

ーステナイト結晶粒度がある。LD鋼，平炉鋼の両者を比較すると，LD鋼で微量元素 (Ni, Cr) が少ないというマイナスの面と，結晶粒度が粗いという焼入性にプラスの面があり，ジョミニー試験に見られるように平炉鋼との間に焼入性の差は認められなかつたものと思われる。

3.5.2 実物焼入試験

ジョミニー試験でLD鋼と平炉鋼間の差が認められなかつたので，普通ルールと同一条件で硬頭処理を行なつた。その結果，引張試験では素材と同様LD鋼が靱性の点で優れている結果を示したが，実物曲げ試験，落重試験，硬度試験等においてはLD鋼は平炉鋼と同様の性質を示した。

3.6 溶接性

短尺ルールを接合して長尺化する場合の接合法としては，テルミット溶接，エンクローズ・アーク溶接，ガス圧接，フラッシュバット溶接，高周波圧接等があるが当社ではガス圧接法によつて行なつている。本調査はガス圧接法により，現行作業標準で接合した軌条について行なつた。

引張試験は母材と同様に転炉鋼が靱性の点で優れている。しかし母材と比較した場合，引張り強さはかわらないが，靱性についてはLD鋼，平炉鋼ともに低下している。実物曲げ試験，落重試験共にLD鋼がわずかながらすぐれており，衝撃試験，硬度試験，組織観察ともにLD鋼と平炉鋼間に差は認められなかつた。

4. 結 言

純酸素上吹転炉鋼および平炉鋼軌条の比較調査を行なつた結果，次の結論を得た。

1) 材質的にLD鋼は平炉鋼に比較して靱性が優れている。その理由としては，LD鋼は清浄度がすぐれ，微量元素，ガス含有量，偏析が少ないためであると考えられる。

2) 焼入性，溶接性についても現在の平炉鋼に何んら劣らないものであつた。

以上のごとく，平炉鋼軌条に比較して，純酸素上吹転炉鋼軌条は優るとも劣らない性質を有することが判明した。

文 献

- 1) S. G. AFANAS'ER: Stal in English, 1 (1964), p. 63
- 2) H. V. LAIZNER: Radex-Rundschan, 8 (1956)
- 3) A. A. SOROKIN: Stal in English, 5 (1964), p. 359
- 4) 川崎: 鉄と鋼, 46 (1960) 10, p. 1276

(184) 5%Cr-Mo-V 鋼系，9%W-Cr-V 鋼系バネ材料の熱処理と常温の硬度，引張り，捩り試験ならびに高温の引張りおよび捩り試験等について

(バネ材料に関する研究—XV)

熊本大学，工学部 工博○堀田 秀 次

Relation between the Heat-Treatment and Hardness, Tensile, Torsion Test at Room and High Temperatures of the Spring Materials Made of 5%Cr-Mo-V Steels and 9%W-Cr-V Steels.

(Study on the spring materials—XV)

Dr. Hideji Hotta.

1. 緒 言

高温用バネ材料の研究として従来発表されたものが¹⁾あるが，著者は高温用バネ材料に関する研究として，既往において種々の研究発表^{2)~10)}を行なつたが，前回の第14報¹⁰⁾においては，9%W-Cr-V 鋼系 (SKD5) および Mn-Cr 鋼系 (SUP9) について，いずれも焼入焼戻の熱処理をほどこしたのものについて西原式摩耗試験を施行し，Mn-Cr 鋼系 (SUP9) の常温および高温の捩り試験を Si-Mn 鋼系 (SUP7) および 9%W-Cr-V 鋼系 (SKD5) と比較検討し，あわせて焼入剤の相違による焼入効果を調査し報告した。

今回は，これが第15報として，高温用バネ材料として新たに 5%Cr-1%Mo-0.5%V 鋼 (SKD6) および 5%Cr-1%Mo-1%V 鋼 (SKD61) の 2 鋼種について焼入焼戻の熱処理を施行しこれについて，常温の硬度，引張り，捩り，焼入性試験並びに高温の引張りおよび捩り試験等を行ない，これを 9%W-Cr-V 鋼系，Mn-Cr 鋼系および Si-Mn 鋼系の試験成績と比較検討した経過の概要を報告する。

2. 供 試 材 料

2.1 化学成分

供試材料は次の Table 1 に示す化学成分を有する 5%Cr-1%Mo-0.5%V 鋼 (SKD6)，5%Cr-1%Mo-1%V 鋼 (SKD61)，9%W-Cr-V 鋼 (SKD5)，Mn-Cr 鋼 (SUP9) および Si-Mn 鋼 (SUP7) である。

