

# マグネシウム・カドミウム系を基礎とする 多元系軽合金の研究

(日本鐵鋼協會第 13 回講演大會講演)

大 日 方 一 司<sup>1)</sup>  
萩 谷 正 巳<sup>2)</sup>

## RESEARCHES ON THE COMPLEX ALLOYS OF MAGNESIUM, BASED ON THE MAGNESIUM-CADMIUM SYSTEM.

By Ichiji Obinata and Masami Hagiya.

**SYNOPSIS:**—As the third alloying constituents, 0.5 to 6% of *Cu*, *Ag*, *Zn*, *Hg*, *Al*, *Ti*, *Sn*, *Pb*, *Sb*, *Te*, *Cr*, *Mn* and *Ni* were added alone or duplicately to the binary alloys of *Mg-Cd*, which contains 1 to 10% of the latter element. The Rockwell-hardness value of these alloys in the cast, annealed, quenched and aged state as well as the corrodibility against the distilled, the ordinary and the salt water were measured. The results obtained may be summarised as follows:

The third constituents which harden the binary alloys most remarkably, are found to be *Cu*, *Ni*, *Ag* and *Al*. *Sn*, *Mn*, *Zn*, *Sb* and *Hg* harden the alloy to a certain extent, while the hardening effect of *Pb* and *Te* is very small. The alloys in the cast state show generally the highest hardness value; the annealing or quenching make them softer. A remarkable aging effect is found in the alloy containing *Al* or *Zn*.

The addition of *Ni*, *Cu* and *Ag* shows a marked injurious effect on the corrodibility of the *Mg-Cd* alloys. *Al*, *Pb*, *Te* and *Sb* make also the alloy corrodible. Although *Sn*, *Zn*, *Mn*, *Hg* and *Ti* do not improve the corrodibility of the binary alloys remarkably, the existence of these metals is at least not very harmful.

### I. 緒 言

滿洲事變を一轉換期として吾國の輕金屬工業界は俄に活況を呈して來た。マグネシウム工業の如きも最近内、滿、鮮各地を中心として各種の企業計畫が起り、その結果近き將來に於ては相當多量の生産が約束せられるに至つて居る然し乍ら翻つて金屬材料としての *Mg* 及びその合金の性質を見るに、今日迄の所尚多くの缺點があつて *Al* 系合金の代用として直に採つて以つて代へ難い場合が多い。なる程 *Mg* 系合金の機械的性質は *Al* 系合金に比して著しい遜色はない許りでなく、その比重の小さい點を考慮する時は却つて優秀なものも存在するのであるが、最も困難な問題は何分にも腐蝕に對する抵抗が著しく劣等な事、この缺點のために未だ利用し盡されぬ憾がある。

一般に合金の性質を著しく改變せしめんがためには固溶體範圍の存在に待たねばならぬ事は金相學の教へる所であるが *Mg* は他の金屬元素と殆ど例外なしに金屬間化合物を作り、その固溶體範圍は概して極めて狭小である。第 1 圖には比較のために從來の研究結果を綜合して、本報告に必要な二元系合金の常溫並に共晶溫度に於ける溶解度限を

