

試片を用いて 650°C および、700°C でラプチャー試験を行った結果についても報告する。

化抵抗が大となり、W, Mo を少量添加することにより高温抗張力が大となることが判明した。

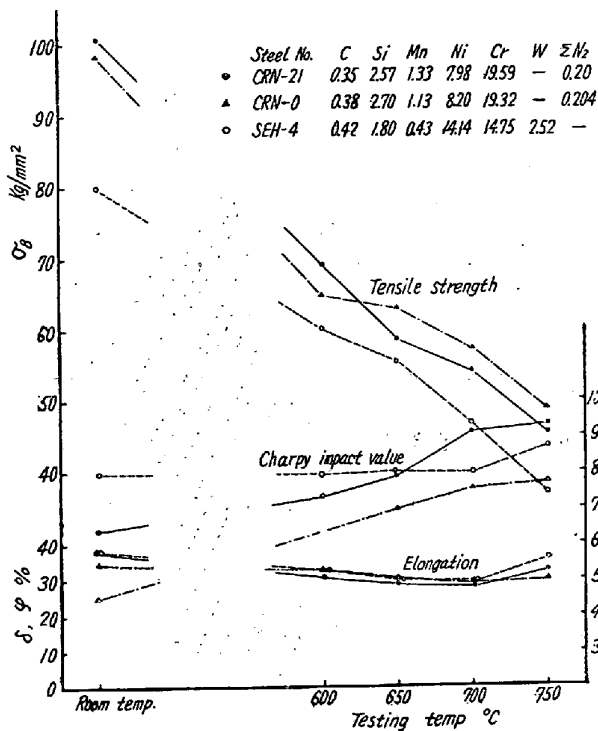


Fig. 2. Mechanical properties at high temperature.

(5) 酸化試験

弁は高温の排気ガスによって酸化および腐蝕を受けるが、実験室的には空気中の酸化試験および熔融鉛化合物中に浸漬した場合の重量減によってその性能を推定する方法がとられている。まず空気中の酸化試験としては、1050°C 油冷後 12φ×40 mm 試片をつくり、04 ペーパー仕上りの後管状電気炉にて 900~1100°C でおのおの 24 h 加熱して酸化増量を測定し、また繰返し加熱冷却を行った場合についても試験した。1100°C では 1000°C におけるよりもかなり酸化増量は増し、とくに Si の低いもの、および SEH-4 においていちじるしい。合金元素の影響としては Si の増加につれて急激に酸化増量は減少する。W, Mo, V, Cu, Cb の添加によって酸化増量は増加の傾向を示す。SEH-4 は本鋼種の基本成分のものに比較して酸化増量はかなり多い。熔融鉛化合物としては PbO, PbO+PbSO₄ 中に浸漬試験を行った。

III. 結 言

以上 C 0.4%, Si 3%, Mn 1.2%, Ni 8%, Cr 19%, N₂ 0.2% を基本成分として W, Mo, V, Cb, Cu を添加した C, Si および N₂ を変化させて試験した結果、N₂ 添加が常温および高温機械的性質をいちじるしく改善することを確認し、また Si の増加によって耐酸

(120) Fe-Al-Ti 系耐熱合金の研究

(焼鈍硬度および組織について)

Studies on Fe-Al-Ti System Refractory Alloy

(On annealing hardness and structure)

H. Horiguchi, et alii.

東京大学工学部

工博 芥川 武・工 藤田利夫・○堀口 浩

I. 緒 言

真空熔解技術の発達にしたがつて新しい耐熱合金が次々と作られているが、本研究は Fe-Al-Ti 系を採り上げ若干の基礎実験を行ったものである。

II. 実験試料

外熱式高周波真空熔解炉を用い試料約 2kg を熔解した。真空度は 5×10⁻⁴~10⁻³ mmHg に保つ。

出来た鋼塊を鍛造し一部を 10mm 角に他を 20mm 丸に仕上げ、前者を焼鈍硬度測定用および組織観察用に後者をさらに機械加工を施しクリープラプチャー試験用とした。各試料の成分については Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of specimens.

No.	Al	Ti	Additional elements
1	10.1	—	—
2	6.5	2.7	—
3	7.4	2.95	—
4	9.7	2.87	—
5	9.7	3.47	—
6	11.7	2.91	—
7	9.8	2.86	Ni 2%
8	9.5	2.88	Mo 2%
9	9.2	2.93	Cr 2%
10	9.2	2.85	Co 2%

III. 実験結果

添加出来る Al および Ti 量の限度を知るために、各試料の鍛造後の様子を観察すると、No.5 はいちじるしい割れが発生しており非常に脆くなっている。したがって Al が 10% 前後入っている物に Ti 3.5% の添加すると鍛造がいちじるしく難しくなることが判る。また No.6 では鍛造が出来たが機械加工はいちじるしく難しい。

600°C から 800°C 間を 50°C 置きに、おのおのの温度における焼鈍硬度を測定し Al および Ti 量の焼鈍硬度におよぼす影響および他の添加元素のこれにおよぼ

