

心迄殆ど同一硬度によく硬化して居り、高 W-Cr-V 鋼、中 Cr, Cr-Ni-Mo 鋼は中心迄概してよく硬化して居るが、中心に於て尙僅かに硬度が低く、低 Cr-低 W 鋼は内部に向ひ徐々に拋物線的に硬度が低下し、C 鋼では外周部の極く薄い層 (1~2mm) のみ硬化するに過ぎない。

終りに臨み御指導御鞭撻を賜りし渡邊社長、玉置研究部長、並びに村上武次郎先生に厚く御禮申し上げます。

(昭和 23 年 10 月寄稿)

脚 註

- 1) 舊海軍規格名 DA-6, C 0.25~0.35, Si<0.35, Mn<0.6, P, S<0.030, Cr 2.0~4.0, W 9.0~11.0, V 0.3~0.5%, ボーラー製鋼會社の WKZ はこれに相當する。
- 2) 鐵と鋼, 29 (昭 18), 233.
- 3) 佐藤清吉, 金屬の研究, 1 (1924), 741.
- 4) E. Houdremont, Sonderstahlkunde (1935), 301.
濱住松二郎, 輓近鐵鋼及特殊鋼 (昭 19), 351.
- 5) 日立評論, 23 (昭 15-9).

- 6) " 27 (昭 19-4), 217.
 - 7) 最高加熱溫度に於て切電爐冷, 冷却速度は 800° 附近で 20°/mn, 500° 附近で 10°/mn, 250° 附近で 5°/mn.
 - 8) No. 1' は緒言に於て述べた所の某所より送附されたる破損したスリーブである。
 - 9) 抗張試験の際材料が脆き爲荷重が抗張力に到らずして切斷。
 - 10) 吉川晴十, 鍛造 (實用機械工學), 81.
堀岡米吉, 鍛鍊鍛造 上卷 (昭 19), 226.
足立彰, 機械工作, 7 (昭 19), 383.
W. Oertel, Maschienenbau, 5 (1926), 878, etc.
 - 11) 吉城肇蔚, 機械, 16 (昭 18), No. 9, 65.
岡田一郎, 日本金屬學會誌, 8 (昭 19), 408.
- 第 3 圖中訂正
600° 焼戻試料の高温試験に就て, No. 1 の 600° に於ける抗張力は 90kg/mm², 全降伏點は 70kg/mm² に訂正す。

耐熱鋼の高温に於ける性質に就いて

(日本鐵鋼協會第36回講演大會 昭 23. 10 於大阪)

多賀谷正義*・伊佐重輝**

THE PROPERTIES OF SOME HEAT RESISTING STEELS AT HIGH TEMPERATURE

Masayoshi Tagaya & Shigeteru Isa

Synopsis:— Several heat resisting steel wires of Fe-Cr and Fe-Cr-Al system were tested. This paper contains the following results of test and some discussion: The tensile strength, elongation and specific resistance at high temperature up to 1200°C. Variation of the tensile strength, elongation, number of repeated bending and specific resistance at room temperature after long time heating at 500°C, 600°C, 700°C & 800°C. Life Value at 1100°C and 1200°C.

(I) 緒 言

耐熱鋼の性質としては高温度に於ける強度, 耐酸化性, 熱膨脹, 高温脆化等が挙げられるが, 電熱用抵抗體としては以上の他に固有抵抗が重要な性質として附加されねばならぬ。従來電熱用抵抗體としては Fe-Cr-Al 系

合金がクロムの代用として用いられ、之れに關しては諸權威の種々の研究が發表されたが本實驗に於ては主として Fe-Cr-Al 系合金を用いて抗張力及伸, 屈曲値, 固

* 大阪大學教授

** 大阪大學工學部冶金學教室

有抵抗、寿命値等の諸性質の變化を究明し如何にしてニクロムに劣らぬ優秀な電熱用抵抗體が得られるかを研究せんとしたもので惹いては耐熱鋼の改良研究に進めて行く所存である。

(II) 實驗試料並びに實驗方法

試料は「第1表」に示す如き 11Cr, 12Cr, 13Cr・1.5Al, 9Cr・2Al, 24Cr・2Al, 31Cr・1.5Al の Fe-Cr 系及 Fe-Cr-Al 系合金の 24 番線 (φ 0.510mm) に線引したものをを用い、同番に線引したニクロム線を併用しその性質を比較検討した。

