

デュラルミンの常温加工と 機械的性質並に時効硬化現象

(日本鐵鋼協會 第 9 回講演大會講演)

渡 瀬 常 吉

目 次

I 前言 II 資料並に試験 III 試験結果
 A 焼鈍せし鋳を壓延した場合 B 焼入後時効完成せる鋳を壓延した場合 C 焼入後3時間時効硬化せる鋳を壓延した場合 D 焼入直後時効硬化前の鋳を壓延した場合
 IV 壓延率と時効硬化 V 加工率と電氣抵抗 VI 壓延後の時効硬化に及ぼす成分の影響 VII 焼入直後瞬間的加熱の時効硬化に及ぼす影響 VIII 要 結

I. 前 言

デュラルミンの常温加工と機械的性質に就ては C. Grark¹⁾ 氏を初めとして松田博士²⁾ 後藤博士と福田氏³⁾ の研究及 Alfred wilm 氏⁴⁾ Poul Brenner 氏⁵⁾ 或は K. L. Meisner 氏⁶⁾ 等の研究がある、之等の研究は多く斷片的である事と且つは焼入直後時効硬化前の加工が其の機械的性質及時効現象に如何に影響するかを見る爲めと又一方今迄多くの研究者に依つて發表されたる時効硬化現象の説明が未だ筆者を納得せしむるに至ら

いので之が解決の一助にもと思ひ此の研究を初めたものである。

今松田博士の結果を表示すれば第1表の如くである。

第 1 表

常温加工率 %	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	硬 度 (ブリネル)
20.0	36.8~33.8	5~5	99
38.4	38.5~38.3	4~3	104
50.0	38.9~39.3	4~3	109
60.0	40.1~38.6	3~2	106

又 C. Grard 氏の結果は第1圖の如くであるが 15~20% 加工の所にて抗張力の降下を見るは稍異とする所であり又 50% の壓延材に於て僅に 24 kg/mm² の抗張力を有するに過ぎない事も疑問とする所である、尙 Alfred wilm 氏の研究結果は曲線第2圖の如くである、即 A は焼鈍材を壓延したもの B は A を 500°C に加熱焼入時効せしめたもの C は時効完成後のものを壓延したものである、之等に依つて見れば壓延率の増加と共に抗張力及硬度は増加するも延伸率は著しく減殺されるのである。

又焼入直後即硬化前のものと硬化後のものとに就てなされた結果は曲線第3圖の如く單に硬度のみの比較に過ぎないが甚だしい差がある。

後藤、福田氏及 Meisner 氏の研究によれば 10% 前後の加工に於て硬度の不足を示して居るのであるが筆者の實驗も同様な結果に到達して居るので

²⁾ Aluminium and it's alloys

²⁾ 金屬の研究 第2巻 第12號

³⁾ 航空研究所報告、第39號

⁴⁾ Matallurgie. VIII Jahrgang Heft 8. 22. April 1911

⁵⁾ St. für Flugtechnik und Motorluft-schiffahrt 1928. 6. Heft.

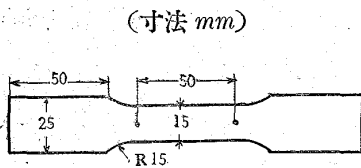
⁶⁾ Zt. für Metallkunde 1932. April Heft. 4.

ある、以下實驗の順序に依り記述するものである。

II. 資料並に試験

使用せし試験材は住友伸銅鋼管株式會社製のアルミニウム板で厚さ約 2mm 幅 100mm 長 3,000mm のものである。

試験片の形状並に寸法は次の如くである。



(寸法 mm) 標點距離は厚さの如何に係らずすべて 50mm とした、而して

1/300mm の延伸を測定しうる様に作りたる延伸測定装置を用ひて荷重と延伸との曲線圖を引き其直線部の終りを比例限とし標點距離の 0.2% 丈延びた點を降伏點とし最大緊張力を抗張力とした、延伸率は標點距離 50mm に對する % を以て表す。硬度は Rockwell 硬度計を用ひ 1"/16 徑の鋼球にて 100kg 荷重を用ゆる所謂 B-Scale の讀み數で何れも 3 個の平均値である、又壓伸率は次式に依つて計算した。

$$\% = \frac{\text{壓延前の厚} - \text{壓延後の厚}}{\text{壓延前の厚}} \times 100$$

比重は Landolt の表により次式より算出した。

$$S = \frac{W_{air}}{W_{air} - W_{water}} (Q - \lambda) + \lambda$$

茲に S = Specific gravity at 4°C

W_{air} = Wt of sample in Air at t°C

W_{water} = wt of sample in water at t°C

Q = specific gravity of water at t°C

λ = specific gravity of Air

III. 試験結果

A. 焼鈍せし鋳を壓延せし場合:— 350°C に 1

時間加熱後水中急冷した試片につき各種の割合に

壓延して硬度、抗張力等を測定した結果は第 2 表及第 4 圖の如くである。

第 2 表

試片番號	壓延率 %	硬度 B-Scale	比例限 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	最大抗張力 kg/mm ²	延伸率 %
A1	0	18.5	8.4	12.2	25.5	17.6
2	0	20.8	7.7	11.6	26.0	16.6
3	6.3	30.4	17.2	23.0	27.9	11.8
4	6.8	35.4	11.4	22.2	28.6	10.0
5	13.1	41.2	14.9	25.3	28.9	5.6
6	16.1	43.6	17.3	25.0	31.3	7.6
7	16.5	44.1	15.3	25.1	30.7	5.6
8	24.3	45.7	21.2	28.9	31.0	4.0
9	28.7	48.3	23.0	29.7	32.7	4.4
10	30.2	49.8	18.4	29.0	33.1	4.0
11	36.4	53.5	22.6	31.3	35.0	3.6
12	36.9	54.1	24.8	31.3	34.2	3.0
13	40.8	53.4	23.6	33.0	34.8	3.2
14	45.5	53.8	24.7	32.4	34.6	4.0
15	46.7	55.4	25.6	33.6	35.3	2.2
16	46.7	56.1	20.7	34.0	36.3	2.4
17	51.5	57.2	22.7	35.1	36.2	1.8
18	53.7	57.9	28.9	36.1	36.7	2.4
19	53.7	57.2	24.2	34.6	36.6	2.2
20	55.0	56.9	27.7	35.7	36.5	1.8

即壓延率の増加と共に、硬度、抗張力、降伏點、比例限は漸次増加の傾向を辿り之に反し延伸率は減少する只比例限は他のものに比して稍不規則に見ゆるは非鐵合金の常として又止むを得ない事と考へらる最大抗張力と降伏點とは壓延率と共に次第に接近し 50% を超ゆれば殆んど同一と看做し得る程度となり従つて延伸率は極端に減じて僅に 2% となる。