圖示した。圖中ハツチングの部分はいづれも固溶體範圍を示し、本圖作製に必要な文獻は此所に之を總括して置いた。<sup>1)</sup>

第 1 圖を見るに *Mg* 合金中最大の固溶體範圍を有する二元系は *Mg-Cd* 系で輕合金の範圍内に於いては、溫度

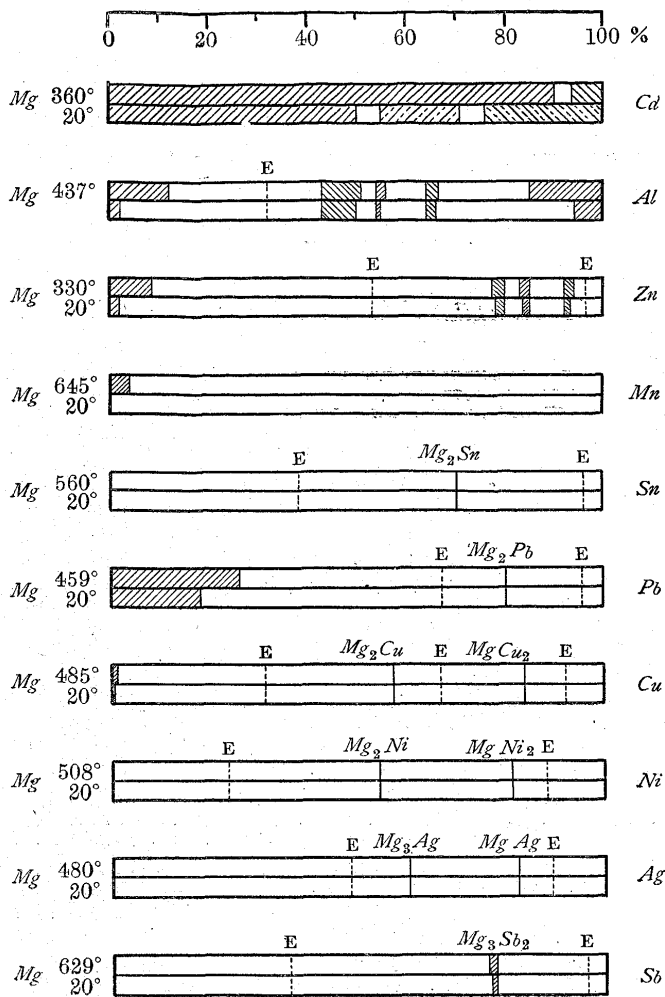
#### 1) 二元系状態圖に關する文獻

- Mg-Cd* 系:—G. Grube, Zs. anorg. Chem., 49, (1906) 72.  
W. Hume-Rothery a. S. W. Rowell, Jour. Inst. Met., 38, (1927), 137.  
G. Grube u. E. Schiedt, Zs. anorg. Chem., 194, (1930), 190.  
U. Dehlinger, Zs. anorg. Chem., 194, (1930), 223.  
*Mg-Al* 系:—D. Hanson a. M. L. V. Gayler, Jour. Inst. Met., 24, (1920), 201.  
W. Schmidt, Zs. Metallkunde, 19, (1927), 452.  
石田四郎、日本鑛業會誌、45, (1929), 256.  
E. Schmid, Metallwirtschaft, 11, (1932), 409, 421.  
可上益夫、金屬の研究、10, (1933), 532.  
*Mg-Zn* 系:—B. Stoughton a. M. Miyake, Am. Inst. Min. Met. Eng., 73, (1926), 541.  
R. Chadwick, Jour. Inst. Met., 39, (1928), 285.  
石田四郎、上掲 E. Schmid, 上掲  
武井武、金屬の研究 6, (1929), 177.  
*Mg-Cu* 系:—R. Sahmen, Zs. anorg. Chem., 57, (1908), 1.  
M. Hansen, Jour. Inst. Met., 27, (1927) 93.  
石田四郎、上掲  
W. Jones, Jour. Inst. Met., 46, (1931), 395.  
*Mg-Mn* 系:—W. Schmidt, 上掲  
O. W. Pearson, Ind. Eng. Chem., 22, (1930), 367.  
E. Schmid, Metallwirtschaft, 10, (1931), 923.  
*Mg-Sn* 系:—G. Grube, Zs. anorg. Chem., 46, (1905), 79.  
W. Hume-Rothery, Jour. Inst. Met., 35, (1926), 330.  
*Mg-Pb* 系:—G. Grube, Zs. anorg. Chem., 44, (1905), 124.  
W. Schmidt, 上掲  
*Mg-Sb* 系:—G. Grube, Zs. anorg. Chem., 49, (1906), 72  
G. Grube u. R. Bornhak, Zs. Elektrochem., 40, (1934), 140.  
*Mg-Ag* 系:—S. F. Zemczuzny, Zs. anorg. Chem., 49, (1906), 400.  
*Mg-Ni* 系:—G. Voss, Zs. anorg. Chem., 57, (1908), 61.  
J. L. Haughton a. R. Payne, Jour. Inst. Met., 54, (1934), 275.

<sup>1)</sup> 旅順工科大学

<sup>2)</sup> 滿洲化學工業株式會社

第 1 圖



の如何に拘はらず總て均一な固溶體を形成する。以上の他マグネシウムに固溶する金屬としては鉛、アルミニウム、亜鉛及び *Mn* がある。之等のうち *Mg-Pb* 系の固溶體範圍は *Mg-Cd* 系に亞いで大であるが、鉛は比重大きく、且其の固溶體の性質不良のためにマグネシウム輕合金の基礎二元系としては價値がない。現行 *Mg* 輕合金の組成を見るに、基礎二元系としては孰れも *Mg-Al*, *Mg-Zn* 及び *Mg-Cd* 系を選んで居る。獨逸のエレクトロン、米國のドウメタルの如きは、孰れも之等の二元系に少量の *Cu*, *Mn*, *Sn* 等を添加したものである。

