14S 系合金に於ける熱処理の影響

THE EFFECT OF HEAT-TREATMENTS ON 14S TYPE ALLOYS

田 中 浩^{*}
HIROSHI TANAKA

長 久 保 栄 一
EIICHI NAGAKUBO

Recently the alloy 14S has again attracted much attention as structural material. For it contains much Si and Fe which generally tend to be increased when light alloys' scraps are repeatedly melted. And it has a high tensile strength and yield point such as 49kg/mm² and 42kg/mm² respectively.

In order to understand this alloy more in detail, we prepared many alloys the composition of which are in the range of Cu 4.0~4.5%, Mg 0.0~1.5%, Mn 0.6~1.0%, Si 0.2~1.6%, Fe 0.2~0.7%, and which were quenched, natural-aged and tempered. Their mechanical properties were compared. The results are follows.

- 1) There is only a slight difference between the effect of 4.0% Cu and 4.5% Cu, and 0.6% Mn and 1.0% Mn. The proper range of Mg has proved to be 0.5~1.0%.
- 2) In the case of 0.2% Si, the tempering effect is small, but when 1.0% Si is contained, its effect is so large, that is, the increase in yield point is as large as more than 10 kg/mm² and the decrease in elongation is nearly while the tensile strength is not largely effected.
- 3) The bad effect of Fe decreases in proportion to the increase of Si content. When Si content approaches 0.8%, the effect of Fe practically disappears.
- 4) The experiment was also conducted on the temper-hardening characteristic of these alloys, varying the time and temperature for heating. The results show that (a) the higher the quenching temperature, the higher is the maximum hardness, (b) the lower the Si content, the longer is the time to reach maximum hardness, (c) the most adequate tempering temperature for 14S is 170°C, while heating at 150°C requires a rather long time, and at 200°C the maximum hardness becomes lower. As for 24S, 200°C is more suitable.

§ 1 緒 言

戦後 14S が構造材として再び世の注目を浴びて来た。それは戦時中に堆積したアルミニウム合金屑を処理する際に、14S として用いるのが最も効果的だからである。何故なら 14S の標準組成は、Cu 4.5%、Mg 0.4%、Si 0.8%、Mn 0.8%、Fe < 1.0% であり、普通、屑には増加の傾向にある Si、Fe を多く含んでいることが第一の利点であり、第二には、この合金が通常、抗張力 49kg/mm²、降伏点 (0.2% 永久歪) 42kg/mm² という軽合金として最高の部類に属する強度を有する点である。唯、

難を云へば、焼戻処理も附加せねばならないことである。

以上の様な情勢にあつて、我々も 14S をよりよく知る必要が生じて来たので、14S 標準組成の近傍で種々に組成を変へたものについて、それらの熱処理による影響を調査することになった。

実験は先づ、全試料に対して同一熱処理を施してその機械的性質を比較検討し、次にそれ等の内の代表的試料について、焼戻の時間、温度曲線を求めた。後者に類した実験には過去のものも種々あるが、主として二元合金及びジュラルミンについてである。ジュラルミンについて

^{*} 古河電気工業株式会社 日光電気精銅所研究課長
The Furukawa Electric Co., Ltd.

の実験には P. Benner¹⁾ K. L. Dreyer²⁾ M. Hansen
& K. L. Dreyer³⁾ 朝倉潮等^{4) 5)}があり、二元合金について
は多数ある。

§ 2 試 料

試料は大別して二系列に分れる。即ち、第一の系列は
Cu 4.0%、4.5% ; Mg 0.0%、0.5%、1.0%、1.5% ; Si
0.2%、1.0% ; Mn 0.6%、1.0%の内から夫々 Cu, Mg,
Si, Mn の各%のものを一つ宛選んで一つの合金に配合
したもの、計 32 種を作成した。第二の系列では、Cu
は 4.0%及び 4.5%、Mg 及び Mn は夫々 0.4%、0.8%
と一定にし、之に Si を 0.3~1.65%、Fe を、0.4~0.7
%迄のものを夫々組合せたもの、計 30 種を作成した。
之等試料の分析結果は第 1 表に記してある。以上の試料
を 4 mm まで熱間圧延、以下冷間圧延して 1 mm 厚の板