B. 焼入後時効完成せる鋳を壓延した場合

510°C に 30 分間加熱後水中急冷を行ひ 5 日間室溫時効硬化せしめたものを壓延した結果は第 3 表及第 5 圖の如くである

第 3 表

番號	壓延率 %	硬度		比例限 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	比重
		壓延前	壓延後					
B 96	44.5	70.85	77.50	22.2	34.7	46.1	13.2	2.8031
97	22.4	69.13	85.70	22.3	40.1	51.3	6.2	2.8052
98	28.7	71.63	86.50	24.5	45.5	53.3	5.0	2.8056
99	38.4	70.85	87.20	29.6	46.1	52.8	2.0	2.8103
100	48.4	70.85	86.80	17.4	42.8	53.0	1.8	2.8061

即焼鈍したる鋳の場合と同様に壓延率の増加と

共に硬度、降伏點、比例限及最大抗張力を増大するも延伸率は甚だしく害せらる。

C. 焼入後3時間時効硬化せる鋳を壓延した場合：
500°Cに30分間加熱後水中急冷し後3時間時効硬化せる鋳材に就て壓延を行ひ後更に5日間放置後に試験した結果は第4表及第6圖の如くである。

第4表

番號	壓延率	硬度		比例限 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	最大抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	比重
		壓延直後	更に5日後					
1	0	68.5	68.7	19.9	—	41.9	16.0	2.7906
2	0	68.2	70.8	19.8	26.1	43.4	20.0	2.8025
3	1.6	71.2	71.1	20.2	27.7	41.9	15.6	2.8002
4	2.9	70.7	71.3	18.2	29.3	42.5	15.0	2.7980
5	5.3	72.2	72.9	23.5	31.8	41.3	12.2	2.7919
6	5.8	75.3	73.5	23.7	30.4	42.5	12.2	2.7976
7	5.8	72.6	72.5	24.3	32.8	41.0	13.4	2.7938
8	6.9	74.2	75.2	20.9	33.1	43.9	12.0	2.7983
9	8.2	75.1	74.7	23.9	34.3	42.9	10.8	2.7987
10	9.5	76.6	75.7	21.8	35.6	44.7	10.8	2.8041
11	11.7	76.3	76.1	21.3	35.3	44.1	9.6	2.7923
12	12.9	77.3	77.3	25.3	38.7	46.1	7.8	2.7959
13	24.6	79.7	79.0	25.7	40.2	46.2	6.0	2.7911
14	25.5	80.6	80.4	29.7	40.2	46.6	4.2	2.7892
15	29.7	80.7	80.8	31.6	42.8	47.5	5.8	2.7959
16	35.5	80.4	80.6	26.6	40.7	47.2	4.6	2.7951
17	44.8	82.5	82.9	26.9	44.3	49.7	2.0	2.7988
18	47.1	82.9	82.5	27.6	46.2	49.8	3.6	2.7927
19	53.5	83.0	82.9	34.5	45.7	53.1	2.4	2.8111

即數%の壓延加工をなせるものが最大抗張力に於て稍遜色あるを示すのみで其他の諸性質は前の場合と同様である

D. 焼入直後時効硬化前の鋳を壓延した場合

510°Cに30分間加熱し水中に急冷し直に各種の壓延を施し其後8日間時効硬化せしめて機械的試験を行つた結果は第5表及第7圖の如くである。

焼入後直に壓延し且其前後に於ける硬度を測定する等に要した時間は30分以内であつた今第5表及第7圖を見れば今迄の物と多少趣を異にするを知るのである。即壓延直後の硬度及降伏點は壓延率に伴ひ増加するは前同様であるが8日間時効硬化せしめたもの、硬度及抗張力に於ては大略

第5表

番號	壓延率 %	硬度			比例限 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	比重
		壓延直前	壓延直後	更に8日後					
1	0	35.6	39.1	69.4	18.7	25.6	42.4	17.2	2.80790
2	"	40.1	39.3	70.1	19.7	26.3	42.8	16.4	2.81268
3	2.9	36.9	52.3	69.1	20.1	28.7	40.3	14.4	2.80999
4	3.0	38.3	53.2	68.9	21.6	29.9	41.5	14.4	2.80731
5	5.44	37.8	61.5	68.8	22.1	32.4	41.3	10.4	2.80840
6	6.25	36.4	61.4	70.0	22.5	32.6	40.6	10.4	2.79457
7	6.76	36.5	65.8	70.3	23.5	32.7	41.1	11.6	2.79865
8	7.13	37.4	66.7	73.0	24.2	33.2	41.4	9.0	2.80373
9	8.16	36.7	65.9	70.7	20.5	32.8	41.6	9.0	2.79890
10	12.44	36.6	73.2	74.4	22.9	35.3	42.3	7.6	2.80024
11	17.41	38.2	74.3	75.0	24.6	36.9	43.6	5.0	2.80930
12	18.81	35.4	74.6	75.8	24.5	37.9	44.3	6.8	2.79676
13	24.15	36.3	74.1	76.6	28.7	37.1	44.4	6.0	2.81039
14	25.36	35.9	76.1	76.2	29.3	37.7	44.6	5.4	2.79478
15	35.41	36.6	80.0	79.0	31.2	42.3	48.1	4.0	2.79229
16	36.06	36.2	77.9	77.5	25.9	40.7	46.4	5.8	2.78612
17	48.51	37.7	80.5	79.6	22.5	44.2	50.5	4.0	2.81258
18	50.00	36.8	80.3	79.6	32.7	46.1	49.8	3.0	2.79139
19	53.11	36.9	81.1	80.0	33.1	46.4	49.7	2.0	2.78194
20	54.10	38.8	81.4	80.2	23.3	46.0	50.7	3.0	2.79318

10%以下の低壓延率のものにあつては加工せざるものに稍劣ると云ふ現象を見るのである。此の現象は後藤、福田氏及 Meisner 氏の研究中にも硬度又は抗張力等に於て現はれて居る事である。

尚時効硬化現象は30%以上壓延せるものに於て殆んど認め難い有様である。

今焼入後5日間時効せしめたもの3時間時効のもの焼入直後時効せしめぬもの及焼鈍したもの、各壓延したものに就き硬度、抗張力及延伸率を曲線を以て示せば第8及第9圖の如くなる。

之に依つて見れば焼鈍したものは總ての點に於て劣り單に加工のみによつては到底焼入時効したものに及ばない、焼入直後時効の未だ進行せないものにあつては5%内外の加工のものは單に時効のみのものに比し硬度劣る又抗張力は大略12%以下の加工率のものは時効のみの者より劣る。

而して12%加工率のものは時効のみのものに比敵しそれ以上の加工率のものは加工率に伴ひ次第に抗張力増大す。

焼入後3時間時効したものは5~6%加工による硬度の降下は認め難いが抗張力に於て明かに表はれて居る。

時効完成のものにあつては焼鈍したものと同様に加工率に従つて硬度及抗張力等が増大するのみである。

即焼入直後時効完成前のものに於ける加工は明かに時効硬化現象を妨げるものにして5~7%加工に於て最も低い値を呈するは之以下の加工のものにありては時効硬化現象を妨げらるゝ事少なき爲めであり又之以上の加工率のものは時効硬化現象の妨げらるゝ事は加工率に比例して増大するのであるが加工硬化による影響が大なる爲めに全體としての硬度が大となるのである。而して10~12% 壓延率のものが妨げられたる丈の時効硬化を加工に依つて補ひ丁度加工せざるものゝ硬度に比敵するに至つたものであると考へらる。