第1表 試料分析結果

	C%	Cr%	Al%	Ni%
11Cr	0.16	11.01	—	—
12Cr	0.13	11.98	—	—
13Cr 1.5Al	0.08	12.77	1.54	—
9Cr 1.5Al	0.12	8.87	2.01	—
24Cr 2Al	0.10	23.85	2.03	—
31Cr 1.5Al	0.05	31.36	1.46	—
Ni-Cr	0.21	22.30	—	76.54

本實驗では常溫から 1200°C 迄の 100° 毎の各溫度に於ける抗張力、伸及電氣比抵抗の變化を調べ次に 500°C, 600°C, 700°C, 800°C に夫々 1 日, 2 日, 3 日, 5 日, 7 日間と加熱した試料につき常溫に於ける抗張力、伸、屈曲値、電氣比抵抗を測定し長時間加熱に依る性質の變化を調べ、併せて 1100°C, 1200°C に於ける壽命値を測定した。

屈曲値及壽命値の測定は臨時日本標準規格 (第 198 號類別 C) に規定した方法に従つて行つた。

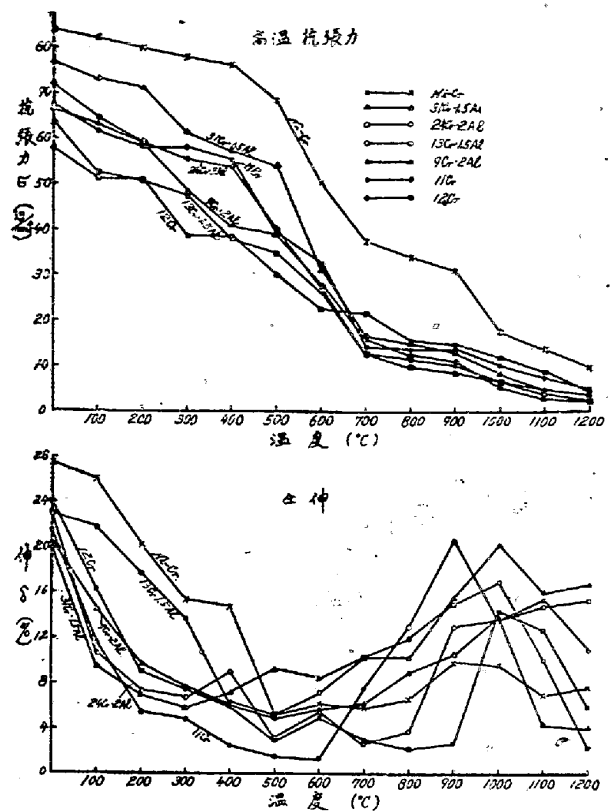
(III) 實驗結果並びに考察

1. 高温抗張力及伸

高温の狀態に於ける抗張力及伸の變化は「第1圖」に示した如く、抗張力は 500°C 迄は漸次減少し 500°C より 700°C 迄急激に減少して殆んど 20kg/mm² となり 800°C, 900°C, は少々減少は緩かになり 900°C を越えると再び少しく急に減少する。

伸は 500°C 附近にて最小を示し再び上昇して 900°C ~ 1000°C に於て 14~16% となり一つの極大を示す。之は 500°C 附近に於けるフェライト鋼の青熱脆性を示すものでニクロムには勿論この變化は現はれない。

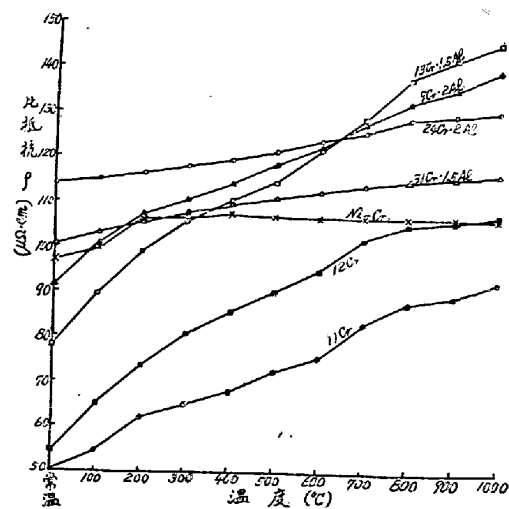
13Cr・1.5Al, 9Cr・2Al が 1200°C の高温に於て伸が最も小なのは Cr% の割合に比し Al% の大きいもの即 Al%/Cr% が大のもの程結晶粒成長の大となる爲と考へられる。