之等二元系合金の性質に關しては多くの研究がある<sup>2)</sup>石

<sup>2)</sup> マグネシウム合金の性質に關する文獻  
 1928 年以前のものは拙著「マグネシウム合金に就いて」(滿洲技術協會誌) 6, (1929), 135. 参照の事、  
 石田四郎、日本鑛業會誌、45 (1929), 256, 607, 786, 819, 46 (1930) 245.  
 A. Portevin a. E. Pretet, Rev. Met. 26, (1929), 259.  
 J. A. Gann, Ind. Eng. Chem., 23, (1930), 694.  
 遠藤彦造、宮崎行藏、金屬之研究、7, (1930), 283, 329.  
 橋本成功、金屬之研究、7, (1930), 371.  
 飯高一郎、本誌、16, (1930), 1057.  
 遠藤彦造、森岡進、金屬之研究、9, (1932), 328, 352.  
 高橋清、技和四郎、金屬之研究、10, (1933), 127.  
 P. Bas'ien, Rev. Met., 30, (1933), 528.

田博士に従へば、機械的性質を改善せんとするには *Al*, 及び *Cu* の添加が最も有効であり *Zn* 之に亞ぎ *Mg-Cd* 系は最軟弱の様である。遠藤博士の結果に依れば、耐腐蝕性の最も優秀な系は *Mg-Cd* 並に *Mg-Zn* 系で *Mg-Al* 系合金は海水に對して極めて弱く *Mg-Cu* 系は最悪の耐腐蝕性を示す事が知られて居る。

多元系 *Mg* 輕合金に關しては系統的研究少く、僅かに石田博士其他に依る二、三の研究を數へるのみであるが、*Mg-Cd* 系を基礎とする多元系輕合金に關するものは末だ之を見出し難い。

本報告に於いて基礎二元系として *Mg-Cd* 系を選んだ理由は、この系が二元合金中最大の固溶體範圍を有する關係上、多元系合金の基礎として最も其の性質を改良し得る可能性が多いと考へられる許りでなく、耐腐蝕性の點を考慮したからである。實驗に供した試料は總數 70 本で、基礎二元系としては常にカドミウム 3, 6 及び 10% を含む合金を選び、之に第三添加元素として *Cu*, *Ag*, *Zn*, *Hg*, *Al*, *Ti*, *Sn*, *Pb*, *Sb*, *Te*, *Cr*, *Mn*, 及び *Ni* 等 13 種の元素を夫々 1~6% の範圍内に於て添加した。本報告には之等の試料の蒸溜水、水道水及び海水に對する腐蝕試驗の結果並びに硬度測定結果に就いて報告する。尙本報告は多元系 *Mg* 輕合金探索の第一歩で、不完全の點も多いが目下引き續き研究中に屬する部分もあつて、逐次完成し度いと考へて居る。

## II. 實驗裝置並びに測定方法

1) 試料の調製 原料 *Mg* は理化學研究所製のものを使用し、其他の添加金屬は孰れも Merck 或は Kahlbaum 製のものであつた。

試料の熔融には、ニクロム線巻き堅型管狀電氣爐内に自由に上下し得る様に裝置した軟鋼製坩堝を用ひた。先づ坩堝を 650°C に加熱後、此のうちに豫め秤量せる裝入物總量 50g) を入れ、密閉して更に 10~20 分回加熱した。鑄型は内徑 10mm 長さ 150mm の軟鋼製で、鑄造に先立ち常に 150°C に豫め熱した。鑄造溫度は添加金屬の種類に應じて加減したが常に 700~750°C の間であつた。

鑄造に際して坩堝の蓋を開ける場合には、手早く硫黃粉末を投入して坩堝内を亞硫酸氣流としたが *Mg* の燃焼を防ぐ上には有効である。熔劑は合金に混入して局部的腐蝕の原因となる點を恐れて、全々使用しなかつた。鑄造性は

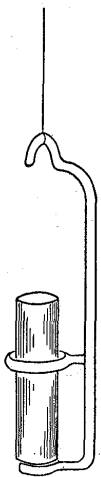
總ての試料を通じて比較的良好であつたが、銅の多量を加へた試料の場合には流動性稍悪しく、鑄造最も困難であつた試料秤量の割合は第1表~第5表に示した通りで、化学分析は別に之を行はなかつた。