2.2 熱処理方法

熱処理方法としては，SKD6 および SKD61 共に 900°C × 30min 炉中焼鈍を行ない，焼入保持温度ならびに時間の硬度におよぼす影響を試験し，これにより最適焼入温度を決定し，焼戻温度はそれぞれ 400°，500°C

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Steels	JIS	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Cu
5%Cr-1%Mo-0.5%V steel	SKD 6	0.36	0.93	0.47	0.024	0.022	0.11	4.60	1.16	—	0.39	0.11
5%Cr-1%Mo-1%V steel	SKD61	0.35	0.82	0.40	0.025	0.011	—	5.25	1.11	—	1.04	—
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
Mn-Cr steel	SUP 9	0.52	0.30	0.72	0.010	0.010	—	0.76	—	—	—	—
Si-Mn steel	SUP 7	0.65	1.97	0.86	0.014	0.008	0.15	—	—	—	—	0.16

および 600°C に 30 min 保熱後油焼戻を行ない試験に供した。なお熱処理はすべて酸化脱炭を防止するため、酸化防止剤を塗付し、還元雰囲気で行なった。

3. 試験の経過ならびに成績

3.1 焼入保持温度と時間の硬度におよぼす影響

SKD 6 および SKD61 の焼入温度を決定するためにそれぞれ焼鈍後の試料を加熱温度 950, 1000, 1050°C および 1100°C に保持時間 10, 30, 60, 90 および 120 min に保熱後油焼入を行ない、研磨してロックウェル C スケール硬度を測定した。その結果、SKD 6 においては、加熱温度 1100°C の焼入硬度が各保持時間においておおむね最も高く、加熱温度 1050, 1000, 950°C の順に低下し、保熱時間の影響は、加熱温度 1100°C では時間の経過とともに硬度は低下するが、加熱温度 950°C では加熱保持時間 60 min の場合が最も高く、時間の経過と共に上昇して降下する傾向を示す。

また SKD61 においては、一般に SKD 6 よりも焼入硬度は高く、加熱温度の影響は、SKD 6 の場合とおおむね同様の傾向を示す。加熱保持時間の影響は、時間の経過とともに低下する傾向にあるが SKD 6 程顕著ではない。この結果焼入温度を SKD 6 については、1100°C × 30 min 油焼入、SKD61 については 1050°C × 30 min 油焼入と決定した。また SKD 5 は SKD 6 よりもおおむね硬度が小である。

3.2 常温硬度試験

SKD 6 および SKD61 の両鋼種共、いずれも試験片寸法 14 × 14 × 15 mm に鍛造切断後、所定の焼鈍、焼入を行ない、それぞれ焼戻温度 400°, 500°C および 600°C に油焼戻し研磨後ロックウェル C スケール硬度を測定した。その結果一般に SKD61 は、SKD 6 よりも焼入のままおよび各焼戻温度共に硬度やや高く、両鋼種共焼戻温度 500°C において硬度がやや上昇する傾向を示す。これは焼戻 2 次硬化により硬度が高くなるものと思われる。焼入のまま、500°C 焼戻のもの、400°C 焼戻のものおよび 600°C 焼戻のもの順に硬度は低下している。なお SUP 7 の焼戻硬度と比較すると両鋼種共高い値を示し、SKD 5 はその中間の値を示している。

3.3 常温引張試験

SKD 6 および SKD61 の両鋼種は、試験片寸法 10 φ × 100 mm の中央部に 5 φ × 20 mm の平行部を切り込み切削加工後所定の熱処理を施行し、東京衡機製造所製の 10 t 万能試験機にて引張試験を行なった。その結果、焼戻温度 400°C および 500°C においては、SKD61 の引張強さは SKD 6 よりもやや大で SKD 5 はかなり低下する。SKD 6 および SKD61 の伸び、絞り、焼戻温度 400°C および 500°C では、非常に小さく焼戻温度 600°C で大となる。

3.4 高温引張試験

SKD 6 および SKD61 の両鋼種について、試験片寸法 10 φ × 300 mm の中央部に 5 φ × 20 mm の平行部を切り込み、試験片の両端は 10 φ × pitch 1.25 のネジを切削加工後、所定の熱処理を施行し、高温加熱装置は東京衡機製造所製の 10 t 万能試験機に装置し、加熱温度 300°, 500°C および 600°C にそれぞれ 20 min 間保持後引張試験を施行した。その結果両鋼種共焼戻温度の上昇

と共に引張強さは低下し、試験温度 300°C までは余り変化がないが、試験温度 500°C および 600°C では急に低下する。一般に高温強度は SKD61 のほうが SKD 6 よりやや大である。伸び、絞りは SKD61 では、各焼戻温度共試験温度 600°C でおおむね急激に上昇する傾向を示す。SKD 6 は、各焼戻温度共試験温度においてあまり差が認められない。

3.5 常温振り試験

SKD 6 および SKD61 の試験片寸法 10 φ × 100 mm の中央部に 5 φ × 5 mm の平行部を有するノッチを切り込み、切削加工後所定の熱処理を施行し、600 kg-cm 手動式振り試験機にて試験を施行し、最大振り応力を測定した。その結果、両鋼種共一般に焼戻温度 500°C の最大振り応力が最も大で、次いで焼戻温度 400°C のもの、焼戻温度 600°C のものの順に低下し、SKD61 の最大振り応力は、SKD 6 のそれよりもやや大で、これを SKD 5 と比較すると、SKD61 と SKD 6 のほうが大である。

3.6 高温振り試験

高温振り試験の試験片寸法は、10 φ × 300 mm の中央部に 5 φ × 5 mm の平行部を有するノッチを切り込み、所定の熱処理を施行し、また高温加熱方法としては、ニクロム線電気炉の中央がノッチの中心にくるように装置し、それぞれ 300°, 500°C および 600°C に加熱し、その温度に 20 min 間加熱後試験を行ない、この最大振り応力を測定した。その結果 SKD 6 および SKD61 共に試験温度の上昇と共に最大振り応力はおおむね低下し、

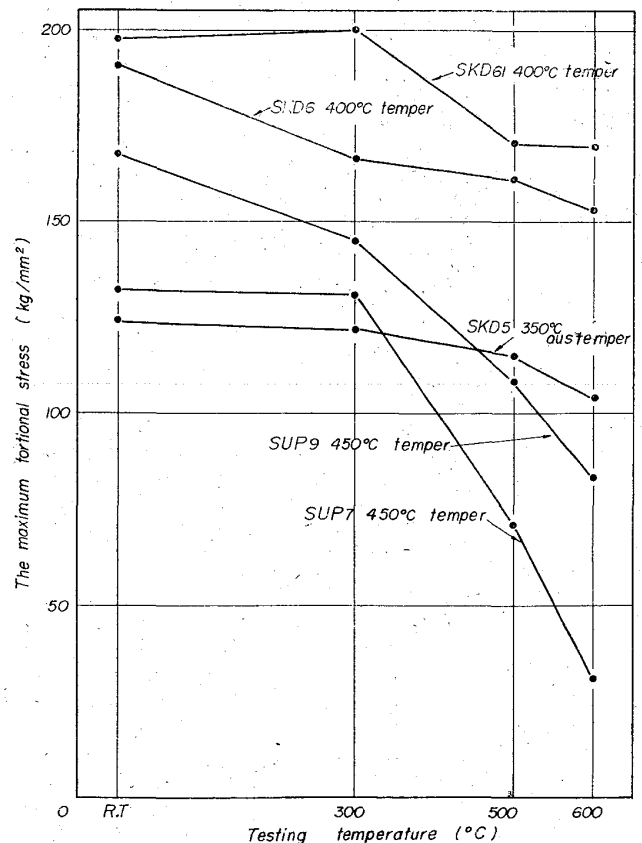


Fig. 1. Relation between the maximum torsional stress and testing temperature of SKD 6, SKD61, SKD5, SUP9 and SUP7 steels.

焼戻温度の上昇とともに同様な傾向を示すが、SKD61 では 400°C 焼戻しの最大振り応力が最も大であり、かつ両鋼種の内で最大値を示す。これを SKD5 の Austemper したものの SUP9、および SUP7 の焼戻したものと比較すると、両鋼種共最大振り応力は各試験温度共大である。試験温度 500°C および 600°C において SKD6、SKD61 および SKD5 の 3 鋼種共最大振り応力の低下率は比較的少ない。高温振り試験結果を Fig. 1 に示す。

3.7 Jominy 式焼入性試験

SKD6 および SKD61 の両鋼種をそれぞれ焼鈍後 JIS 規格の一端焼入性試験方法による規格寸法に切削加工後 SKD6 では、1100°C × 30min、SKD61 では 1050°C × 30min に保熱後一端を水冷にて焼入し、研磨後ピッカース硬度を焼入端から 1.5 mm の点より 5 mm 間隔に測定した。その結果、SKD6 については焼入端は最も硬度高く、焼入端より 20 mm の所まで硬度は低下し、20 mm 以後は、距離のいかにかわらず硬度の差は、あまり認められない。

