

機械的性質について試験した結果を報告したが、これより 5%Nb, 1%V を含有したものは、室温度を600°Cとすることによって窒化時間を 10 hr に短縮でき、この時窒化硬度  $H_{M}V$  950 以上が得られ、機械的性質も良好であることがわかった。

文 献

- 1) 矢島, 古沢: 日本金属学会誌, 26 (1962), p. 141
- 2) 矢島, 古沢: 日本金属学会誌, 26 (1962), p. 371
- 3) 矢島, 日下, 鶴見, 山崎: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 550
- 4) 日下, 荒木, 佐々木: 日本金属学会, 昭 38 秋季大会講演概要, p. 62

669.15226-194:62/785/22.019  
 1539.4.011.24

(169) Cr 鋼の焼戻過程における降伏現象の異常性

(鋼の焼戻過程における降伏現象の異常性に関する研究—I)

日本製鋼所, 室蘭製作所

工博 石塚 寛・○千葉隆一・大西敬三

Abnormality in Yield Property of Cr-Steels during Tempering. *PP2028-2030*

(Studies on abnormality in yield property of steels during tempering—I)

Dr. Hiroshi ISHIZUKA, Ryuichi CHIBA and Keizo ONISHI.

I. 緒 言

Cr 鋼の焼戻しに関する研究は古くから行なわれているが、K. J. IRVINE らは 12%Cr 鋼の 550°C の焼戻しにおいて降伏比が異常低下する現象を観察している。筆者らもマルテンサイト系 13%Cr 鋼の熱処理試験において、これと全く同様の現象を観察した。しかしこの問題についてはまだ詳細に研究されていない。またこの現象は蒸気タービン翼材などの高 Cr 鋼にとって重要な問題であると考えられる。そこでその本質を明らかにするために一連の研究を実施中である。本報ではまず数種の Cr 鋼の焼戻過程における降伏比の異常低下現象について試験した結果を報告する。

II. 試料および試験方法

この試験に用いた材料の化学組成は Table 1 に示す通りで、いずれも低 C・Cr 鋼である。このうち 2%, 4% および 8%Cr 鋼の試料は 50kg 鋼塊から、13%Cr 鋼は 1.5T 鋼塊から鍛造して作製した。各試料は焼鈍、焼入れ後、300~700°C 間種々の温度で焼戻しを行ない、焼戻過程における引張性質、衝撃性質および焼戻硬度などの変化を観察した。なお引張試験は 14mm φ 引張試

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo
2%Cr	0.16	0.22	0.42	0.015	0.012	0.19	1.87	0.20	0.06
4%Cr	0.23	0.24	0.34	0.019	0.015	0.20	4.30	0.20	0.07
8%Cr	0.16	0.28	0.44	0.016	0.014	0.20	7.93	0.19	0.05
13%Cr	0.13	0.26	0.50	0.018	0.008	0.20	12.80	0.13	0.05

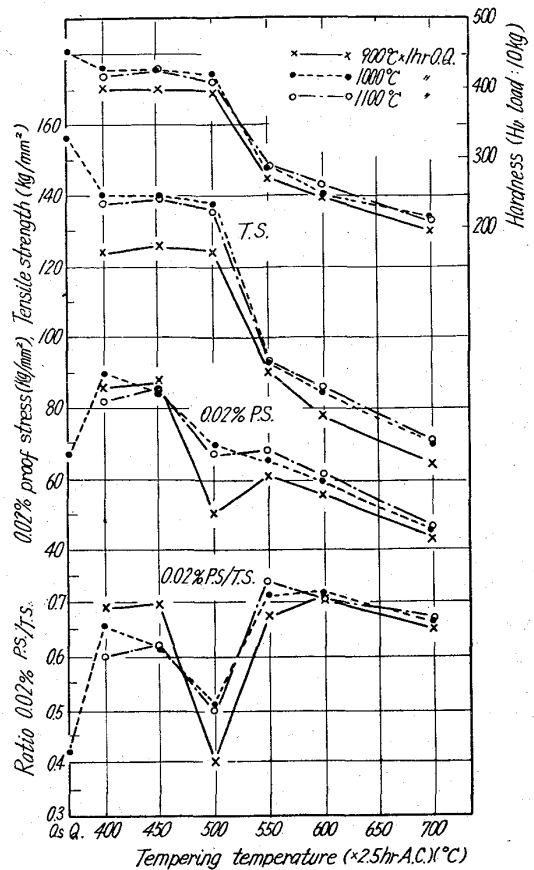


Fig. 1. Effect of hardening temperature on the mechanical properties of tempered 13%Cr-steel.