以上の金型鑄物からは硬度試験用として径 10mm 高さ 10mm の試片各々 2 箇宛、腐蝕試験用として径 8mm 長さ 30mm の棒状試片數箇を丁寧に削り上げた。

2) 硬度試験 硬度の測定にはロツクウェル E スケールを用ひた。荷重を加へる時間は總て 20 と定め、同一試料に就いて 3~6 箇所から求めた數値を平均して硬度數とした。各試料の硬度は鑄造状態のみならず、焼鈍状態、焼入直後及び焼入後 10 日間時効後の硬度をも併せて測定した。此の場合の焼鈍並びに焼入温度はいづれも 450°C で各試料とも常に一定であつた。尚ショアの硬度をも測定したが、硬度數の差少く、比較困難のために實驗結果としては採用しなかつた。

3) 腐蝕試験 長さ 50cm 幅 35cm 高さ 35cm の水槽中に約 50l の腐蝕液を入れ、此の中に豫め清淨、乾燥後秤量した試料を數 10 本宛づゝ等間隔に懸垂した。試料の懸垂には第 2 圖に示した様な硝子製試料支へを使用した。一

定時日後試料を取り出し、表面を刷毛で洗ひ水、アルコール等で洗滌、乾燥後秤量して、腐蝕前後の重量差を求め、之を最初の試料の重量で除した商を以て合金の腐蝕量とした。試料は孰れも同形で、其の表面積は常に一定と考へるが故である。



一般に腐蝕現象には酸化作用を伴ふため、酸化物或は水酸化物生成に基く重量増加の現象と、金属が可溶鹽となつて液中に溶け込むために生ずる重量減少の二傾向がある理で、従つて上記の方法を以て直に腐蝕量とは見做し難いのであるが、腐蝕の相對的傾向を知る上には充分であつた。但し如上の理由から實驗中 2, 3 の試料に就いては却つて重量増加を結果して居るものもある。

腐蝕液の種類並に浸漬日數は次の通りである。

蒸溜水 10 日間 旅順市水道水 5 日間

(全硬度 : 9.6, カーボネート硬度 : 7.2,  $Cl^-$  : 70 mg/l)

食鹽水 2 日及び 5 日間

(市販の食鹽 2.5% を水道水中に溶解せるもの)

尚腐蝕後は一々實物大の寫眞に撮つて表面の状態を記録

に止めた。寫眞版はその二、三の例である。

### III. 實驗の結果

硬度及び腐蝕試験の結果は第 1 表~第 5 表に掲げた通りである。

第 1 表 Mg-Cd, Mg-Cd-Al, Mg-Cd-Zn 系

試料 番號	組成%			ロツクウェル 硬 度 數				腐蝕減量%			
	Cd	Al	Zn	鑄造	焼鈍	焼入	時効	蒸溜水 10日	水道水 5日	食鹽水	
										2日	5日
56	0.5			3	-19	-5	-5	0.17	0.13	+0.09	2.06
57	1			2	-11	-5	-6	0.08	0.20	2.98	48.41?
58	2			3	-6	-2	4	0.16	0.37	6.78	30.41?
1	3			6	3	2	2	0.05	0.07	0.11	0.40
2	6			10	3	10	9	0.05	0.07	0.21	0.40
3	10			28	9	13	15	0.05	0.05	0.55	0.62
4	3	3		41	33	26	30	0.07	0.09	9.14	60.83
7	3	6		57	48	34	44	0.14	0.15	16.23	37.03
5	6	3		36	37	28	34	0.00	0.18	4.60	80.17
8	6	6		57	46	36	52	0.11	0.16	3.97	33.36
6	10	3		48	44	31	40	0.03	0.19	13.85	90.56
9	10	6		61	48	44	49	0.07	0.37	30.77	100
59	1		2	25	12	18	26	0.22	0.41	0.12	1.07
60	2		2	32	20	22	21	0.15	0.31	+0.06	1.81
10	3		2	19	18	19	23	0.04	0.05	0.00	0.97
13	3		5	41	27	27	35	0.05	0.09	0.22	1.36
11	6		2	28	20	22	25	0.05	0.03	0.25	0.78
14	6		5	42	29	31	38	0.09	0.12	0.44	1.95
12	10		2	35	28	24	30	0.03	0.07	0.50	1.56
15	10		5	52	44	32	38	0.05	0.19	0.82	2.67