SKD61 は SKD6 についての場合と同様な傾向を示すが一般に高い硬度を示す。これを SKD5、SUP9 および SUP7 のそれと比較すると、焼入端においては、SKD5、SUP9 および SUP7 の硬度がかなり高く焼入端から 10 mm 以後は全般に SKD6 および SKD61 が高い傾向を示し、焼入性は良好である。

4. 結 言

上記の諸試験の結果を総括すると、おおむね次のごとく述べることができる。

(1) 5%Cr-Mo-V 鋼系の SKD61 は、SKD6 よりも焼入のままおよび各焼戻温度共一般に硬度高く、500°C 焼戻しで硬度がやや上昇するがこれは焼戻 2 次硬化によるものと思われる。

(2) SKD61 の引張強さは焼戻温度 400°C および 500°C において SKD6 よりもやや大で、SKD5 はかなり低下する。高温の引張強さは、焼戻温度および試験温度の上昇とともに一般に低下する傾向を示し、SKD61 の 400°C 焼戻しのものが最大値を示す。伸び、絞りは、SKD61 において試験温度 600°C でおおむね急激に上昇の傾向を示す。

(3) 常温の振り強さは、SKD6 および SKD61 共に焼戻温度 500°C の場合が最大で、焼戻温度 400°C、500°C の順に低下し、SKD5 および SUP7 はこれより劣る。

高温の振り強さは、焼戻温度および試験温度の上昇とともに一般に低下する傾向を示し、SKD61 の 400°C 焼戻の場合が最大値を示す。

(4) SKD61 の焼入性は、SKD6 よりもやや大で SKD5 および SUP7 はこれらより焼入性が小である。

文 献

- 1) P. E. RUFF: Metal Progress, 75 (1959) 3, p. 103
- 2) J. M. THORIVTON: Materials in Design Engineering, (1960) Aug., p. 111
- 3) 堀田: 鉄と鋼, 40 (1954), p. 613
- 4) 堀田: 鉄と鋼, 42 (1956), p. 333

- 5) 堀田: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 38
- 6) 堀田: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 449
- 7) 堀田: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 573
- 8) 堀田: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 652
- 9) 堀田: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1029
- 10) 堀田: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 2062

(185) 調質軟鋼の低温における引張り諸性質におよぼす結晶粒度ならびに変形速度の影響

(高速衝撃引張試験機による鉄鋼材料の引張特性の測定—X)

東京工業大学

工博 作井誠太・工博 中村正久・○松田明教
Effects of Grain Sizes and Strain Rate on Tensile Properties of Quenched and Tempered Mild Steels at Low Temperatures.

(Measurement of tensile properties of steels with a high speed impact tension testing machine—X)

Dr. Seita SAKUI, Dr. Tadahisa NAKAMURA
Akinori MATSUDA

1. 緒 言

著者らは前報¹⁾において平滑試験片を用いて焼鈍軟鋼の引張諸性質におよぼす変形速度ならびに結晶粒度の影響を調べ、降伏強さの Cottrell-Petch の関係による解析を行なつて、摩擦応力および固着力のひずみ速度および温度依存性を求め、さらに靱脆遷移温度の結晶粒度依存性を論じた²⁾。

本実験では、前報と同じ軟鋼を用いオーステナイト結晶粒度のみが異なるソルバイト組織の試料に対し、上記の諸性質におよぼす組織の影響について調べた結果を報告する。

2. 実験方法

試料は 0.15%C, 0.21%Si, 0.44%Mn, 0.013%P, 0.009%S の分析値を有する軟鋼を用いた。試料の焼入温度は 950°C 一定とし、最高加熱温度を 950°~1300°C に変えて結晶粒度の異なる焼入試料を得た。これらの試料はすべて 650°C × 10hr の焼戻しを行なつて結晶粒度のみが異なつたソルバイト組織を有する 4 種類の試料を得た。それぞれの平均結晶粒直径は 0.60 mm, 0.091 mm, 0.070 mm, 0.048 mm である。

実験は常温より液体窒素温度範囲にわたつて、静的引張試験 (ひずみ速度 5.7×10^{-3} /sec) にはアムスラー型油圧万能試験機を、5m/sec (ひずみ速度 140/sec) および 40m/sec (ひずみ速度 1120/sec) の衝撃引張試験には回転円板型衝撃引張試験機を、38 mm/sec (ひずみ速度 2/sec) の衝撃引張試験には新しく試作したネジ駆動による引張試験機をそれぞれ用いた。また衝撃曲げ試験には容量 30kg-m のシャルピー試験機を使用した。

3. 実験結果

Fig. 1 には結晶粒の平均直径が 0.048 mm の低温に