn. austempering	57	1.32	255
1, 100°C × 3mn. 600°C × 60mn. austempering	55	3.68	765

Heat treatment	Taniguchi-Ueda's impact hardness in high temperature (kg mm/mm ³)			
	300°C	500°C	600°C	700°C
1, 100°C × 3mn. 350°C × 60mn. austempering	1,994	1,639	1,387	965
1, 100°C × 3mn. 450°C × 60mn. austempering	2,080	2,100	1,795	1,328
1, 100°C × 3mn. 600°C × 60mn. austempering	1,788	1,740	1,720	1,338

試験等を施行した。

(2) ダイス鋼第5種の常温における各種試験成績と高温における衝撃硬度成績を一括すれば Table 1 の通りであつて、一般に 1,100°C より 600°C 恒温熱浴処理を施したものが最も適した熱処理であることを更に確認した。

(3) Si-Mn 鋼を普通焼入焼戻した場合、これが高温衝撃硬度は試験温度の上昇と共に、一般に殆ど直線的に低下する傾向がある。

終りに臨み、本研究遂行に関し御懇篤な御鞭撻を賜つた九州大学教授谷村潤博士に厚く御礼申上げる。

本研究は文部省科学研究費の一部を以て行われたもので謝意を表する次第である。(昭和 30 年 10 月寄稿)

文 献

- 1) 堀田秀次: 鉄と鋼, 36 (昭 25) No. 7, 31
- 2) 堀田秀次: 鉄と鋼, 36 (昭 25) No. 12, 26
- 3) 堀田秀次: 鉄と鋼, 37 (昭 26) No. 8, 28
- 4) 堀田秀次, 川崎頼雄, 堀 一夫: 鉄と鋼, 38 (昭 27) No. 12, 26
- 5) 堀田秀次, 川崎頼雄, 堀 一夫, 宮川嘉人: 鉄と鋼, 40 (昭 29) No. 6, 513
- 6) E. Houdremont u. H. Benneck: Stahl und Eisen, 52 (1932), 654
- 7) F. Rapatz: Die Edelmstähle, 1934
- 8) I. Mitchell: Metal Progress, 1950. Oct 49: