

なお、目下色々変つた焼入方法について工夫中であり、実際の応用については色々検討を加える必要があると思ふ。材料を御提供下さつた会社に対して厚く御礼申し上げる。実験に御協力下さつた高周波熱練 K. K. 土方技師、及び大阪府工業奨励館小林技師に深甚の謝意を表する。  
(昭和 29 年 3 月寄稿)

文 献

- 1) 三谷, 廣瀬, 小林: 日本金屬學會誌 (1952) 16 卷 11 號, 620 頁.
- 2) 三谷: 日本金屬學會誌 (1953) 17 卷, 7 號, 350 頁
- 3) 三谷: 大阪府工業奨励館報告 (1953) No. 5—1, 16 頁.
- 4) J. F. Libsch, W. Chüang, and W. J. Murphy: Trans. A.S.M. (1950) 42, 121.
- 5) 三谷: 大阪府工業奨励館報告 (1953) No. 5—2, 19 頁.
- 6) A.B. Greninger, and A. R. Troiano: Trans. A.S.M. (1940) 28, 537.
- 7) P. Gordon, M. Cohen, and R. S. Rose: Trans. A.S.M. (1944) 33, 411.
- 8) 三谷, 小林: 日本金屬學會誌 (1952) 16 卷 10 號, 545 頁.
- 9) 西原, 遠藤: 日本機械學會誌論文集 (1949) 15, 50, 1—1.
- 10) 高瀬, 三谷: 日本金屬學會誌 (1952) 19 卷 2 號, 117 頁.

バネ材料に関する研究 (V)

(昭和 28 年 4 月本会講演大会にて講演)

堀田秀次\*・川崎頼雄\*\*・堀 一夫\*\*・宮川嘉人

STUDY ON THE SPRING MATERIALS (V)

*Hideji Hotta, Dr. Eng., Tatsuo Kawasaki; Kazuo Hori and Yoshito Miyakawa*

Synopsis:

Many materials were studied hitherto by the authors as the spring materials for high temperatures, and these results were reported in Tetsu-to-Hagané as the 1st to the 4th reports.

In the 4th report, it was recognized that from the experimental results of microscopic structure, hardness, tensile strength and elongation, the material corresponding to a die steel No. 5 was found superior when treated at a constant temperature to which it had been treated with ordinary quench-temper method.

This time, the results of the test on tensile strength, elongation and microscopic structure at high temperatures upto 500°C were summarized as follows.

(1) In comparison with the ordinary quench-tempered material, the material which had been quenched at 1100°C and treated at constant temperatures of 350°C and 600°C was superior.

(2) From the result of studying the effect of holding time, remarkable differences were not recognized with the materials which had been treated at the constant temperature upto 500°C affecting the holding time.

(3) From result of the effect of the holding time at 500°C for 240 min., the properties of the material were recognized to be changed but a little.

(4) The die steel No. 5, when treated at a constant temperature was considered superior as spring material for high-temperature uses upto 500°C.

\* 熊本大學工學部 冶金學教室 工學博士, \*\* 熊本大學工學部 冶金學教室

### I. 緒言

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<sup>1)</sup>、第2報<sup>2)</sup>及び第3報<sup>3)</sup>に於て研究発表を行い又前回の第4報<sup>4)</sup>に於て著者等は主としてダイス鋼第5種相当品に就き常温に於て顕微鏡組織、硬度、抗張力及び伸等に関して普通の焼入、焼戻法と恒温熱浴処理法とを比較検討した結果後者の方が前者より優れてることを確認し又 Si-Mn 鋼に於ては恒温熱浴処理法が有効でよいことも確認した。

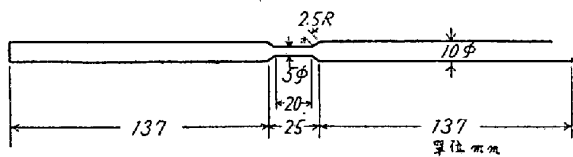
バネ材料に就ては従来発表せられたものがあるが<sup>5)~7)</sup>高温用バネ材料として高温に於ける研究の発表せられたものは極めて稀である。

従て今回はダイス鋼第5種の材料につき更に高温に於ける試験を施行し常温試験の場合と比較検討した経過の概要について報告する。

### II. 研究の経過並に成績

#### (1) 研究方法

前述の通り今回の実験は高温に於ける試験特に高温に於ける抗張試験を主としたがその抗張試験機としては、Olsen 式手動試験機 (荷重 20000 lbs) を使用することとし、之の試験片取附チャックの中間にニクロム線巻の管状小型電気炉を設置し、その均熱部分が試験片中央部に位置する如くした。更にこの電気炉の熱が他に伝導放射しないように絶縁に留意し試験片もその寸法を第1図に示す如く把み部分を長くした。試験温度の測定はこの電気炉の中央部に側孔を設け、之より熱電対を挿入して試料中心部に接触せしめて測定を行つた。



第1圖 試験片の寸法

試験片の熱処理の加熱用として白金炉及びニクロム線巻管状炉を使用し、之により試料の焼入焼戻及び恒温処理を施行した。恒温処理用の熱浴としては NaNO<sub>3</sub>+KNO<sub>3</sub> (50:50) のものを用い、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。尚、普通焼入用の油としては変圧器油を使用した。

高温の抗張試験終了後、その伸びを測定し次いで顕微鏡による組織検査並びに硬度測定を行つた。硬度測定は従前通りロツクウェル試験機により C スケールの読みを

採用した。

#### (2) 供試材料

実験に使用したダイス鋼第5種相当品の主要分析値は下記の如くである。

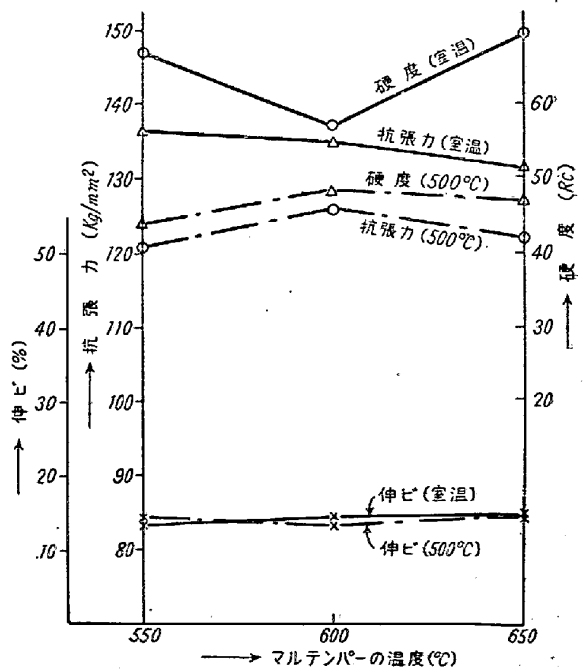
C: 0.22%, Si: 0.14%, Mn: 0.52%, Cr: 1.82%, W: 8.97%, V: 0.65%.

#### (3) 試験成績

##### A. 普通焼入焼戻による場合

之には前報<sup>4)</sup>に於て報告した常温試験で優秀な成績を示した焼入温度として 1,100°C の場合を撰び焼戻温度として 550, 600 及び 650°C の3種を定めて夫々その温度で1時間保持後空冷を行つた。斯かる熱処理を施行したものの常温顕微鏡組織はソルバイト状のものが主体をなし、之に複炭化物が介在する外、時に少量の微細なマルテンサイトを混じたものである。