に仕上げた。この板に適当な熱処理を施して夫々の性能
を調査した。尚、各性能値は 3 枚の測定値の平均である

§ 3 実 験 I

第一回の実験には、全試料に対して次の 3 種の熱処理
を施した。

a. 495°C×30分加熱→水焼入→常温時効

b. 495°C×30分加熱→水焼入→常温時効

→150°C×10時間焼戻

c. 495°C×30分加熱→水焼入→常温時効

→170°C×6 時間焼戻

これらの試料について、硬度、弾性限 (0.03%永久歪)
降伏点 (0.2%永久歪)、抗張力、伸 (G. L. 50mm) を
測定した。結果は第 1 表並に第 1~6 図に示す。

第 1 表

番号	成 分 %						常 温 時 効				常 温 時 効 + 150°C × 10 時間焼戻				常 温 時 効 + 170°C × 6 時間焼戻			
							弾性限	降伏点	抗張力	伸び	弾性限	降伏点	抗張力	伸び	弾性限	降伏点	抗張力	伸び
							kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	%	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	%	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	%
No.	Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Al												
21	3.95	0.0	0.64	0.22	0.23	残	9.4	11.9	29.7	20.1	16.9	20.2	37.5	18.4	11.3	13.2	29.0	16.0
22	4.18	"	0.66	0.96	0.22	"	12.4	15.0	33.3	20.4	21.1	24.3	42.5	22.5	13.0	16.7	33.5	14.1
23	4.25	"	0.81	0.27	0.23	"	9.9	12.7	31.4	17.2	21.3	24.8	43.1	22.5	11.4	14.3	30.3	15.5
24	4.27	"	0.78	1.02	0.23	"	11.4	15.8	34.8	21.0	20.3	24.6	43.4	19.8	11.2	14.7	31.6	15.2
25	4.12	0.56	0.62	0.21	0.21	"	23.5	27.2	44.0	20.2	19.7	22.7	40.4	23.9	20.8	24.9	43.0	17.9
26	4.13	0.52	0.64	0.96	0.20	"	24.0	27.8	45.9	19.5	26.4	32.0	45.6	18.0	29.2	34.8	44.3	10.0
27	4.32	0.58	1.07	0.28	0.25	"	22.8	27.3	46.8	19.3	18.4	22.4	43.2	19.4	22.6	26.5	44.9	17.8
28	4.21	0.51	1.07	1.01	0.25	"	23.7	28.1	47.4	18.5	30.3	36.3	48.3	15.0	30.9	37.8	47.4	8.2
29	4.00	1.12	0.65	0.20	0.21	"	23.6	27.5	47.5	22.5	24.9	29.1	46.6	23.3	27.8	30.5	47.7	21.2
30	4.12	1.04	0.68	0.90	0.24	"	21.5	27.3	46.8	20.9	26.8	34.0	47.5	14.9	34.3	39.6	46.3	8.0
31	4.26	1.06	1.10	0.26	0.26	"	24.2	29.0	50.8	20.0	24.3	29.0	48.4	20.8	23.0	27.6	48.1	18.4
32	4.30	0.99	1.13	0.96	0.26	"	23.1	28.4	47.5	19.8	25.2	28.8	45.4	18.0	31.2	35.0	43.7	10.6
33	4.08	1.45	0.67	0.20	0.23	"	24.2	29.3	48.2	21.8	27.4	29.5	46.2	22.1	22.4	27.0	43.4	21.0
34	4.08	1.58	0.67	0.85	0.23	"	24.3	28.3	45.6	21.2	23.6	26.6	43.2	22.3	26.0	28.8	42.0	18.3
35	4.21	1.52	1.12	0.27	0.25	"	25.6	30.6	50.5	18.7	26.6	31.3	9.2	15.9	25.9	28.3	45.8	17.8
36	4.21	1.51	1.09	0.87	0.26	"	24.6	27.7	45.0	17.2	24.4	28.4	44.4	18.6	26.1	30.6	43.1	15.0