験片を用い、主として 1mm/min の歪速度の下で行なった。また耐力としては 0.02% の永久伸びを示す点を採用した。

III. 試験結果

1. 13%Cr 鋼についての試験結果

(1) 焼入れ温度の影響

Fig. 1 は、900, 1000 および 1100°C の温度に 1 hr 加熱後焼入れした低 C・13%Cr 鋼の焼戻過程における硬度および引張り性質の変化を示したものである。高Cr 鋼は焼戻温度 450~500°C においてわずかに第 2 次硬化の現象をあらわし、500°C 以上の高温度範囲での焼戻しでは急激に軟化するが、引張り強さも硬度と全く同様の経過をたどる。一方 0.02% 耐力は、引張り強さと同じ傾向を示さず、第 2 次硬化がおこる段階では低下する。したがって 0.02% 降伏比は、図に明らかなように、500°C 付近において急激に低下する。次に第 2 次硬化を過ぎ、over-ageing により軟化がおこる段階では降伏比は再び増大し、焼戻温度 600°C 付近で最高値を示す。

以上のように 13%Cr 鋼において、降伏比は第 2 次硬化を示す段階で急激に低下することが観察されたが、この現象は興味ある事実であろう。なお Fig. 1 において、耐力および降伏比の異常低下現象は、焼入れ温度が 900°C の場合において特に顕著にあらわれた。

(2) 焼入れ加熱保持時間の影響

焼入れ温度 1000°C の場合について、その加熱保持時間

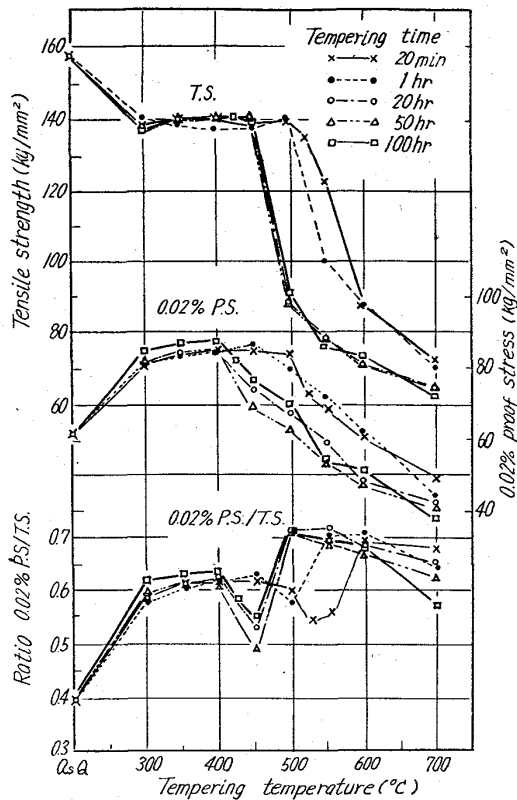


Fig. 2. Effect of tempering time on the tensile property of tempered various Cr-steels hardened at 1050°C.

を 20min, 1 hr および 2 hr の 3 種類に変化せしめて焼入れを行ない, のち焼戻しを行なつて, 降伏比の異常低下現象におよぼす焼入保持時間の影響, すなわちオーステナイトへの炭化物固溶度の影響を調べた. その結果, 降伏比の異常低下は, 焼入時の加熱保持時間の影響をあまりうけることなく, 同様にあらわれることを知つた.

(3) 焼戻保持時間の影響

降伏比の異常低下現象に対する焼戻保持時間の影響をみるために, 1050°C より焼入れした試料について焼戻保持時間を 20min, 1 hr, 20 hr, 50 hr および 100 hr の 5 通りに変えて試験を行なつた. その結果は Fig. 2 に示す通りである. すなわち, 焼戻保持時間が長くなるにつれて第 2 次硬化を示す焼戻温度はやや低温側に移動するが, 引張り強さおよび 0.02% 耐力の変化もこれと全く対応し, したがつて降伏比の異常低下を示す温度も焼戻保持時間が長い場合には低温側に移動する. この結果から, 降伏比の異常低下の現象は第 2 次硬化の現象とよく対応することがわかる. なお同図において, 焼戻時間の影響は 20 hr まではその影響があらわれるが, それ以上長時間の焼戻しでは硬度および引張性質に変化はみられない.