IV. 壓延率と時効硬化

第 6 表

番 號	壓延率%	壓延直後	硬 度									
			1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	13日目	14日目
No. 1	0.93	53.8	67.1	68.1	68.4	67.5	68.2	68.2	68.2	68.1	68.3	68.4
2	1.17	55.0	67.6	68.9	68.7	69.3	69.3	69.1	68.5	68.7	68.7	68.9
3	1.20	53.6	67.7	68.4	68.8	68.4	68.9	68.7	68.6	68.6	68.7	68.7
4	2.36	59.1	67.6	68.8	67.9	"	68.4	68.2	68.5	68.0	68.7	68.7
5	2.90	58.2	67.6	68.3	68.4	67.7	67.8	67.6	68.2	68.1	68.2	68.2
6	4.50	58.8	68.2	69.1	68.8	68.7	69.0	69.0	68.9	68.7	69.1	68.9
7	6.05	66.7	70.1	72.0	71.5	71.4	71.5	71.4	71.4	71.8	70.9	71.4
8	7.18	68.2	71.1	72.2	72.2	72.1	72.1	71.9	71.5	71.9	72.4	72.0
9	10.80	70.6	73.7	71.4	74.2	71.4	73.4	73.3	73.9	73.6	73.3	73.0
10	11.00	68.2	71.0	71.5	71.3	71.5	71.7	72.0	71.1	71.7	71.5	71.5
11	11.70	68.5	72.4	72.2	72.2	73.0	72.3	72.8	72.7	72.1	73.0	72.8
12	12.20	70.2	73.3	73.8	73.7	72.8	73.9	74.3	73.3	73.2	74.1	73.9
13	15.40	71.2	73.5	73.6	73.9	74.0	73.5	73.7	73.2	73.6	"	74.0
14	15.60	72.9	74.3	74.8	74.7	74.6	74.3	74.4	74.3	73.8	74.5	74.2
15	17.60	74.5	75.7	74.0	75.6	75.0	76.0	74.0	75.6	75.7	75.2	75.5
16	18.30	74.2	74.7	75.7	75.5	75.3	75.5	75.0	75.5	75.5	75.4	75.3
17	20.10	76.0	76.4	76.8	76.6	76.4	76.6	76.5	76.6	76.4	76.8	76.1
18	26.00	75.8	76.8	77.1	77.3	76.6	76.3	77.2	76.6	76.4	76.7	76.6
19	26.70	76.9	76.6	76.8	76.9	77.0	76.6	76.6	76.4	76.4	77.0	76.4
20	27.70	76.9	77.2	77.8	77.6	77.1	77.7	77.1	77.1	77.4	77.2	77.2

510°C に30分加熱後水中急冷し直に各種の壓延をなし其の後時効現象のみを測定した結果は第6表及第10圖の如くである。

又直徑30mm 長さ57mm のデュラルミン棒を取り焼入後1,2,3,4及5mm 丈壓縮し後直に側面を平滑にして硬度を測定し尙16日間の時効状態を測定した結果は第7表及第11圖の如し。

第 7 表

番 號	壓縮量	硬 度							
		壓縮前	壓縮直後	1日目	3日目	8日目	14日目	15日目	16日目
No. 1	1.12	50.7	61.6	61.0	63.5	67.1	68.7	69.3	68.3
2	2.97	52.9	66.5	67.2	64.1	67.5	69.9	68.9	68.0
3	4.17	54.5	68.1	65.4	68.1	69.9	70.2	69.3	70.0
4	5.84	55.9	69.9	66.2	70.4	71.9	71.9	73.7	72.7
5	7.66	56.2	72.6	70.2	71.2	72.4	74.3	72.5	73.5

第10圖に於て曲線Iは壓延直後の硬度を示し曲線IIは15日時効硬化後の硬度を表はす次に單に時効のみによる硬度を表はす鎖線IIIを引く今之等の三線を比較せば次の事が言ひ得る。

(1) 大略30%壓延率以下では何れも多少に係らず時効硬化現象を伴ふ。

(2) 6~7%以下の壓延率のものは時効硬化完成後と雖も單に時効硬化のみによるものゝ硬度よりも劣る。

(3) 10~12%の壓延率のものは壓延のみによつて單に時効硬化のみによるものゝ硬度に比敵する硬度となる

(4) 約12%以上の壓延率のものは時効硬化によつて單に時効硬化のみによ

る硬度よりも優る。

即 30% 以上の壓延率のものは其後の時効硬化は硬度によつては殆んど測定出来ない様である又低壓延率のものは第 9 圖に於けると同様に時効硬化の劣れるを見るのである。

V. 加工率と電気抵抗

時効硬化による電気抵抗の増加する事は既に知られたる事實である、依つて加工後に於ける電気抵抗の増加を測定して時効硬化が如何に進行するかを比較する事とした。

試料としては厚さ 2mm、幅 3mm、長さ 1,000mm のデュラルミンの板を取り之を 500°C に 30 分加熱後水中急冷し直に常温壓延を施し一部を電気抵抗測定に他を硬度測定に使用した。

電気傳導度は約 750mm 間の Potential drop を 1/10,000 ohm 迄読み得る Leeds & northrop Potentiometer を以て 7 Amp を通ずるに要する電位を測定した。

電流は蓄電池より 7 Amp を通じ電位の読み取りは電流を通じ始めてより 5 分後の價を取つた、而して測定は加工直後と其後は 1 時間毎に又翌日に亘るものは夜間を放置し翌朝更に 1~2 時間毎に測定を行つた。

尙電気抵抗と同時に Rockwell 硬度をも測定した。其結果は第 8 表及第 12 圖の如くである。

此の結果に依れば電気抵抗の増加と硬度の増加は同様の傾向を辿るを見る、而して壓延率の増加に従ひ時効硬化の割合次第に減少し従つて抵抗の増加率も著しく減少するを見る、今壓延の翌日に於ける測定値の平均値より電位の増加率を算出し、之と壓延率とを比較せば第 13 圖の如くにな

る。即之によれば單に焼入時効のものは約 7% の増加を示し其より加工率の増加と共に時効硬化による電気抵抗の増加即電位の増加率は減じ 15% 壓延のものは約 1% となり 30% 壓延にて約 0.5% となり尙僅少の増加即時効硬化の起るを示すも約 60~65% 壓延に至れば殆んど時効硬化する事なき有様を示して居る。之に依つて見れば時効硬化現象は加工に依つて著しく妨害せられ 15~20% 加工に依つて約 1/10 に減じそれより次第に漸減して 30% 加工以上に於ては甚だ僅少となり 60~65% 加工に於ては硬化せざるに至るものと考へらる。

VI. 壓延後の時効硬化に及ぼす成分の影響

壓延後の時効硬化に及ぼす成分の影響を見る爲めに次の 4 種の鋅材を作つた。

No.	Al	Cu	Si	Fe	Zn	Mg
2	殘部	2.05	0.24	0.27	0.15	0.87
3	"	3.05	0.25	0.27	0.15	0.43
4	"	3.97	0.31	0.27	0.15	0.60
5	"	4.91	0.29	0.30	0.15	0.87