37	4.6	0.0	0.6	0.2	"	"	9.5	12.9	30.6	21.2	20.1	23.0	40.8	18.7	8.8	12.0	28.9	17.0
38	"	"	"	1.0	"	"	12.8	15.7	33.0	18.7	16.5	20.2	37.8	15.9	9.5	12.9	29.9	17.3
39	"	"	"	1.0	"	"	9.6	13.0	31.4	18.1	12.5	16.1	34.5	15.3	9.2	12.1	32.1	16.1
40	"	"	"	1.0	"	"	15.0	17.4	35.6	19.3	16.8	20.7	38.8	18.0	12.5	15.1	32.7	15.1
41	"	0.5	0.6	0.2	"	"	24.1	27.2	43.9	19.3	21.8	25.9	42.9	21.1	21.7	27.5	42.4	16.5
42	"	"	"	1.0	"	"	20.0	25.6	44.4	21.3	30.8	36.7	48.8	11.6	32.2	37.5	45.3	9.8
43	"	"	"	1.0	0.2	"	24.1	27.0	46.2	19.0	20.2	24.2	43.9	14.7	24.0	27.9	42.0	15.9
44	"	"	"	1.0	"	"	23.4	28.3	47.0	19.5	30.9	36.0	47.9	12.4	32.8	41.1	49.2	8.8
45	4.6	1.0	0.6	0.2	"	"	24.3	28.7	47.9	21.6	24.3	27.4	45.5	22.3	24.1	28.1	45.8	18.0
46	"	"	"	1.0	"	"	23.1	27.6	45.3	20.7	24.7	29.3	43.3	18.3	30.0	35.4	42.4	9.5
47	"	"	"	1.0	0.2	"	25.3	29.0	49.7	19.2	23.9	38.3	47.0	20.9	24.0	28.1	46.9	17.6
48	"	"	"	1.0	"	"	25.4	28.3	45.2	20.0	26.3	29.8	45.0	13.4	35.2	39.3	46.6	7.7
49	"	1.5	0.6	0.2	"	"	26.6	30.5	49.5	20.7	24.9	31.3	44.8	10.7	27.9	30.2	47.3	20.0
50	"	"	"	1.0	"	"	25.0	27.8	45.2	19.7	24.1	28.9	44.6	20.7	31.8	36.9	44.5	8.3
51	"	"	"	1.0	0.2	"	27.0	31.7	51.9	18.0	27.4	30.8	50.1	18.7	27.2	30.3	49.0	18.1
52	"	"	"	1.0	"	"	26.2	29.3	47.4	18.2	24.2	27.3	45.8	19.3	24.8	28.9	45.6	15.1
61	4.1	0.4	0.8	0.3	0.4	"	21.1	25.8	44.0	19.1	17.9	21.8	42.1	20.2	22.6	25.0	42.0	17.3
62	"	"	"	"	0.55	"	21.4	25.4	42.7	18.5	17.8	21.5	38.9	20.1	21.9	25.3	40.6	14.2
63	"	"	"	"	0.7	"	23.5	25.1	40.9	18.0	17.7	19.9	36.0	19.2	22.0	25.1	39.0	13.3
64	"	"	"	0.6	0.4	"	24.6	27.7	45.5	19.8	22.3	24.3	42.2	20.3	21.7	24.3	39.3	14.9
65	"	"	"	"	0.55	"	23.2	27.4	45.4	19.3	18.6	23.6	41.8	21.2	21.8	24.9	40.2	16.0
66	"	"	"	"	0.7	"	24.6	27.3	43.8	17.7	21.6	23.4	39.8	20.8	23.1	25.5	40.4	15.9
67	"	"	"	0.9	0.4	"	25.3	29.2	47.2	21.1	30.0	36.1	48.3	14.2	35.5	39.2	46.2	9.3
68	"	"	"	"	0.55	"	23.7	29.5	47.5	20.9	33.8	37.2	48.0	13.5	36.3	40.6	4.6	7.9
69	"	"	"	"	0.7	"	22.5	27.2	44.7	19.4	25.0	29.3	39.8	15.8	29.4	34.4	4.7	9.2
70	"	"	"	1.5	0.4	"	24.8	27.8	45.2	22.0	29.8	34.4	47.1	13.6	33.4	37.2	45.9	9.7