(4) 焼戻冷却速度の影響

降伏比の異常低下現象に対する焼戻脆性の影響をみるために, 焼戻終了後水中で急冷した場合と炉中冷却(0.5°C/min 以下)した場合の両者について引張性質を比較した. その結果いずれの場合にも, 焼戻温度 500°C 附

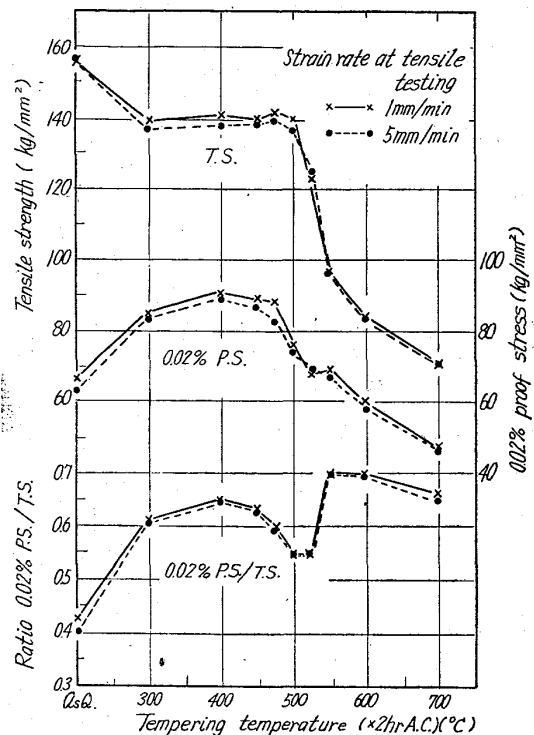


Fig. 3. Effect of strain rate at tensile testing on the tempered 13%Cr-steel hardened at 1000°C.

近に降伏比の異常低下がほぼ同程度におこり, 焼戻時の冷却速度の影響は特にみられなかつた.

(5) 引張り歪速度の影響

以上の試験においては, 引張り歪速度をいずれも 1 mm/min として引張試験を行なつたが, 降伏比の異常低下現象に対して引張速度はどのような影響を与えるかについてさらに検討を加えた. Fig. 3 は引張り速度を 1mm/min および 5mm/min の場合における結果を比較して示したものである. ただし焼入温度は 1000°C, 焼戻時間は 2 hr である. すなわちこの結果から, この程度の引張り歪速度の範囲内では, 引張り強さ, 0.02% 耐力および降伏比の変化は特にその影響をうけず, ほとんど変わらないことが分つた.

2. 各種 Cr 鋼についての試験結果

以上は 13%Cr 鋼について, その焼戻過程において降伏比の異常低下現象のおこることを観察したが, この現象は 13%Cr 鋼に限つておこるものであるかどうかをみるために, Table 1 に示したように 2%, 4% および 8%Cr 鋼を溶製し, これら各 Cr 鋼の焼戻過程における引張性質の変化を調べた. Fig. 4 に 13%Cr 鋼の場合を含めてこの試験結果を示す. ただし試料の焼入れは, 2~8%Cr 鋼については 900°C×1 hr O. Q., 13%Cr 鋼は 1000°C×1 hr O. Q. とし, 焼戻保持時間はいずれも 2 hr である. Cr 鋼においては Cr 含有量の増加に伴つて焼戻軟化の遅滞がおこり, 約 8% 以上において第 2 次硬化の現象をあらわす. 引張り強さの変化もこれとほぼ同様の傾向を示すが, この場合 4~13%Cr 鋼の引張り強さは接近して大きな差が認められず, いずれも焼戻温度 500°C までは高い引張り強さを有する. 一方 0.02%

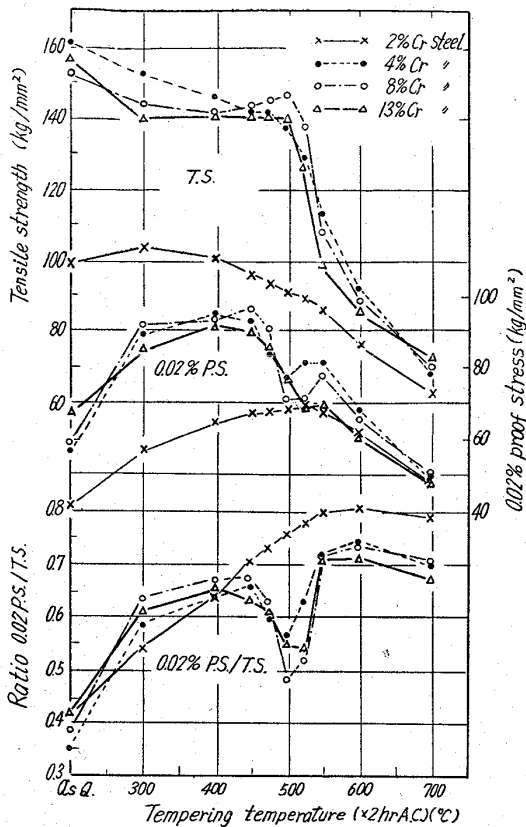


Fig. 4. Tensile property of various Cr-steels  
Hardening: 2~8%Cr steel—900°C×1 hr O. Q., 13%Cr steel—1000°C×1 h O. Q.