第1圖 高温に於ける抗張力及伸の變化

2. 高温比抵抗

比抵抗の變化は「第2圖」に示した如くニクロム及高クロムで Al 含有のものは溫度上昇による變化は少いが低クロムのものは Al 含有のものも溫度と共に可成りの上昇度を示す。而して 600°C ~ 700°C に於て幾分急に上昇する。ニクロムは 500°C より寧ろ幾分低下するが之れは從來の研究結果と同様である。「第2圖」にても明かな如く Cr% 低くとも Al の添加により抵抗は相當大となることは勿論であるが、Al%/Cr% が大のものは抵



第2圖 溫度—電氣比抵抗圖
(溫度上昇の時)

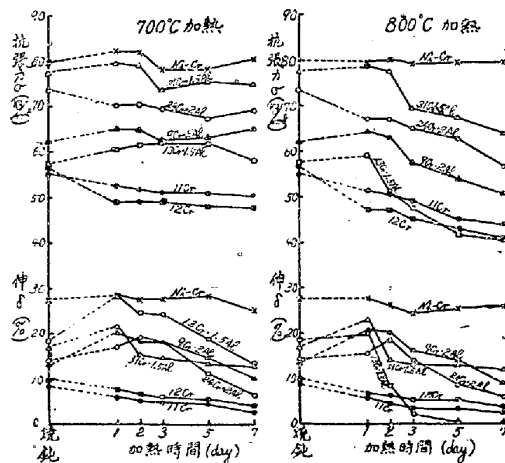
第 2 表 長時間加熱後の抗張力 (σ) 及伸 (δ)

加熱温度	500°C								600°C							
	1日		2日		3日		5日		1日		2日		3日		5日	
加熱時間	σ	δ	σ	δ	σ	δ	σ	δ	σ	δ	σ	δ	σ	δ	σ	δ
試料																
11 Cr	52.0	7.1	54.3	5.5	55.0	5.0	55.1	6.5	53.1	7.7	52.6	8.5	53.0	5.6	53.0	6.4
12 Cr	49.7	6.1	51.5	8.5	52.5	9.0	49.5	7.5	51.0	9.0	52.5	8.5	51.3	8.5	51.7	7.5
13 Cr 1.5Al	63.6	23.0	64.4	24.2	62.4	22.3	62.7	21.3	62.3	23.6	61.0	22.3	59.1	15.3	56.7	13.2
9 Cr 2Al	65.1	14.9	68.6	18.1	66.7	17.7	67.4	17.6	66.9	19.8	66.6	18.8	65.5	23.2	62.8	15.9
24 Cr 2Al	81.6	7.2	77.4	9.6	77.4	6.1	72.1	13.8	70.7	19.8	71.0	13.1	69.4	13.1	72.2	10.9
31 Cr 1.5Al	82.4	19.8	88.6	21.1	90.3	18.4	78.8	20.1	79.2	20.0	78.8	20.5	77.2	19.4	83.8	19.1
Ni-Cr	86.5	26.0	87.0	24.7	83.3	25.9	87.0	26.6	83.9	29.9	81.5	20.9	83.4	22.7	82.8	26.2

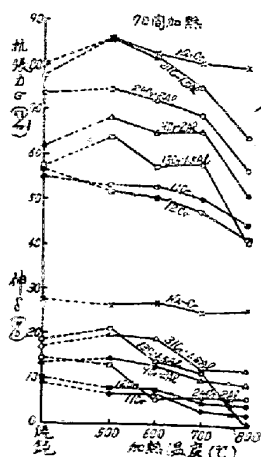
抗増加の傾向が著しい。この測定は勿論酸化の影響を防ぐ爲真空加熱により行つた。

3. 長時間加熱後の抗張力及伸

加熱温度、加熱時間の影響に依る抗張力、伸の變化は「第2表」及「第3圖」で示した如く、抗張力は 700°C



第3圖 加熱に依る抗張力及伸の變化
(加熱時間の影響)



第4圖 加熱に依る抗張力及伸の變化
(加熱温度の影響)

以下では長時間加熱を行つても大した變化なく、伸は700°Cから長時間加熱と共に減少の傾向を示す。800°Cになると加熱時間の増加と共に抗張力及伸共に減少する。

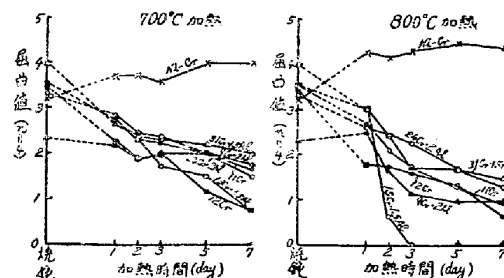
加熱温度より見ると大體温度の上昇と共に抗張力、伸共に減少するが、「第4圖」に示した如く長時間加熱(7日間)では700°Cを越えると抗張力の減