番号	成 分 %						常 温 時 効				常 温 時 効 + 15° C × 10 時間焼戻				常 温 時 効 + 170° C × 6 時間焼戻			
							弾性 限	降伏 点	抗張 力	伸び	弾性 限	降伏 点	抗張 力	伸び	弾性 限	降伏 点	抗張 力	伸び
No.	Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Al	kg/ mm ²	kg/ mm ²	kg/ mm ²	%	kg/ mm ²	kg/ mm ²	kg/ mm ²	%	kg/ mm ²	kg/ mm ²	kg/ mm ²	%
71	"	"	"	1.5	0.55	残	24.4	27.5	44.7	19.6	31.2	35.0	46.7	12.1	32.5	37.5	46.1	10.1
72	"	"	"	"	0.7	"	22.6	26.0	44.1	19.9	29.9	34.6	46.1	13.9	32.7	36.7	44.5	9.7
73	"	"	"	1.65	0.4	"	23.7	27.6	45.2	19.3	28.2	32.1	45.3	16.2	30.8	36.9	45.8	9.9
74	"	"	"	"	0.55	"	25.0	28.9	45.6	16.0	28.1	31.8	45.1	13.2	32.1	36.8	45.5	9.0
75	"	"	"	"	0.7	"	22.3	27.6	45.3	18.1	27.8	32.1	46.0	15.0	32.3	37.4	46.2	9.7
76	4.58	0.42	0.83	0.32	0.40	"	24.9	27.5	44.7	19.7	21.5	23.8	42.1	15.5	25.0	26.0	44.9	12.7
77	4.64	0.41	0.82	0.39	0.56	"	24.2	27.2	42.9	18.4	21.4	23.0	40.0	18.9	22.9	25.6	41.6	16.0
78	4.56	0.36	0.84	0.31	0.72	"	22.8	27.2	42.1	16.9	19.5	22.3	38.1	20.1	23.4	26.7	39.9	16.3
79	4.70	0.40	0.82	0.63	0.42	"	23.5	27.8	45.3	17.5	23.6	25.7	42.2	19.3	26.6	30.3	40.5	10.9
80	4.52	0.44	0.82	0.65	0.53	"	23.8	29.0	46.7	19.5	21.7	24.9	42.5	20.6	22.8	25.9	40.8	15.5
81	4.74	0.42	0.82	0.65	0.72	"	25.8	29.2	46.4	18.4	20.5	24.8	41.6	19.5	24.2	27.5	41.2	12.6
82	4.73	0.42	0.82	0.89	0.42	"	24.6	29.2	47.1	17.2	26.1	34.0	45.0	15.1	34.8	40.7	46.7	7.9
"	"	"	"	"	"	"	*22.5*	*26.6*	*44.5*	19.5	"	"	"	"	*31.9*	*39.9*	*47.0*	10.2
83	4.73	0.37	0.84	0.91	0.54	"	22.4	27.4	45.0	18.6	28.5	32.8	45.3	14.9	29.8	36.6	44.0	8.1
"	"	"	"	"	"	"	*21.7*	*26.0*	*44.3*	19.7	"	"	"	"	*34.6*	*39.8*	*46.7*	9.9
84	4.71	0.36	0.80	0.90	0.69	"	22.0	27.4	46.0	18.5	24.9	32.4	46.0	14.2	30.8	35.2	44.7	8.3
"	"	"	"	"	"	"	*22.4*	*26.3*	*44.0*	19.5	"	"	"	"	*33.4*	*38.7*	*45.9*	8.6
85	4.68	0.39	0.83	1.56	0.61	"	25.0	28.3	45.6	19.1	23.8	31.2	45.1	13.5	35.3	38.7	46.0	8.5
86	4.74	0.39	0.82	1.56	0.72	"	23.1	28.0	45.0	16.8	25.8	30.8	44.6	16.0	33.5	38.0	45.9	8.6
87	4.56	0.35	0.80	1.56	0.97	"	23.2	28.6	45.4	15.9	25.2	30.8	44.8	14.9	34.3	38.2	46.3	8.3
88	4.61	0.40	0.82	1.65	0.42	"	21.9	27.3	43.6	16.1	22.5	29.1	42.0	11.5	32.3	36.2	44.1	9.0
89	4.71	0.37	0.82	1.58	0.59	"	24.3	28.1	45.8	17.5	25.0	30.6	44.8	13.8	33.9	37.2	45.5	9.5
90	4.68	0.37	0.80	1.73	0.97	"	23.7	27.6	44.6	17.6	23.1	27.7	43.9	12.6	33.5	37.6	45.6	8.9