即他の成分を大體同一とし單に銅丈を 2, 3, 4 及 5% としたのである。之等の材料にて 1.7mm の鋅を作り焼入直後各種の壓延を行ひ而して其後の硬化の有様を測定した結果は第 9, 10, 11, 12 表の如くであるが今單に壓延率による壓延直後と時効硬化後との硬度を圖示すれば第 14 圖の如くである。

之に依つて見れば結局の硬度は銅含有量の多きもの程高いのであるが次のことが明かである。

- (1) 銅含有量の少なきもの程壓延後の硬化割合は大である。
- (2) 壓延率の増加に従ひ次第に壓延後の硬化の割合を減じ大體 50~65% に至れば最早硬化現

象を認め難い。銅含有量の少なきものは加工による硬化度少なく
 即加工硬化は銅含有量の増加に従つて大となり 従つて尙時効硬化現象を呈するも 65% 壓延率に
 銅含有量の多いものは僅かの加工に依つて甚だしく 至れば之亦硬化現象を起さざる様になる。
 く硬度を増し最早時効硬化し得ざる程度になるも

第 9 表

No. 2 デュラルミン

No.	厚さ		壓延率 %	硬 度									
	壓延前	壓延後		壓延前	壓延後	5°	8°	15°	24.5°	41.0	49°	91°	115°
2-1	1.71	1.71	0	-25.8	—	1.7	12.4	24.9	30.1	30.5	32.9	33.6	36.8
2	1.73	1.73	0	-24.9	—	6.9	15.4	25.1	31.4	35.7	36.6	36.6	37.5
3	1.75	1.60	8.0	-25.2	13.3	31.1	33.0	37.8	40.1	40.5	40.4	41.6	44.2
4	1.71	1.60	6.9	-25.4	17.3	33.6	37.8	39.2	40.9	42.7	40.9	44.1	44.8
5	1.72	1.41	18.0	-24.5	30.6	41.4	43.7	45.5	46.5	47.1	46.5	48.1	48.9
6	1.76	1.41	19.8	-24.1	29.9	41.0	42.2	45.4	45.4	45.6	45.1	46.6	48.9
7	1.74	1.30	25.2	-25.2	32.8	45.3	46.2	45.9	48.8	48.5	49.8	52.4	51.0
8	1.74	1.31	24.7	-27.2	38.2	42.1	49.4	47.8	49.4	50.0	49.0	51.3	49.1
9	1.73	1.19	31.1	-24.7	40.4	49.9	48.7	48.9	—	51.4	50.7	51.6	51.2
10	1.72	1.18	31.4	-24.2	43.7	49.8	50.5	50.6	—	52.9	52.0	53.9	53.8
11	1.75	1.09	37.7	-25.1	45.0	49.9	49.5	51.8	—	52.4	53.6	54.1	53.1
12	1.72	1.10	36.0	-23.5	44.0	49.2	49.2	49.8	—	52.4	51.2	53.5	53.7
13	1.73	1.00	42.0	-24.3	49.3	45.7	50.2	53.1	—	55.0	55.0	53.8	55.9
14	1.74	1.00	42.5	-24.6	44.5	50.0	53.4	52.4	—	52.4	56.4	55.4	55.7
15	1.73	0.90	47.9	-24.3	48.0	48.9	54.9	56.3	—	55.2	56.4	56.2	55.7
16	1.75	0.89	49.0	-24.8	52.3	51.5	57.1	55.6	—	55.8	58.2	56.6	57.1
17	1.73	0.84	51.5	-23.7	50.5	50.5	55.0	55.8	—	53.5	54.2	56.7	56.3
18	1.71	0.84	50.9	-23.6	51.3	48.8	53.3	55.3	—	54.4	57.4	54.7	55.8

第 10 表

No. 3 デュラルミン

No.	厚さ		壓延率 %	硬 度									
	壓延前	壓延後		壓延前	壓延後	4°	8°	22°	30°	46°	53°	99°	123°
3-1	1.75	1.75	0	1.6	4.6	44.2	45.4	52.3	52.5	53.2	55.3	55.3	55.6
2	1.73	1.73	0	1.4	1.9	41.5	46.1	52.3	52.8	54.3	53.3	55.2	54.9
3	1.73	1.63	5.8	2.7	39.4	56.9	56.4	60.0	60.4	61.3	60.3	62.1	62.2
4	1.74	1.64	5.8	2.8	39.4	54.3	56.6	59.0	59.2	59.3	60.0	61.0	61.6
5	1.74	1.50	13.8	3.8	50.3	61.3	61.1	63.2	63.3	63.8	61.5	64.5	64.3
6	1.74	1.51	13.2	1.2	52.4	62.4	62.5	63.4	63.7	64.3	65.5	64.8	65.1
7	1.75	1.40	20.0	-6.3	53.9	59.7	60.3	62.1	62.1	62.1	62.4	62.7	61.9
8	1.74	1.39	20.2	-1.7	56.7	63.2	64.5	64.8	63.5	64.8	64.7	65.5	65.7
9	1.75	1.30	25.7	-1.9	60.9	63.2	65.2	66.6	—	65.9	65.4	66.4	67.2
10	1.76	1.28	27.8	-1.9	60.3	63.8	64.1	66.1	—	65.8	65.3	65.0	65.3
11	1.73	1.20	30.6	-1.6	60.7	63.0	63.8	65.1	—	66.2	65.9	64.7	65.1
12	1.74	1.20	31.0	-0.2	60.6	65.0	65.2	65.3	—	66.0	64.9	65.8	65.9
13	1.75	1.10	37.1	-5.3	62.9	62.2	65.2	64.4	—	65.8	66.4	65.2	65.8
14	1.72	1.08	37.2	-2.4	64.5	64.9	65.1	66.0	—	66.6	67.5	66.6	65.4
15	1.75	0.98	44.1	-3.9	63.9	64.5	65.3	58.3	—	63.5	63.3	66.3	64.2
16	1.72	0.97	43.6	-1.9	64.9	65.1	64.8	63.7	—	63.5	63.9	64.1	65.2
17	1.72	0.85	50.5	-2.7	66.9	65.3	67.3	67.8	—	67.4	65.0	66.3	67.3
18	1.73	0.85	50.7	-2.9	67.9	66.0	66.2	67.1	—	66.6	66.6	68.9	66.7