本試料を夫々 500°C の高温で5分間保持を行いその後直ちに抗張試験を施行し、更に伸びと硬度を測定したのであるが、結果は第2圖に示す通りである。図には常温試験の結果も同時に示したが全般的に高温に於ては性質の低下が認められる。500°C に5分間保持することにより常温に於ける焼戻温度の影響に変化を生ずることが考えられるが結果的にも高温試験の場合には 600°C 焼戻の試料が最高値を示し 125.9kg/mm<sup>2</sup> の抗張力を示す。従つて抗張力に対する焼戻温度の影響が常温の場合と若干異つた結果となり高温保持の影響が明かに認められる。



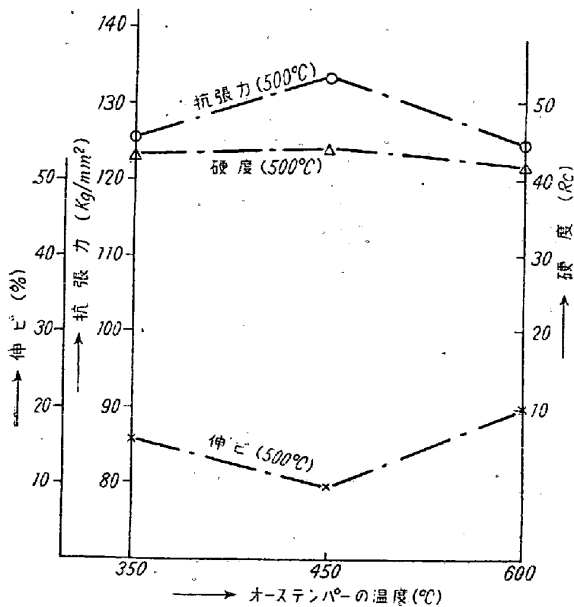
第2圖 1100°C に加熱しマルテンパーした結果

抗張試験後の伸びの測定結果は同図にみられる如く略々抗張力変化と逆傾向を示し、550°C 及び 650°C 焼戻では 14.25% となり、600°C 焼戻では 13.25% である。同じく硬度測定結果は抗張力と類似の変化を示し、焼戻温度 600°C のものが最高で Rc 48.3 を示している。

高温試験後の顕微鏡組織は常温のものとは大差は認められないが若干結晶粒の粗大化が認められるが勿論僅少である。600°C 焼戻のものに於て特に著しい変化は認められないが上述の如く抗張力その他に於て変化を示したことは複炭化物の凝集度が高温に保持されるにより変化したと認められる。

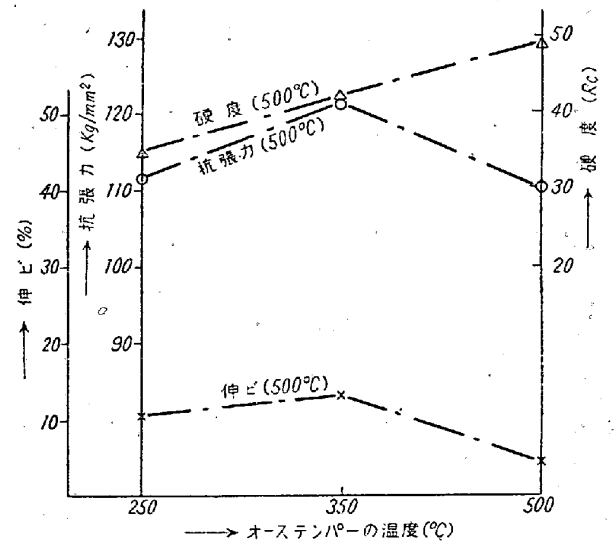
B. 恒温熱浴処理による場合

この場合には焼入温度を 1100°C 及び 1200°C とし夫々前者は 350, 450 及び 600°C に後者は 250, 350, 及び 500°C の3種の恒温塩浴に1時間保持後空冷したものである。かかる試料に対して夫々 500°C に於て抗張試験を施行した結果は第3図及び第4図に示す通りである。