(註) No. 3700 52 及び No. 61 n 75 分析しないので他の同種のものより類推し本文析値を示す

* 繰返し測定せるもの

第1図 硬度と熱処理との関係(Mgの影響)

第1図には、Mgの変化に対してヴィツカース硬度Hvを図示した。Siの少ない場合は、3種の熱処理に対してMgと共に硬化するが、Si 1.0%含有するとMg 0.5%以上では、常温時効の時は略々水平になる。併し焼戻すると、Mg 0.5%で最高値を示す。又、硬化の度合も170°C×6時間焼戻の方が大きい。

第2図 硬度と熱処理との関係 (Si, Feの影響を主として)

第3-a図 抗張力及伸びと熱処理との関係(Cu 4.0%)

大線・抗張力
細線・伸び
● Mn 0.6% Si 0.2%
○ Mn 0.6% Si 0.6%
△ Mn 1.0% Si 0.2%
□ Mn 1.0% Si 1.0%

第3-b図 抗張力及伸びと熱処理との関係(Cu 4.5%)

● Mn 0.6% Si 0.2% 抗張力
○ Mn 0.6% Si 1.0%
△ Mn 1.0% Si 0.2%
□ Mn 1.0% Si 1.0% 伸び

第4図 抗張力及伸びと熱処理との関係(Si, Feの影響を主として)

第5-a図 降伏点(0.2%永久歪)と熱処理との関係(Cu 4.0%)

第5-b図 降伏点(0.2%永久歪)と熱処理との関係(Cu 4.5%)

第6図 降伏点(0.2%永久歪)と熱処理との関係(Si, Feの影響を主として)

第2図では、14Sの標準組成に対してHvに及ぼすSi Feの影響を見たが、FeはSiの少ない場合はFeの増加と共に硬化を少くするが、Si 0.9%以上では焼戻効果が大きく、又Feの影響は目立たない。

第3~a,b図にはMgに対する抗張力、伸の変化を図示したが、この場合もSiの少ない時は、常温時効のみではMgと共に抗張力は増加するが、Si 1.0%になると、Mg 0.5%以上は殆んど変らない。注目すべきは抗張力は焼戻を行つても、余り影響を受けないことである。之に反し、伸は焼戻するとSi 1.0%を含むものはMg—0.5~1.0%に於て急激に減少している。同様な結果はP. Brennerも報告している。