す影響につき調べた。いずれも炉から取出して水冷しビッカース硬度を測つたものである。

Ti を含まぬ No. 1 の硬度は低く、焼鈍中の硬度の変化はいかなる温度でも起らない。また Ti を 3% 近く含んでも Al 量の少ない No. 2 および 3 では最初の硬度は低いが幾分時効硬化を起しているのが認められる。Al 10% および Ti 3% 含む No. 4 では Fig. 1 に示す様に 600°C および 700°C ではいちじるしい時効硬化を示しているが、700°C 以上の温度では認められない。これ以上 Al, Ti 量の多い No. 5 および 6 では鍛造および機械加工は難しくなるが、焼鈍硬度は No. 4 と大して変化しない。以上のことから Al 9~10% および Ti 3% が適当と考えられる。

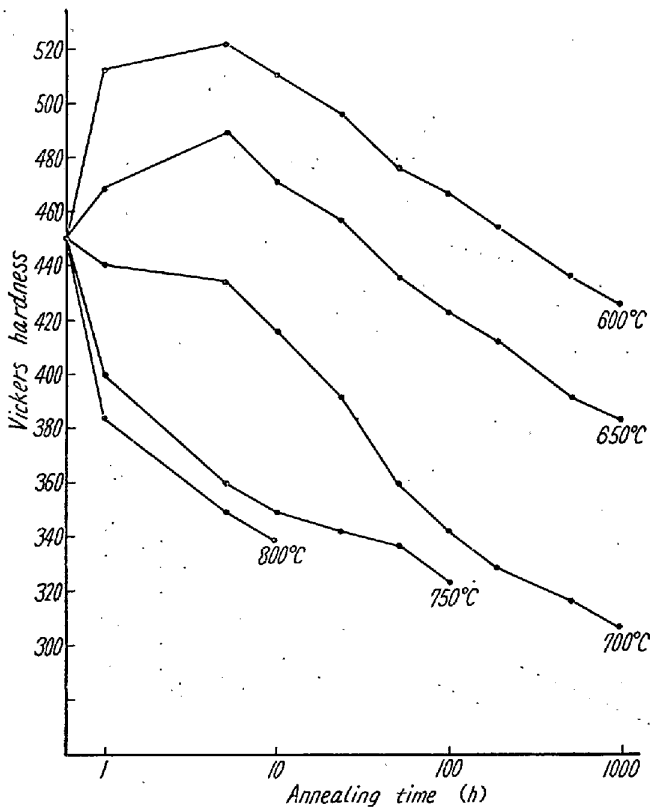


Fig. 1. Effect of temperatures on annealing hardness. (after 1150°C×1.5 h).

Al 9~10%, Ti 3% を標準とし添加元素を加え焼鈍軟化抵抗を大きくする目的で Ni, Mo, Co, および Cr を 2% 添加して焼鈍硬度を測定した。その一例として 700°C の結果を Fig. 2 に示す。

各温度における測定結果に共通する点は

i) Mo 2% の添加では初期の軟化抵抗は大きい、途中 (650°C では 100~200 時間, 700°C では 25~50 時間, 750°C では 5 時間前後) で急激に軟化し標準試料たる No. 4 より硬度は低下する。

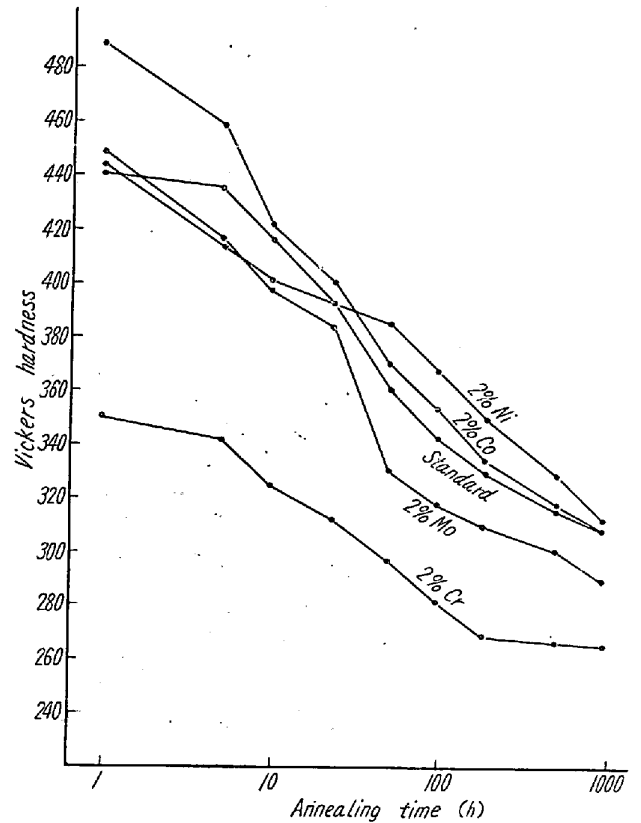


Fig. 2. Effect of additional elements on annealing hardness. (after 1150°C×1.5 h/AC, 700°C).