耐力の変化をみると、4%Cr以上のCr鋼については約500°C附近において低下の現象がみられたが、2%Cr鋼ではこのような特異な現象は観察されない。したがって降伏比は図に示すように、4%Cr以上のものにおいて異常低下の現象が明瞭に示された。

なお上記Cr鋼の焼戻過程における衝撃値の変化において、4~13%Cr鋼では焼戻温度500~550°Cにおいて衝撃値の著しい低下がみられたが、2%Cr鋼ではそれが観察されなかつた。

IV. 結 言

Cr鋼の焼戻過程における引張性質の変化を試験した結果、4~13%Cr鋼の500°Cの焼戻しにおいて降伏比の異常低下が観察されたが、この現象に関してつぎのような事実が明らかにされた。

- (1) 焼戻軟化されやすい低Cr鋼では降伏比の異常低下はおこらない。
- (2) 13%Cr鋼について、焼戻温度が低い場合には降伏比の異常低下の度合は著しい。なお焼戻加熱保持時間とは特に大きな関係をもたない。
- (3) 焼戻保持時間を長くすると、降伏比の異常低下はより低温度側でおこる。
- (4) 降伏比の異常低下の現象は第2次硬化を示す焼戻温度領域でおこり、第2次硬化現象と関連する。
- (5) 降伏比の異常低下の現象は、焼戻冷却速度ならびに引張試験における歪速度と特に関係はない。

文 献

1) K. J. IRVINE et al.: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 195 (1960) 8, P. 386

669.14.018.24:669.111.31:620.186.82  
539.43/

(170) 軸受鋼のセメントイト粒度と転動疲労

不二越鋼材

XO.64222

○大沢 真澄・工博 近藤 正男  
Cementite Grain Size and Rolling Fatigue of Bearing Steel.

Masumi OHSAWA and Dr. Masao KONDO.

I. 緒 言

言PP2030-2032

コロガリ軸受の耐久寿命に影響する因子は、設計、工作、潤滑、取付などの機械的因子と熱処理を含む材質的因子に大別される。後者は根本的にはマルテンサイト基地の強さであり、先天的なものとしては鋼中非金属介在物の量と質が有力因子であるので、真空溶解法などによつて、これが絶対量の低減を計り、また、新しい溶解技術の開発は介在物の内容を変化せしめて、耐久寿命の向上に寄与しているが、後天的なものとしてセメントイト粒度の影響を挙げることができよう。

従来、国産の軸受鋼は一般に過焼鈍気味でセメントイト粒が粗大であるといわれてきた。これが微細なものは粗大なものに比して、機械的強度が勝り、材料の疲労剝離による耐久寿命に対しても、微細組織が望ましいことは明かであるが、反面、JISによる焼鈍カタサの制約や切削能率向上の立場からは相反する要請がなされ、実状は焼鈍設備とも関連があつて、必ずしも微細ではない。

II. 実験方法と結果の概要

耐久寿命に対するセメントイト粒度の影響を調べる目的から、焼鈍条件を変えてセメントイト粒度の異なる素材を調製し、焼入れ焼戻したリング状試片で転動疲労試験を行なつた (Table 1, Fig. 1)。軸受のカタサは寿命に影響することが明かであるので、焼入れ焼戻後、

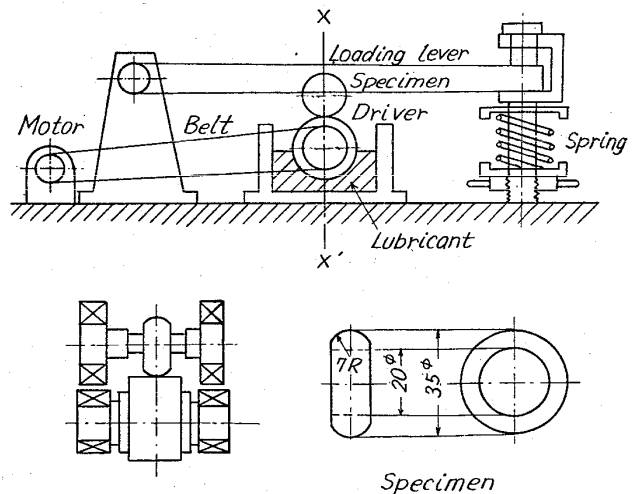


Fig. 1. Driver-follower type rolling fatigue tester.