第4図には14S系の標準組成に対して、Si, Feの抗張力及び伸に及ぼす影響を見たが、やはりSiの少ない所でFeの増加と共に抗張力の急減が目立ち、又伸もFeと共に低下する。然るにSiが多くなると、その影響は少くなる。Si 0.9%以上では焼戻すると、伸は甚しく低下し(170°C×6時間焼戻が特に大きい)、第2図の硬度の急増及び第6図の降伏点の増加に対応している。尚Si 0.9%の際、Fe 0.5%のものは抗張力(第6図の降伏点も同様に)が低下しているが、繰返し実験した結果第1表に記載してある如く、大してFeに左右されるものではなかつた。

第5~a,b図には、Mgの変化に対する降伏点の変化を示す。常温時効に於ては、Si 0.2%、1.0%の場合は夫々Mgの変化に対する硬度及び抗張力の傾向と同様である。焼戻するとSi 1.0%の場合は、Mg 0.5~1.0%で硬化が著しい。Mg 1.5%では余り焼戻効果を示さない。

第6図のFe及びSiの降伏点に及ぼす影響は、硬度の時と大体似た様なものであるが、Si 0.9%以上では170°C×6時間焼戻に於ける増加は著しい。

以上第1~6図に於て、Cu及びMnについては触れなかつたが、一般にMnは0.6%よりも1.0%の方が少々強度を大にし、Cuの場合も同様なことが云へるが4.0%Cuと4.5%Cuとでは大した差は見られない。結局MgとSiの影響が大きい様である。尚170°C×6時間焼戻によつて得た最高強度のものは、Cu 4.5%、Mg 0.5%、Mn 1.0%、Si 1.0%、Fe 0.2%、残Alの組成で抗張力49.2kg/mm² 降伏点41.1kg/mm² 弾性限32.8kg/mm² 伸8.8%であつた。尚更に焼入温度を少々高くし、焼戻時間も少々長くすれば、一層高強度のものが得られたであろうことは実験Ⅱの方から予想出来る。

次に第7~8図には、常温時効のものに対して焼戻したものが、どの程度の性能増減を来すかを一目で見る為に、第3~6図から170°C×6時間焼戻のものとの差を計算して図示して見た。第7図に於て、横軸には各試料をとり、縦軸に夫々抗張力及び降伏点の焼戻に於ける値

第7-a図 熱処理による抗張力及降伏点の増減: 常温時効のものに対する170°C×6時間焼戻せしめの場合

第7-b図 熱処理による抗張力及降伏点の増減: 常温時効のものに対する170°C×6時間焼戻せしめの場合

より常温時効のままの値を引いた数値を記した。抗張力は○印、降伏点は●印で示した。例へば○印が負側にあることは焼戻により抗張力が減じたことを表す。○と●を結んだ線の長さは焼戻によつてそれだけ降伏点と抗張力が接近したことを示す。以下各図とも表し方は同様である。之らの説明は省くが焼戻効果がよく理解されると思う。

§ 4 実 験 Ⅱ

以上の実験で大体14S系の機械的性質の傾向は判明したが、唯、何れの組成のものに対しても同一の熱処理を施したことは少々不適當である。恐らく組成の差異に応じて焼入温度、焼戻温度及び時間に差があるのが当然であろう。かかる意味から、実験Ⅱに於ては代表的組成のものを選んで、夫々熱処理を変へて焼戻に於ける時間—硬度曲線を各温度で求め、硬化の過程を追求することにした。尚、硬度をとつたのは、前実験から硬度の変化がよく焼戻の効果を示すことを知つたので、実験の容易さの点からも硬度によることにした。

第8-a図 熱処理による抗張力及降伏点の増減、常温時効のみのものに対する170°C×6時間焼戻せるものの場合
(Mg0.4%, Mn0.8%一定に対して、Fe, Si, 及Cuを変化せる場合)