第3図 1100°C に加熱しオーステンパーした結果

第3図には 1100°C にて焼入、恒温処理を行ったものゝ結果を示したが、焼戻温度 450°C のものが最も抗張力大きく 133.3kg/mm<sup>2</sup> であり、350 及び 600°C 焼戻のものは 125.5kg/mm<sup>2</sup> 及び 124.5kg/mm<sup>2</sup> となつて大差が認められない。普通焼入、焼戻法に比し恒温処理法の抗張力が大である。350 及び 600°C 処理の伸びは夫々 15.6%, 19.7% という値を示し 450°C 処理のものでは低下して 9.5% となつている。従つて普通焼入、



第4図 1200°C に加熱しオーステンパーした結果

焼戻材に比べると抗張力に於て遜色なく而も伸びに於て優れた結果を与えることとなりバネ材の必要とする靱性附与に対し良好と認められる。硬度値も普通焼入、焼戻の場合と同様、抗張力変化に類似の傾向を示し、最高硬度は 450°C 処理のもので Rc 44.0 である。

試験後の検鏡結果は常温組織に比べて著しい変化は認められず、普通焼入焼戻の場合にみられた如き結晶粒の粗大化も生じていない。これらの組織は前報に於ても述べた如くベイナイトを含むものであり、非常に微細な組織を呈している。

次に 1200°C 焼入のものについてみると第4図にみられる如く、3種の恒温処理温度の内では 350°C のものが最も抗張力も大きい、その値は 121.5kg/mm<sup>2</sup> で前項 1100°C 焼入の場合に比べて劣つている。その他の処理温度のものは何れも低い抗張力を示し、同じ恒温処理法でも焼入温度の相違による変化は顕著に認められる。伸びについても前項の場合に比べて小さく靱性に欠けるところが認められる。

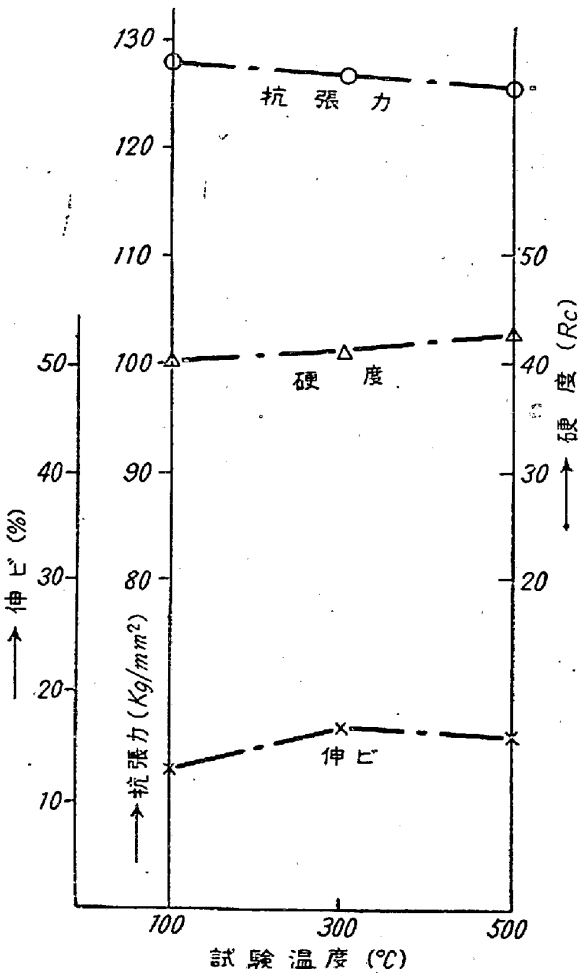
硬度は何れも抗張力変化と同様の変化を示すこと図の如くである。

更にこの恒温熱浴処理法に於ける熱処理温度の選択が可成り顕著な影響をもたらすことが判明し、1100°C 焼入の適性が確認された。恒温処理温度として選んだ3種の温度は抗張力の点のみから考えると 450°C が最良であるが高温用バネ材として要求される靱性から考えれば相当伸びを有し、而も相應の抗張力を有する 350 或いは 600°C 処理のものが適当と考えられる。