ii) Cr の添加はいちじるしく硬度を低下し 650°C 以上では時効硬化は認められない。ただし 600°C では若干時硬を起している。

iii) Ni および Co の添加は軟化抵抗を増大する。Ni に特にいちじるしいが切削性が悪くなるのに対し Co の添加は切削性をいちじるしく改良する。

硬度の変化および鍛造性の難易を説明するために各試料の組織を観察した。Fig. 3 および 4 に試料 No. 4 および 5 の電子顕微鏡組織を示した。

その結果時効硬化の原因となるのは微細な析出物である。すなわち Al を含まない No. 1 では析出物が全く

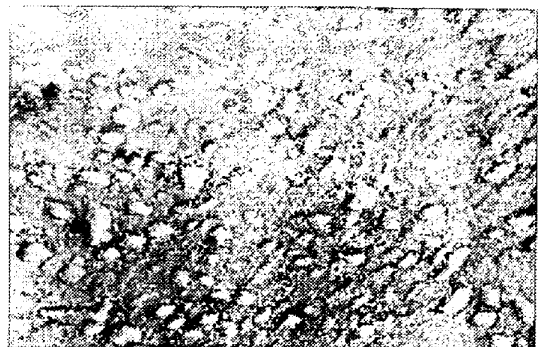


Fig. 3. Structure of No. 4. ×8000(1/2)

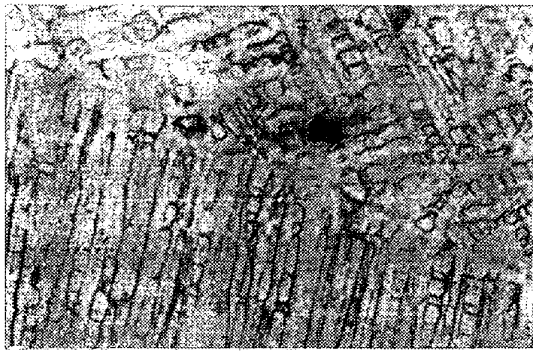


Fig. 4. Structure of No. 5. $\times 8000(1/2)$

認められず、時効硬化の強いもの程析出物の量が多くなっていることが判る。さらに多くなると Fig. 4 に示すように方向性を有し非常に脆くなる。添加元素の析出物におよぼす影響のいちじるしいのは Cr で、Cr の入った No. 9 では全く析出物は現われない。その他の添加成分では析出物の形状および量におよぼす影響ははつきり

しない。以上の析出物の形状は Fe-Al-Ni 系の析出物と非常に類似している事が指摘出来る。

さらにこの析出物を 4% クエン酸 + 0.5% 塩酸で電解抽出し X 線で解析した所、考えられる Fe-Al, Fe₃Al, Fe₂Al₃, Al-Ti, Al₃Ti 等ではなく、格子定数 2.07 Å の単一立方格子と推定されるがさらに研究中である。

IV. 結 言

Fe-Al-Ti 系耐熱合金は 9~10% Al, 3% Ti が適当であり、それ以下では十分な時効が期待されず、これより多いと加工上の制約を受ける。

添加成分としては Ni が非常に有望であるが加工上に障害がある。Co の添加は加工の上から特に有利である。Cr および Mo の添加は硬度を低下する。

時効は単一立方格子の析出物によつて起り、その量は Al および Ti 量に左右される。

ジャパン・サイエンス・レビウ誌 (採鉱冶金工学編) 発行について

The Japan Science Review. —Mining and Metallurgy—

(日本鉱業会, 熔接学会, 日本鋳物協会, 軽金属協会, 金属表面技術協会, 日本会属学会, 日本鉄鋼協会出版合同委員会発行)

わが国の採鉱および金属工学に関する研究論文の総括的目録並びに概要更にその分野における学術研究の動向についての展望を英文にて収録し広く内外に紹介することを目的とし、かねて文部省の斡旋援助の下に上記関係 7 学協会にて出版合同委員会を設け標記の英文誌を発行することになりましたが、既にその第 1 巻第 1 号は昨年 2 月, 同第 2 号は同じく 12 月に発行し、文部省を経て諸外国の関係筋へ配布済みであります。なお余部がありますので、御希望の方には会員に限り下記頒価にてお頒ち致します。御希望の方は協会宛お申込下さい。

第 1 巻第 1 号 (B 5 判本文頁数 168) 頒価 300 円
(定価 400)
第 2 号 (B 5 判本文頁数 190) 頒価 350 円
(定価 450)

内容は各号とも次の通り

Part. I 研究論文題目: 採鉱および金属工学関係学協会誌, 大学研究報告, 研究所報, 会社技報等から論文を選定して, 一定の基準によつて題目を配列したものである。

Part. II 抄録欄: 上記論文の内, 学术界に紹介するに足る優秀なものを選定して英文抄録を作成し, U. D. C. 番号をつけて, その順に配列したものである。

Part. III 展望欄: 採鉱, 金属工学関係の年間の研究状況, または技術的動向についての展望。

索引

収 録 期 間

第 1 巻第 1 号 昭和 30 年 10 月~31 年 3 月
第 1 巻第 2 号 昭和 31 年 4 月~31 年 12 月
第 2 巻第 1 号 (本年 3 月発行予定) 昭和 32 年 1 月~6 月