(a) 先づ 14 S の標準組成に近い試料について、焼入及び焼戻温度を変えて測定した。之らを第9図に示す図で時間。と記したのは常温時効のみであることを示す。曲線の形を見ると、短時間で軟化し、後、時間と共に硬化し始め、やがて最高値に達し、続いて再び軟化する。

図より焼入温度の高い方が勿論硬化の大きい事が明か

第8-b図 熱処理による伸びの増減、常温時効のみのものに対する170°C×6時間焼戻せるものの場合
(Mg0.4%, Mn0.8%一定に対してFe, Si, 及Cuを変化せる場合)

である。従つて実験 I で 495°C の焼入温度を更に上げればもつと高い値が得られたであらうと予想される。又焼戻温度が 150°C より 200°C に上昇するに従つて、最初の軟化が大きく、且時間も早く、又最高硬度に達する時間も短い。以上の傾向は 14 S 系全般について大体いへる。14 S では 170°C 辺が最適で、200°C では既に高過ぎるし、150°C では時間が長過ぎる。

第 10 図には Cu 4.0 %, Si 0.2 % に対して Mg を変化した 3 種について示している。傾向は第 9 図と似ているが、Si が少いと、150°C でも 170°C でも焼戻効果の少ないのが判る。唯 200°C では、Mg 1.5 % のもの (即ち 24 S 系) で始めて硬化が大きくなる。即ち実験 I で Mg

第9図 Cu 4.5%, Mg 0.4%, Mn 0.8%, Si 0.8%, Fe 0.4% 金属の焼入温度、焼戻温度及時間と硬度との関係

第10図 焼炭温度及時間と硬度との関係

1.5%のものが焼炭効果が少いと見たのは、焼炭温度の不適當であつたことを示すもので訂正さるべきである。第11図にはCu 4.5%、Si 1.0%のもので、Mgを0.0~1.5%に変へて行つた結果を示す。之によつて、Siの多い時はMg 0.5~1.0%が焼炭効果の大なる様のはつきりした。Siの多い時は200°CでもMg 1.5%のものは余り硬化しない。第12図は14Sの標準組成に対してSi量の変化による影響を見た。Si 0.9%以上は14Sと全く同じになる。唯Si 0.6%では、最高硬度はSi 0.9%と同じであるが、時間的に遅れることが判つた。之と同様なことは、M. Hansen & K. L. Dreyer⁽³⁾も述べている従つて実験IでSi 0.6%のものが硬化の少かつたのは焼炭時間の不足によるものと判明した。

§ 5 総 括

Cu 4.0%及び4.5%を含有するアルミニウム合金にMg, Si, Mn, Fe等を種々添加して、それ等に3種の熱処理即ち、焼入常溫時効せるもの、それを150°C×10時間及び170°C×6時間焼炭せるものの3種の熱処理材の機械的性質を比較し、又焼炭温度を変へて、時間—硬度曲線を求め、硬化の過程を追求した。之らの結果を列記すると次の如くなる。

(1) 3種の各熱処理に於て、Cu及びMn量の変化は余り顯著な差異を与へないが、一般にCu及びMnの多い方が強度を稍々向上させる。

(2) Si 0.2%の場合、常溫時効に際して性能のはMgの増加と共に抗張力、降伏点、硬度等は増す。併し之を170°C×6時間焼炭すると一般に低下する。但し時間を更に長くすれば、低下迄は行かないであらうことが第10図から予想される。又Mgが1.5%入れば200°C焼炭で、常溫時効よりも遙に硬化することも第10図から想像される。