少は著しくなる。(紙面の都合上、圖を成る可く少くせんとした爲500°C、600°C加熱の著しい變化のないものゝ測定値は表にて一括示した。以下屈曲値、比抵抗の變化も同様である。)

一般には抗張力が減少すれば伸は増加するが、この場合伸も共に減少するのは試料の内部的の變化即結晶粒の成長、炭化物の析出等と外部的の變化即酸化、窒化等との總和による影響と考へられるが、酸化は大體800°C以上に於て著しく進行すると考へられる。それは800°C以下でも酸化が大とすれば電気抵抗は増加し「第8圖」に見られる如く減少しない筈である。故に内部的の變化が矢張り大きな素因と考へられる。

4. 長時間加熱後の屈曲値

加熱温度、加熱時間の影響に依る屈曲値の變化は「第3表」に示した如く、500°C、600°C迄は加熱時間による變化は少いが「第5圖」に示した如く、700°C、800°Cになるとニクロムを除き加熱時間の増加と共に屈曲値は減少し「第7圖」に見られる如く、900°Cになると極めて短時間にて屈曲値は0となり1000°C以上では更に著しく短時間で0となる。而して高クロムのものと低クロムのものとの差が急に目立つて来る。

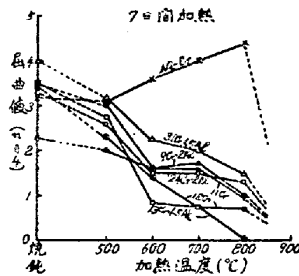
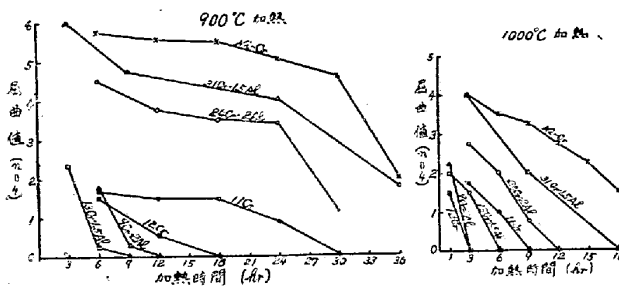


第5圖 加熱に依る屈曲値の變化
(加熱時間の影響)

加熱温度より見ると、ニクロムを除き大體加熱温度の上昇と共に減少するが800°Cを越えると屈曲値はニクロムも共に急激に減少し900°Cでは殆んどが0となる。

第 3 表 長時間加熱後の屈曲値 ($n=4$)

加熱 温 度		500°C				600°C			
試 料	時 間	1 日	2 日	3 日	5 日	1 日	2 日	3 日	5 日
11 Cr		3.50	3.32	3.18	3.25	2.25	2.08	3.00	2.32
12 Cr		2.42	2.18	3.18	2.50	1.42	1.68	3.00	2.58
13 Cr	1.5Al	3.32	2.68	2.93	2.93	2.68	2.25	1.67	1.75
9 Cr	2Al	3.00	2.83	2.17	2.25	2.43	2.25	1.67	1.75
24 Cr	2Al	2.93	3.00	3.18	3.18	2.68	2.25	1.83	1.58
31 Cr	1.5Al	3.75	3.68	3.83	3.75	3.32	3.32	2.50	2.43
Ni-Cr		3.42	3.42	3.50	3.18	3.75	3.68	3.83	3.58

第 6 図 加熱に依る屈曲値の変化
(加熱温度の影響)第 7 図 加熱に依る屈曲値の変化
(加熱時間の影響)

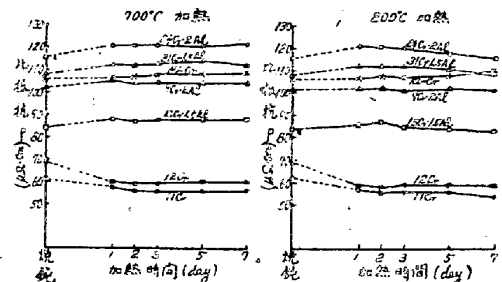
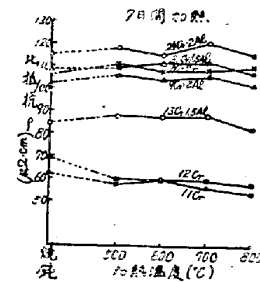
「第 6 図」は 7 日間加熱の場合を示すが 1 日, 2 日, 3 日, 5 日間加熱の場合も同様である。(図は省略す)