第 11 表

No. 4 デュラルミン

No.	厚 さ		壓延率 %	硬 度									
	壓延前	壓延後		壓延前	壓延後	4°	6°	21°	28°	44½°	52°	93°	117°
4-1	1.73	1.73	0	19.5	27.0	—	59.3	63.3	61.8	62.3	62.1	61.7	62.5
2	1.74	1.74	0	20.2	21.8	—	58.8	59.2	59.9	61.4	59.9	62.3	60.4
3	1.73	1.60	8.6	22.6	50.6	—	69.0	69.7	70.4	70.6	70.3	70.2	68.1
4	1.74	1.60	8.0	20.2	51.5	—	69.0	69.4	70.9	69.6	69.8	70.8	70.7
5	1.72	1.51	12.2	20.8	53.5	—	70.7	71.0	71.2	70.0	69.6	70.5	70.9
6	1.74	1.50	13.8	26.7	55.8	—	70.6	72.1	71.6	70.6	72.2	71.9	71.7
7	1.73	1.43	17.3	—	69.4	70.1	—	71.0	71.9	71.8	70.9	71.7	71.8
8	1.74	1.38	20.7	—	70.2	72.1	—	72.4	72.2	72.5	72.8	72.6	73.2
9	1.73	1.23	28.9	—	71.5	73.4	—	74.0	—	74.6	74.1	73.0	73.4
10	1.74	1.28	26.5	—	72.5	73.9	—	74.0	—	74.6	74.6	74.9	74.5
11	"	1.19	31.6	—	74.3	74.0	—	74.7	—	73.8	74.1	75.2	75.2
12	1.76	1.20	31.8	—	75.6	75.3	—	76.5	—	75.8	74.2	76.4	75.4
13	1.75	1.11	36.5	25.0	74.5	75.8	—	"	76.6	—	78.3	76.3	—
14	1.72	1.10	36.1	26.6	72.1	74.9	—	74.9	75.3	—	75.1	75.7	—
15	1.73	1.01	43.0	21.0	73.3	75.1	—	74.8	75.7	—	75.7	74.9	—
16	1.74	1.00	42.4	22.2	75.2	74.4	—	75.2	76.3	—	77.0	75.5	—
17	1.75	0.91	48.0	26.8	75.8	76.9	—	76.4	77.6	—	78.2	78.0	—
18	1.74	0.88	49.3	25.9	74.6	76.1	—	76.5	76.7	—	75.8	77.1	—

第 12 表

No. 5 デュラルミン

No.	厚 さ		壓延率 %	硬 度					
	壓延前	壓延後		壓延前	壓延後	3°	5½°	41½°	65½°
5-1	1.73	1.73	0	34.9	47.1	62.4	64.1	66.7	67.1
2	1.74	1.74	0	34.6	43.6	63.4	64.3	68.1	67.7
3	1.74	1.62	6.9	37.6	68.2	74.0	74.0	74.6	75.4
4	1.74	1.61	7.5	36.3	69.1	73.4	73.9	74.4	74.2
5	1.73	1.47	15.0	38.1	75.1	76.5	76.8	76.5	77.5
6	1.75	1.46	16.6	40.0	76.2	78.0	78.4	78.1	78.4
7	1.72	1.33	22.6	31.6	79.0	79.2	78.8	79.3	80.2
8	1.72	1.32	23.1	32.7	78.6	79.2	80.2	80.0	80.2
9	1.73	1.23	29.8	31.5	79.8	81.2	79.8	81.4	81.5
10	1.71	1.21	29.2	32.0	78.5	80.6	80.5	80.6	80.6
11	1.72	1.11	35.5	34.0	80.0	81.5	80.5	81.0	81.4
12	1.73	1.09	36.9	37.8	81.5	81.6	81.8	81.7	82.0
13	1.73	1.01	43.0	37.3	79.9	79.8	80.4	80.6	82.0
14	1.73	1.00	44.1	36.4	81.1	79.9	80.9	81.3	80.5
15	1.74	0.94	45.9	33.8	81.0	80.6	80.9	79.8	81.1
16	1.73	0.93	46.2	35.7	79.6	81.2	80.6	80.4	80.6
17	1.75	0.87	50.2	40.6	82.3	81.9	81.2	81.7	82.0
18	1.74	0.85	51.0	41.5	81.9	80.5	81.0	81.7	81.4

VII. 焼入直後瞬間的加熱の時効硬化に及ぼす影響

焼入直後の瞬間的加熱が時効後の硬度に如何に影響するかを見る爲めに 1.6mm 厚さのデュラルミン板を 510°Cに30 分間加熱し冷水中に急冷し

直に 30, 50, 75, 100°C の温水並に 150, 180 及び 200°C の油槽中にて各片を 1, 2, 3, 4 及 5 分間加熱して又冷水中に投じ後硬度測定に依つて時効硬化の有様を見た其結果は第 14 表の如くであるが只 12 日目の硬度を圖示すれば第 15 圖の如

第 14 表

No.	硬 度							加熱時間 分	加熱溫度 °C
	1日目	2日目	3日目	5日目	7日目	12日目	63日目		
E-31	63.1	61.2	66.4	67.1	65.9	69.5	65.8	1	30
32	63.6	65.45	66.2	67.7	67.5	67.3	68.2	2	"
33	63.3	62.2	65.3	67.3	67.1	66.6	66.4	3	"
34	64.4	64.6	67.3	68.8	68.4	67.8	68.6	4	"
35	65.3	64.4	67.3	67.8	68.2	66.9	67.6	5	"
36	62.3	65.0	66.0	67.8	66.3	65.7	67.6	1	50
37	65.6	62.8	68.5	67.2	67.3	66.6	66.4	2	"
38	64.0	65.8	67.2	68.0	67.0	68.4	68.4	3	"
39	63.4	64.7	66.2	66.8	66.3	65.5	69.0	4	"
40	63.0	64.9	66.0	66.6	65.8	64.5	67.4	5	"
41	60.6	64.4	64.8	65.3	64.5	64.8	65.5	1	75
42	64.4	64.1	67.3	68.4	66.4	66.2	67.8	2	"
43	64.65	65.3	66.9	67.5	67.0	67.0	68.6	3	"
44	64.9	63.9	67.1	66.8	68.1	65.8	69.7	4	"
45	64.1	64.0	64.7	67.0	68.0	66.5	67.3	5	"
46	61.4	64.3	66.5	67.4	68.5	65.2	66.7	1	100
47	61.3	64.4	66.0	66.1	67.6	66.2	68.8	2	"
48	59.1	63.1	63.6	64.7	66.7	63.7	65.8	3	"
49	56.8	59.5	62.3	62.4	66.3	62.7	64.8	4	"
50	57.1	58.3	62.1	62.4	65.4	63.2	64.5	5	"
51	50.9	61.3	62.7	64.7	67.0	62.9	65.5	1	150
52	51.5	58.3	63.1	63.6	66.4	63.5	65.4	2	"
53	53.6	55.9	62.2	63.8	67.5	64.2	67.6	3	"
54	55.6	55.8	63.7	64.3	66.4	65.4	66.3	4	"
55	52.3	54.8	61.3	61.1	66.0	63.1	66.4	5	"
56	48.9	60.2	63.5	64.2	67.4	64.8	66.4	1	180
57	51.8	61.9	65.5	65.9	68.6	66.0	67.0	2	"
58	51.9	60.5	63.8	66.5	67.7	65.4	67.3	3	"
59	52.8	60.3	64.6	65.1	68.3	65.2	67.9	4	"
60	53.8	57.9	63.8	64.3	68.4	65.5	67.9	5	"
61	46.6	62.4	65.9	65.6	68.4	65.3	66.2	1	200
62	46.7	63.3	65.2	66.2	68.8	67.6	69.1	2	"
63	45.4	61.9	64.9	67.9	68.2	65.8	68.3	3	"
64	46.4	61.9	64.5	66.6	67.8	65.2	68.0	4	"
65	43.9	63.7	65.4	66.1	68.8	66.4	67.8	5	"