C. 試験温度の影響

本材が温度の変化によつて如何なる影響を受けるかを

明かにする為め最適熱処理法の一つと考えられる 1100°C 焼入, 350°C 恒温処理を施した材料に対して 100°C 300°C 及び 500°C の3種を選んで試験を行うこととした。試料は何れの場合も前記 500°C の場合と同様試験温度に於て5分間保持後直ちに抗張試験を施行した。これらの結果は第5図に示す通り試験温度の上昇につれ抗張力変化は極めて僅少であつて顕著なる差異は認められない。伸びは 300 及び 500°C の場合は 100°C の場合より稍々高くなつてゐる。尚試験後の顕微鏡組織も 500°C 迄のものでは顕著な変化は認められない。即ち試験温度 500°C 迄では本材の材力等が余り低下しないものと考えられる。

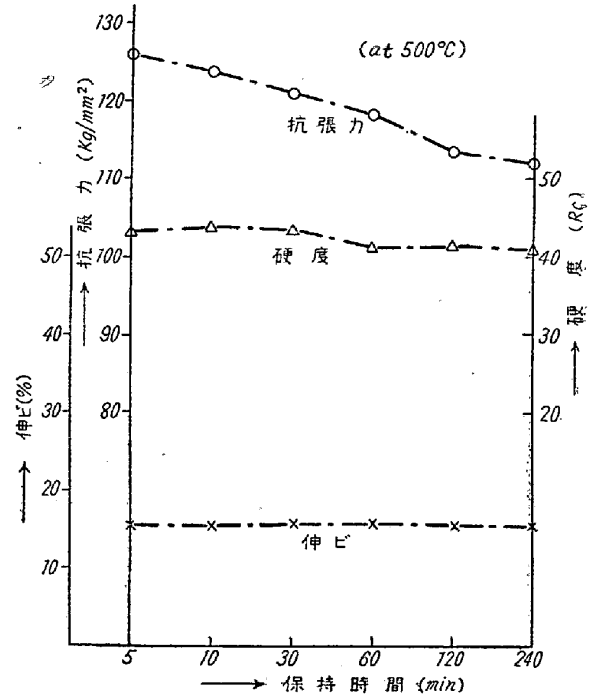


第5図 試験温度の影響

D. 高温保持時間の影響

前項迄の各高温試験に於ては全て試験温度に於ける保持時間を5分間に定めたのであるが保持時間の影響を調査する為、1100°C 焼入, 350°C 恒温処理材につき試験温度 500°C に於いて 10, 30, 60, 120 及び 240 分の保持を行いて後抗張試験を施行することとした。その結果は第6図にみられる通りで保持時間の増加と共に抗

張力は漸次減少してゆく。その減少率は極めて僅少である。即ち最高 240 分保持を行つた場合でも尚抗張力として 112.30kg/mm<sup>2</sup> を有して居り、僅か 13kg/mm<sup>2</sup> 前後の低下を来したに過ぎない。



第6図 保持時間の影響 (500°Cに於て)

このことは試験後の検鏡結果に於ても明かに認められるところで殆んど全試料に於て著しい変化はみられず、わずかに保持時間の増大と共に結晶粒が粗大化する傾向が認められるに過ぎない。

以上の結果から考へて斯かる高温保持時間の変化はダイス鋼種の恒温処理材に対して顕著な変化を与えず高温用バネ材料として優れた一性質と考えられる。

III. 結 言

ダイス鋼第5種相当品の高温に於ける抗張力, 伸び, 硬度及び顕微鏡組織等各種試験結果について以上述べたところを総括すると概要次の如くである。

- (1) 普通焼入, 焼戻したものでは常温と 500°C に於ける試験結果に可成りの差異が認められ高温保持による焼戻温度の影響に変化が認められた。
- (2) 恒温処理を施した場合には焼入温度並びに恒温処理温度の影響がかなり著しく, 1100°C 焼入, 350 或いは 600°C 恒温処理のものが普通焼入焼戻のものに比し優れてをると考えられる。
- (3) 保持温度の影響を恒温処理を施したものについて調べた結果 500°C 迄の高温では著しい差異は認められない。