此の 800°C を越えると屈曲値が急激に低下するのは結晶粒成長の影響により脆化したもので「第 7 図」に見られる如く, 9Cr・2Al, 13Cr・1.5Al の如く Cr% の割に比し Al% の高いもの程結晶粒の成長が大であること

を明かにして居る。屈曲値も抗張力と同様 800°C 以上では酸化の影響の考へられることは勿論である。

5. 長時間加熱後の電気比抵抗

加熱温度, 加熱時間の影響に依る電気比抵抗の変化は「第 4 表」及「第 8 図」に示した如く, 加熱時間によつては殆んど変化は認められない。

第 8 図 加熱に依る電気比抵抗の変化
(加熱時間の影響)第 9 図 加熱に依る電気比抵抗の変化
(加熱温度の影響)第 4 表 長時間加熱後の電気比抵抗 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)

加熱 温 度		500°C				600°C			
試 料	時 間	1 日	2 日	3 日	5 日	1 日	2 日	3 日	5 日
11 Cr		61	59.5	58.5	59	61	64	62	62
12 Cr		61	60.5	59.5	60	61	63.5	63	63
13 Cr	1.5Al	90	93	87.5	87.5	88.5	91.5	88	88.5
9 Cr	2Al	103	102	105.5	102.5	104	103	105.5	101
24 Cr	2Al	116	116	114	116	119	122	117	116.5
31 Cr	1.5Al	110	114	111	109	110.5	114	111	110.5
Ni-Cr		108	110	110	109	105.5	108.5	104.5	112.5

又加熱温度によつても「第9圖」に示した如く、大體變化は少いと考へてよいが略々 800°C になるとニクロム以外抵抗は稍々下る。前述の如く之れにより 800°C にては未だ酸化の影響はないと考へられる。

6. 壽命 値

壽命値は 1100°C, 1200°C の場合に就いて測定した結

第5表 壽命 値

試 料	温 度	1100°C	1200°C
11 Cr		28.4	2.0
12 Cr		43.7	2.0
13 Cr 1.5Al		54.7	1.6
9 Cr 2Al		56.7	2.4
24 Cr 2Al		227.4	66.8
31 Cr 1.5Al		359.0	147.0
Ni-Cr		397.0	139.3

果を「第5表」に示した。之れは酸化試験とも考へられるが、Al を含むものは Cr% 低くとも少しく良好である。Cr を 20% 以上含有すると壽命値は著しく良好となる。

(IV) 結 語

以上の實驗の結果より見るに、勿論前述の如く高温に於ける性質は内部的變化と外部的變化即酸化、窒化の影響の總和により決定されるので、真空中にての加熱により外部的影響を與へずに究明すべきで、この場合の結果は次の機會に比較研究する豫定である。

尙加工即との場合伸線技術の良否により高温性質に與へられる影響は相當大であることは云ふ迄もない。

(昭和 23 年 12 月寄稿)

炭素發條鋼と Si-Mn 發條鋼との繰返打撃試験

(昭和 23. 10 月本會講演大會講演)

新 持 喜 一 郎*

REPEATED IMPACT TESTS ON PLAIN CARBON AND Si-Mn SPRING STEELS

Kiichiro Shinji

Synopsis:— The author investigated the durabilities of plain carbon and Si-Mn spring steels by repeated impact tests. The results are as follows:—

- (1) The author supposes that Si-Mn steel is superior to plain carbon steel when the energy of impact is beyond a certain limit and the latter is superior to the former when the energy is below it.
- (2) Si-Mn steel is lower than plain carbon steel in the tensile strength and yielding point against equal hardness, and higher in the elongation, reduction, impact value and durability.
- (3) Durability is higher with higher elongation, reduction and impact value.

(I) 緒 言

發條鋼としては炭素鋼、Si-Mn 鋼及び Si-Mn-Cr 鋼等がある。我が國に於ける實狀からこれ等の各鋼種就中炭素鋼と Si-Mn 鋼を比較検討するに前者の方が折損等の事故が比較的少く、この點米國等の實績に比較して逆の結果が出てゐる。この點を松村式繰返打撃試験機による動的荷重試験によつて比較検討せんとした。

(II) 試 料

第1表は供試材の化學分析結果である。規定方法に大略仕上げた後何れも 860°C から油冷し、次で C6 は 380~500°C の各温度に、又 SN 1 及び 2 は 430~550°C の各温度にそれぞれ焼戻した。焼戻後前者は空冷、後者は

* 日立製作所安來工場