之に反し、Si 1.0%入つた場合には、170°C×6時間焼炭でMg 0.5~1.0%に於て硬化が最も甚だしく、495°C×30分加熱後水焼入し、次いで170°C×6時間焼炭したCu 4.5%、Mg 0.5%、Mn 1.0%、Si 1.0%、Fe 0.2%、残Alの試料は抗張力49.2kg/mm²、降伏点41.1kg/mm²、弾性限32.8kg/mm²、伸8.8%という高性能のものを得た。併し焼入温度を更に高めれば、より強力なものが得られたであらうと第9図から予想される。Si 1.0%でもMg 1.5%では大した硬化は見られなくなる。伸は焼炭によつて硬化すれば、皆一様に低下する。

(3) 14Sの標準組成に於て、Si及びFeのみを変化せしめた場合には、Siの少い所ではFeの増加と共に

第11図 焼戻温度及時間と硬度との関係

抗張力、降伏点、硬度は低下するが、Si 0.6%以上では焼戻効果が非常に大きくなる。但し、Si 0.9%以上の時よりも、Si 0.6%の時の方が硬化は時間的に遅れる。

(4) 焼戻に際しての抗張力の増減は少く、精々 1~2kg/mm² 位であるが、降伏点は 10kg/mm² 以上も増加するものがあり、かかるものは伸は 10%以上低下する。

(5) 焼戻に於ける時間硬度曲線を見ると、最初短時間で軟化し、やがて硬化を始めて遂に最高値に達し、後再び軟化する。この形は既に古くから知られているが。

a) 焼戻温度の高、程極大値は大になる。

b) Si の少い場合は極大値に達する時間が長い。

c) 焼戻温度は 14 S 系では 170°C が適当であり、150°C では所要時間が長きに失し、200°C では高過ぎても早 170°C に見られる様な最高硬度は得られない。但し略々 24 S に属するものは 200°C の方がよい。

という結果が得られた。

(6) 要するに 14 S 系では、14S の標準組成が焼戻効果と、製造の難易をも考慮すると、最も良いと思はれ

るが、Si, Mg, Fe 等の許容範囲は夫々 0.8%以上0.5~1.0%、1.0%以下という事が判明した。

脚註 ※) 昭 26 年 4 月金属学会講演会に発表

- 1) P. Brenner: Z. Metallk, 1938, S 269
- 2) K. L. Dreyer: Z. Metallk, 1939 S 147
- 3) M. Hansen & K. L. Dreyer: Aluminum 1940, S 134
- 4) 朝倉潮: 金属学会誌, 4 (昭15) P. 304
- 5) 朝倉潮: 金属学会誌, 6 (昭17) P. 156

第12図 焼戻温度及時間と硬度との関係

— お知らせ —

下記の原稿は本誌の頁数の都合上次号（本年5月発行）に掲載します。悪しからず御高承下さい。

（編者）

- ★ベリリウムを加えた時効性アルミ合金の研究
東大助教授 東大工学部総合試験所 三島 良績
- ★軽合金加工用代用型の紹介
日本建鉄株式会社 中川工場 中山 邦弘
- ★軽金属の電気溶接法
中日本重工業株式会社 神戸造船所 柴田 伸一
- ★アルミニウム合金鑄物の腐蝕に関する報告
東京大学工学部 工学博士 梶山 正孝
- ★アルミニウム合金の異常加工性について
東北大学教授 工学博士 五十嵐 勇
- ★薄物鑄造に於ける中子砂より発生するガス圧と熔金の流速の変化について
北陸軽金属工業株式会社 技術課 池野 尚志
- ★亜鉛電解用陰極板の強度に関する二、三の考察
（株）大阪アルミ製作所 技術課長 国本 隆
- ★アルミニウムの高温加工性に関する電子顕微鏡的研究
東京工業大学 工学博士 森永 卓一
茨城大学工学部 塩田 信雄

アルミニウム並にアルミ合金の

☆板・管・棒・線・条・各種押出型・建築材
☆プレス・鋳金・切削加工

東京メタル株式会社

本社 東京都千代田区神田錦倉町九番地二号
工場 東京都足立区五兵衛町一、〇八三番地
電話 神田(25)四、五九八番