くになる。

此の鋼材は焼入後單に常溫時効のみに依る時は硬度 Rockwell-B-Scale にて 70 になるので之を標準として比較をする時は各溫度を通じて餘り影響せられないのは 30°C 1 分間加熱のみであつて他は溫度の上昇又は加熱時間の増加に依つて何れも可なり影響せらるゝを見る。

之に依つて見れば約 10% 以下の壓延材に於ける時効硬化後の硬度並に抗張力の不足は壓延時の發熱に因るのでないかと考へらるゝが又一方壓延中に於ける試料の溫度は殆んど常溫に等しく熱

の發生あるも直に Roll に傳達して殆んど加熱さるゝを見ないのであるから従つて發熱が原因しない様にも思へるが瞬間的に發生する熱が原子的變化に影響がないとも考へられない。

VIII. 要 結

以上の實驗を總括すれば次の如くである。

- (a) デュラルミンの各種の熱處理せるものに就き機械的性質を測定した。
- (b) 焼入直後時効完了せざるものに於て 10~12% 以下の加工は機械的性質を低下せしむ。
- (c) 焼入直後加工せるものに於ては加工後の時効硬化度は加工率に伴ひて漸減し含有成分の多きものは 30~40% に於て又其少なきものは 50~65% 加工に於て殆んど硬化せざに至る。
- (d) 電氣抵抗測定による時効硬化度の減少も 50~65% 加工に於て停止

するを見る。

- (e) 焼入直後の數分間の加熱も結局の時効硬化に影響ある事を知つた。

第 8 表

0% of cold work

時 間	Volt	増加率%	硬度 R.H.
0	0.04008	0	7
1-0	0.04112	2.59	23
2-0	0.04186	4.44	38
3-0	0.04219	5.26	42
4-0	0.04223	5.36	45
5-0	0.04244	5.89	47
6-0	0.04240	5.78	48
7-0	0.04253	6.11	49
22-07	0.04278	6.74	56
23-0	0.04276	6.69	"
24-0	0.04280	6.79	"
25-0	0.04284	6.89	"

26-10	0.04278	6.74	6.81	55	時 間	Volt.	増加率%	硬度R.H.
27-00	0.04280	6.79		57	2-15	0.04434	1.98	59
28-05	0.04278	6.74		57	3-0	0.04438	2.07	59
29-00	0.04283	6.86		58	4-0	0.04445	2.23	61
30-05	0.04280	6.79		58	5-0	0.04446	2.25	62
31-10	0.04292	7.08		5-55	0.04445	2.23	61	
0% of cold work					20-40	0.04459	2.31	63
時 間	Volt	増加率%	硬度 R.H.	21-30	0.04460	2.33	62	
0	0.04048	0	2.0	22-30	0.04465	2.43	62	
0-25	0.04072	0.59	8.0	23-30	0.04468	2.49	63	
0-50	0.04112	1.58	19.0	24-30	0.04464	2.41	64	
1-20	0.04169	2.99	29.0	25-30	0.04460	2.33	62	
2-20	0.04226	4.39	41.0	26-30	0.04461	2.35	63	
3-15	0.04250	4.99	43.0	27-50	0.04469	2.51	62	
4-20	0.04260	5.24	44.0	28-30	0.04460	2.30	62	
5-20	0.04270	5.48	47.0	29-45	0.04466	2.42	63	
6-20	0.04277	5.66	50.0					
7-40	0.04273	5.56			7.84%			
22-30	0.04299	6.20	57.0	時 間	Volt	増加率%	硬度 R.H.	
23-20	0.04298	6.18	56.0	0	0.04232	0	49	
24-20	0.04302	6.28	57.0	0-40	0.04254	0.52	52	
25-20	0.04305	6.35		1-40	0.04276	1.04	56	
26-20	0.04302	6.28	6.33	2-40	0.04304	1.70	56	
27-20	0.04317	6.65	54.0	3-40	0.04298	1.56	57	
28-20	0.04310	6.47	57.0	4-40	0.04317	2.01	53	
29-20	0.04305	6.35		6-00	0.04307	1.77		
30-30	0.04300	6.20		7-00	0.04309	1.81		
2.17% of cold work					22-40	0.04326	2.22	61
時 間	Volt	増加率%	硬度 R.H.	23-40	0.04318	2.03	60	
0	0.04280	0	33.5	25-10	0.04315	1.96	61	
1-0	0.04312	0.74	39.9	26-30	0.04328	2.26	61	
2-50	0.04355	1.75	44.2	28-15	0.04314	1.94		
4-20	0.04377	2.27	49.0	29-40	0.04313	1.92		
6-35	0.04402	2.85	53.1	31-00	0.04311	1.88		
23-20	0.04502	5.19	57.8					
27-15	0.04506	5.28	59.0		8.49%			
29-25	0.04501	5.17	57.9	時 間	Volt	増加率%	硬度 R.H.	
46-0	0.04503	5.21	59.7	0	0.04388	0	53.1	
48-25	0.04502	5.19	58.9	1-10	0.04432	1.00	53.9	
50-25	0.04501	5.17	59.0	2-10	0.04452	1.46	59.4	
53-05	0.04500	5.14	58.8	3-40	0.04470	1.87	60.2	
3.43% of cold work					5-05	0.04482	2.14	63.0
時 間	Volt	増加率%	硬度 R.H.	6-40	0.04483	2.17	63.4	
0	0.03738	0	24	23-35	0.04527	3.17	64.4	
1-0	0.03794	1.50	40	25-15	0.04524	3.10	65.6	
2-0	0.03830	2.51	43	27-30	0.04520	3.01	65.1	
3-0	0.03830	2.51	49	29-55	0.04521	3.03	65.8	
4-0	0.03843	2.81		46-20	0.04537	3.42	66.6	
5-0	0.03852	3.06	50	48-05	0.04538	3.44	66.4	
6-0	0.03861	3.29						
7-20	0.03856	3.16			8.55%			
22-20	0.03869	3.55	55	時 間	Volt	増加率%	硬度 R.H.	
23-0	0.03868	3.48	50	0	0.04317	0	54	
24-0	0.03874	3.64	55	1-0	0.04381	1.48	60	
25-0	0.03872	3.58		2-0	0.04386	1.60	62	
26-0	0.03877	3.71		3-0	0.04402	1.97	63	
27-0	0.03871	3.55	3.61	4-0	0.04397	1.85	64	
28-0	0.03871	3.55	53	5-0	0.04405	2.04	63	
29-0	0.03871			6-0	0.04389	1.91	64	
30-0	0.03881	3.83		7-0	0.04403	1.99		
31-0	0.03875	3.67	52	23-0	0.04394	1.79	65	
5.9%					24-0	0.04414	2.25	
時 間	Volt	増加率%	硬度 R.H.	25-0	0.04402	1.97	66	
0	0.04348	0	47	26-0	0.04400	1.93	65	
1-0	0.04419	1.63	55	27-0	0.04398	1.89	62	
				28-0	0.04402	1.97	65	
				29-0	0.04410	2.15	63	
				30-0	0.04401	1.95	64	
				31-0	0.04398	1.89	65	