(4) 試験温度 500°C に於ける保持時間の影響を試験した結果 240 時間迄時間の経過に伴う諸性質の変化は極めて僅少である。

(5) ダイス鋼第 5 種相当品を適当に恒温熱浴処理したものは常温は勿論 500°C 附近迄の高温用ベネ材料として優秀なものと考えられる。

終りに臨み御懇篤な御鞭撻を賜った九大工学部冶金学教室教授谷村熙博士に深甚の謝意を表する。

(昭和 29 年 3 月寄稿)

文 献

- 1) 堀田秀次: 鐵と鋼, 36 (昭 25) No. 7, 31
- 2) 堀田秀次: 鐵と鋼, 36 (昭 25) No. 12, 26
- 3) 堀田秀次: 鐵と鋼, 37 (昭 26) No. 8, 28
- 4) 堀田秀次, 川崎彌雄, 堀一夫: 鐵と鋼, 38 (昭 27) No. 12, 26
- 5) F. Rapatz: Die Edelmstäähle, 1934.
- 6) I. Mitchell: Metal Progress, 1950. Oct. 491
- 7) E. Houdremont ü. H. Benneck: Stahl u. Eisen, 52, (1932), 654.

ガスタービン用耐熱鋼の研究 (IV)

(昭和 28 年 10 月本会講演大会にて講演)

小柴定雄\*・九重常男\*\*

INVESTIGATION OF HEAT-RESISTING STEEL FOR GAS TURBINES (IV)

Sadao Koshiba, Dr. Eng and Tsuneo Kuno

Synopsis:

The Ni, Cr and Co are very important for the heat-resisting steels, so by the latest information a comparatively vast quantity of Ni and Co were used for the heat-resisting steel.

But Ni and Co were of high price and very scanty in Japan, so the authors examined them for the purpose of curtailing these elements.

The authors first examined the change of their hardness due to various heat-treatments of each sample: i. e. solid-solution treatment and aging, and then observed the microstructure.

As the results of these experiments, they gave the most moderate composition and heat-treatment for Ni-Cr-Co austenitic heat-resisting steel, concluding that (1) the best composition contained Ni 13~15%, Cr 20~25%, Co 10~15% (2) The solution-treatment was made at 1200~1250°C, and the aging temperature was 700~750°C, the aging time being 6~12 hours.

I. 緒 言

耐熱鋼の主成分としては Cr が最も重要であり、その量は耐熱性に著しい影響を与える。Ni 及び Co は Cr に優るとも劣らず重要であり、之等元素はオーステナイトを安定にするところより、高温に於けるクリープ抵抗並に機械的性質に大きな影響を与える。然し Ni 及び Co は甚だ高価であり、且入手も極めて困難である。故に之等元素の含有量は必要最小限度に止めなければならない。そこで Ni-Cr-Co 系耐熱鋼の時効に及ぼす Ni, Cr 及び Co の影響について実験を行い適当な成分を決定した。

II. ニッケルの影響

1. 溶体化処理温度と硬度との関係

Ni 10~30% の影響を見る為第 1 表の如き試料を調整した。尙試料の作製並に実験方法は前報<sup>1)</sup>と同様にして行つた。上記試料について 1150~1250°C 溶体化処理温度による硬度の変化を調べた。N1 及び N2 は溶体化処理温度の高くなるに従つて硬度は低くなり、Ni の高い N3 及び N4 は逆に処理温度の高くなるに従つて高

\* 日立製作所安来工場 工学博士

\*\* 日立製作所安来工場