8.87%

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.04148	0	55.8
1-05	0.04161	0.48	58.0
2-00	0.04182	0.58	60.1
3-00	0.04200	1.25	61.8
4-10	0.04209	1.47	64.2
5-30	0.04219	1.71	64.2
6-30	0.04217	1.66	65.1
22-10	0.04249	2.43	65.7
23-10	0.04246	2.36	65.6
24-40	0.04247	2.39	67.5
24-55	0.04234	2.07	67.2
27-40	0.04249	2.45	66.7
30-00	0.04249	2.45	66.0

9.27%

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.04520	0	58
0-55	0.04561	0.91	62
1-55	0.04578	1.29	64
3-05	0.04582	1.38	65
4-35	0.04592	1.60	66
6-15	0.04584	1.42	"
22-25	0.04578	1.29	"
23-25	0.04589	1.55	"
24-25	0.04571	1.13	"
25-25	0.04574	1.20	64
26-25	0.04579	1.27	65
27-25	0.04575	1.22	—
28-25	0.04583	1.40	64
29-25	0.04574	1.20	65
30-25	0.04576	1.24	64

10.24%

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.04406	0	52
1-10	0.04450	1.00	57
2-10	0.04447	0.93	60
3-10	0.04458	1.18	59
4-10	0.04454	1.10	"
5-10	0.04460	1.20	"
21-10	0.04460	1.20	"
22-00	0.04465	1.30	—
23-00	0.04466	1.32	59
24-00	0.04462	1.24	60
25-30	0.04463	1.26	"
27-00	0.04459	1.18	"
28-00	0.04468	1.36	"
29-00	0.04454	1.08	"
30-10	0.04468	1.36	"
46-40	0.00420	1.36	61

12.68%

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.04701	0	62
0-35	0.04742	0.84	64
1-05	0.04742	"	65
2-25	0.04746	0.95	67
4-05	0.04754	1.13	68
5-05	0.04750	1.04	"
6-05	0.04759	1.23	"
7-1	0.04745	0.93	"
23-05	0.04755	1.15	"
25-05	0.04759	1.23	69
26-45	0.04757	1.19	"
28-05	0.04762	1.29	"
30-00	0.04755	1.15	"
31-15	0.04758	1.22	"

13.12%

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.04694	0	57
0-55	0.04737	0.900	58
1-55	0.04745	1.08	59
2-55	0.04754	1.28	60
4-15	0.04750	1.19	"
5-55	0.04758	1.37	63
6-35	0.04748	1.15	65
22-15	0.04750	1.19	"
23-15	0.04762	1.45	64
23-45	0.04753	1.26	"
25-15	0.04766	1.54	"
26-45	0.04759	1.39	65
28-15	0.04763	1.48	66
29-35	0.04765	1.52	"
45-35	0.04762	1.45	65

13.72%

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.04777	0	64
0-45	0.04791	0.30	65
1-45	0.04801	0.50	67
2-45	0.04805	0.59	"
3-45	0.04806	0.61	68
4-45	0.04806	"	67
5-45	0.04812	0.74	68
7-25	0.04814	0.79	"
22-45	0.04818	0.90	69
23-45	0.04814	0.79	68
24-45	0.04808	0.64	69
25-45	0.04815	0.81	"
26-45	0.04807	0.63	"
27-45	0.04818	0.90	"
28-45	0.04805	0.59	70
29-45	0.04809	0.68	69
31-25	0.04810	0.70	"
46-35	0.04808	0.90	"

16.4%

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.04760	0	60
1-05	0.04768	0.18	63
2-20	0.04790	0.63	"
3-50	0.04782	0.46	64
4-20	0.04795	0.74	65
6-10	0.04786	0.55	"
21-50	0.04789	0.61	66
23-20	0.04789	0.61	67
24-50	0.04796	0.76	"
26-40	0.04783	0.49	"
28-35	0.04798	0.80	66
29-50	0.04796	0.79	"
46-30	0.04795	0.74	64

16.58%

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.04766	0	62
1-00	0.04809	0.90	65
2-00	0.04812	0.96	66
3-00	0.04822	1.17	68
4-00	0.04819	1.11	"
5-00	0.04811	0.94	"
6-00	0.04809	0.90	67
7-10	0.04818	1.09	"

時間	Volt.	増加率%	硬度R.H.
23-00	0.04810	0.92	67
24-40	0.04815	1.03	"
26-00	0.04814	1.01	68
28-00	0.04814	"	0.98
29-00	0.04811	0.94	67
31-00	0.04811	"	68
46-30	0.04817	1.01	"

18.54%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.04890	0	60
0-55	0.04914	0.48	62
1-55	0.04933	0.95	63
2-55	0.04934	0.91	64
4-25	0.04933	0.89	"
5-55	0.04952	1.28	65
7-10	0.04931	0.84	"
22-55	0.04919	0.59	64
24-25	0.04913	0.46	65
25-55	0.04930	0.82	"
27-40	0.04918	0.57	0.66
39-25	0.04932	0.86	"
31-15	0.04921	0.63	"
47-25	0.04914	0.48	66

19.00%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.04880	0	62
1-15	0.04899	0.40	63
2-20	0.04912	0.66	65
3-15	0.04904	0.50	66
4-35	0.04914	0.70	67
20-00	0.04904	0.50	"
21-15	0.04915	0.72	66
22-15	0.04910	0.62	67
23-45	0.04916	0.74	0.63
25-15	0.04895	0.32	68
26-45	0.04917	0.76	"
28-35	0.04917	0.76	"

19.68%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.04764	0	63.7
1-0	0.04792	0.59	65.2
2-05	0.04808	0.93	67.2
2-10	0.04813	1.03	68.0
4-35	0.04820	1.16	69.4
6-20	0.04820	"	69.7
8-25	0.04823	1.22	69.5
22-40	0.04827	1.30	69.8
25-10	0.04823	1.22	69.0
27-45	0.04822	1.20	69.3
30-50	0.04822	"	70.3

20.39%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.04732	0	57
0-55	0.04761	0.61	60
1-55	0.04753	0.45	63
3-25	0.04770	0.80	62
4-25	0.04769	0.78	"
5-25	0.04756	0.54	"
6-45	0.04748	0.34	61
22-25	0.04758	0.56	64
23-25	0.04758	"	63
24-25	0.04765	0.70	"
25-25	0.04761	0.62	62

時間	Volt.	増加率%	硬度R.H.
26-25	0.04762	0.64	0.64
27-30	0.04753	0.44	62
28-55	0.04776	0.92	63
30-40	0.04762	0.64	"
46-25	0.04774	0.90	62

20.59%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.05205	0	66
1-00	0.05210	0.09	69
2-00	0.05212	0.13	"
3-00	0.05217	0.23	70
4-00	0.05222	0.33	"
5-00	0.05218	0.25	"
6-00	0.05219	0.27	71
7-00	0.05220	0.29	70
22-05	0.05224	0.37	71
23-00	0.05221	0.31	70
24-00	0.05233	0.54	71
25-00	0.05231	0.50	"
26-00	0.05236	0.60	"
27-00	0.05226	0.41	0.42
28-00	0.05231	0.50	70
29-00	0.05227	0.42	69
30-00	0.05226	0.40	"
31-00	0.05212	0.13	"
47-00	0.05226	0.60	"

21.46%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.05197	0	64
0-50	0.05231	0.65	63
2-10	0.05235	0.73	"
4-10	0.05247	0.96	69
6-05	0.05236	0.75	70
7-05	0.05232	0.67	69
22-50	0.05231	0.65	68
23-50	0.05239	0.81	70
25-50	0.05230	0.63	0.73
27-50	0.05239	0.81	69
29-50	0.05235	0.73	"
31-50	0.05236	0.75	70

22.11%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.04934	0	65.6
0-55	0.04954	0.41	66.7
2-05	0.04958	0.49	68.7
3-20	0.04967	0.65	68.5
4-50	0.04964	0.61	67.6
6-40	0.04968	0.69	67.0
22-20	0.04967	0.65	67.3
23-50	0.04960	0.53	66.8
25-20	0.04963	0.59	0.59
27-20	0.04960	0.53	69.3
30-30	0.04965	0.63	69.9

24.51%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.05575	0	67.6
1-10	0.05598	0.41	70.1
2-10	0.05606	0.56	71.2
4-10	0.05603	0.50	71.7
6-40	0.05600	0.45	71.0
21-50	0.05604	0.52	74.0
23-25	0.05610	0.63	0.60
25-55	0.05608	0.61	72.1
28-10	0.05610	0.63	70.5

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.05299	0	64.6
0-40	0.05319	0.396	66.6
1-25	0.05325	0.49	66.6
2-10	0.05327	0.53	"
3-10	0.05330	0.59	66.8
4-15	0.05331	0.60	67.1
6-00	0.05323	0.45	67.9
7-40	0.05330	0.59	66.9
25-05	0.05340	0.77	68.4
27-05	0.05343	0.83	"
29-15	0.05330	0.59	67.8
31-15	0.05335	0.68	68.2

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.05140	0	64.3
1-00	0.05166	0.51	66.3
3-05	0.05175	0.68	68.9
5-25	0.05170	0.58	69.2
6-50	0.05180	0.78	69.6
23-10	0.05190	0.97	70.3
24-55	0.05179	0.76	70.3
26-05	0.05183	0.84	71.3
28-40	0.05183	"	70.3
30-50	0.05182	0.82	70.7

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.05331	0	69.3
1-00	0.05361	0.562	72.1
2-10	0.05362	0.58	73.0
3-20	0.05371	0.75	73.9
4-20	0.05372	0.77	74.6
6-30	0.05373	0.79	74.5
22-20	0.05370	0.73	"
24-20	0.05378	0.89	75.0
26-10	0.05368	0.69	"
28-20	0.05379	0.91	73.2
30-40	0.05376	0.85	73.8

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.05962	0	68.4
0-45	0.05983	0.33	71.1
1-30	0.05995	0.57	72.6
2-30	0.05990	0.47	71.9
3-30	0.05997	0.61	73.1
4-30	0.05990	0.47	73.5
6-40	0.05990	"	"
23-30	0.05987	0.41	74.7
25-30	0.05990	0.47	74.2
27-30	0.05989	0.45	74.2
29-30	0.05987	0.41	73.9

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.05533	0	69.5
1-00	0.05541	0.14	70.9
3-25	0.05550	0.307	71.8
4-35	0.05551	0.325	72.5
5-40	0.05554	0.380	"
21-35	0.05556	0.420	72.2
23-20	0.05546	0.240	71.7
25-05	0.05555	0.400	72.1
27-35	0.05552	0.340	72.2
29-25	0.05556	0.420	72.0

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.06927	0	66.5

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0-31	0.06936	0.12	67.0
1-28	0.06936	"	67.1
2-36	0.06952	0.36	66.9
3-45	0.06948	0.30	67.5
4-43	0.06968	0.60	68.5
5-43	0.06958	0.45	68.7
6-44	0.06970	0.63	68.1
8-08	0.06956	0.42	68.5
21-53	0.06952	0.36	68.6
23-00	0.06953	0.38	68.6
24-33	0.06952	0.36	69.0
26-33	0.06940	0.24	69.6
28-44	0.06942	0.21	-
30-51	0.06942	"	69.9
32-08	0.06963	0.53	70.8
46-03	0.06950	0.33	70.4
47-58	0.06960	0.48	69.9
49-43	0.06962	0.51	70.4
51-38	0.04970	0.63	69.8
52-53	0.06975	0.70	69.5

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.06055	0	66.9
0-30	0.06061	0.10	67.6
1-30	0.06066	0.20	67.9
2-35	0.06067	0.22	68.9
3-35	0.06070	0.25	69.1
4-35	0.06079	0.40	69.2
5-35	0.06078	0.38	69.0
18-00	0.06082	0.45	70.0
18-40	0.06084	0.38	69.9

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.07010	0	69.3
1-00	0.07019	0.09	71.3
3-20	0.07034	0.38	72.6
4-40	0.07039	0.40	73.3
5-50	0.07031	0.32	73.0
22-30	0.07037	0.44	73.8
24-30	0.07034	0.38	74.1
26-00	0.07033	0.36	"
28-30	0.07033	0.34	74.0
30-40	0.07030	0.30	73.0

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.05766	0	72.4
0-50	0.05802	0.62	73.4
1-55	0.05803	0.64	75.4
3-45	0.05798	0.56	75.4
5-30	0.05799	0.57	76.0
7-15	0.05805	0.68	76.2
22-25	0.05797	0.54	76.8
23-25	0.05799	0.57	76.9
24-50	0.05790	0.42	76.2
26-45	0.05803	0.64	76.4
28-50	0.05791	0.44	77.1
31-10	0.05805	0.68	76.5

時間	Volt	增加率%	硬度 R.H.
0	0.08632	0	74.5
1-05	0.08628	-0.13	76.1
2-05	0.08654	0.24	76.7
3-10	0.08630	-0.12	76.1
4-35	0.08643	0.13	76.4

時間	Volt.	増加率%	硬度R.H.	0-55	0.08985	0.01	72.5
6-15	0.08641	0.10	76.8	1-55	0.08994	0.08	73.5
25-40	0.08640	0.09	77.7	3-40	0.09002	0.18	73.3
28-40	0.08634	0.02	76.5	5-40	0.09005	0.22	72.8
30-30	0.08658	0.29	76.9	7-15	0.09006	0.23	73.8
				22-55	0.09014	0.31	73.2
				24-55	0.09013	0.30	73.9
				26-45	0.09001	0.18	74.2
				29-05	0.09005	0.22	74.6
				30-55	0.09002	0.18	74.3

50.5%

時間	Volt	増加率%	硬度R.H.
0	0.08986	0	71.5