1) 硬度 硬度測定結果を通覽するに、孰れの試料も硬度比較的低く、比較のために作製したエレクトロン AZF 及び AZG (第 5 表) の硬度に匹敵し得る合金は Mg-Cd-Al 系 Mg-Cd-Zn 系 (第 1 表) Mg-Cd-Cu 系 (第 3 表) に 2, 3 を見出し得るに過ぎない。就中 Mg-Cd 二元系合金は最も軟弱で Cd 10% を含む場合にも其の硬度數はエレクトロン系合金の 1/2 程度を出でない。然し乍ら第 1 表に見る様に、合金の硬さは Cd 添加量に應じてほぼ直線的に増大する事が知られる。

第 2 表 Mg-Cd-Sn, Mg-Cd-Mn, Mg-Cd-Cr, Mg-Cd-Hg 系

試料 番號	組成%					ロツクウェル 硬 度 數				腐蝕減量%			
	Cd	Sn	Mn	Cr	Hg	鑄造	焼鈍	焼入	時効	蒸溜水 10日	水道水 5日	食鹽水	
												2日	5日
61	1	3				20	8	15	16	0.18	0.21	0.30	1.23
62	2	3				21	10	14	17	0.20	0.23	0.31	1.17
16	3	1				9	10	10	6	0.09	0.11	0.11	1.64
19	3	3				23	17	15	20	0.00	0.15	0.14	1.21
17	6	1				8	9	10	15	0.07	0.12	0.23	1.67
20	6	3				22	20	18	22	0.00	0.12	0.11	0.89
18	10	1				25	17	17	25	0.03	0.16	0.47	1.73
21	10	3				21	15	24	23	0.02	0.16	0.15	1.68
28	3		1			12	9	8	9	0.05	0.07	0.25	2.24
29	6		1			11	10	9	17	0.03	0.12	0.36	2.12
30	10		1			14	7	10	18	0.02	0.12	0.14	1.97
34	3			1		5	2	1	7	0.05	0.09	1.64	5.68
35	6			1		14	13	5	15	0.07	0.07	0.94	3.29
36	10			1		26	24	18	18	0.07	0.05	0.96	2.87
63	3				1	19	5	7	13	0.18	0.10	0.09	1.14

第3表 Mg-Cd-Cu, Mg-Cd-Ni, Mg-Cd-Ag, Mg-Cd-Te 系

試料 番號	組成%					ロツクウエ ル 硬 度 數				腐 蝕 減 量 %			
	Cd	Cu	Ni	Ag	Te	鑄造	燒鈍	燒入	時効	蒸溜水	水道水	食鹽水	
										10日	5日	2日	5日
22	3	1				16	19	28	36	0.59	0.37	—	78.53
25	3	3				43	29	32	40	0.79	1.18	—	100
23	6	1				35	26	30	36	0.45	0.22	—	50.12
26	6	3				52	35	42	49	0.87	2.76	—	100
24	10	1				26	19	23	31	0.05	0.12	—	3.78
27	10	3				52	39	45	50	0.83	2.20	—	100
31	3		1			14	15	12	19	0.27	15.42	100	—
32	6		1			26	23	23	28	0.54	44.32	100	—
33	10		1			19	26	16	20	0.53	16.09	100	—
44	3			0.2		8	5	5	3	0.11	1.01	1.51	5.40
46	3			0.5		8	8	8	9	0.23	1.14	1.80	10.82
45	6			0.2		13	17	10	10	0.26	1.32	1.53	3.41
47	6			0.5		24	14	13	18	0.26	1.23	2.11	5.72
67	3				1	2	-15	-5	-1	0.26	1.15	1.31	8.58
68	3				2	-10	-18	-17	-5	0.26	1.16	1.01	8.11

第4表 Mg-Cd-Pb, Mg-Cd-Sb, Mg-Cd-Ti 系

試料 番號	組成%				ロツクウエ ル 硬 度 數				腐 蝕 減 量 %			
	Cd	Pb	Sb	Ti	鑄造	燒鈍	燒入	時効	蒸溜水	水道水	食鹽水	
									10日	5日	2日	5日
48	3	1			11	1	-1	1	0.27	0.26	1.56	45.79
50	3	2			14	4	4	2	0.33	0.31	2.13	40.42
49	6	1			9	4	7	7	0.20	0.22	1.41	24.37
51	6	2			18	7	8	8	0.08	0.34	13.16	57.31
52	3		0.5		11	-3	1	1	0.02	0.07	1.65	1.96
54	3		1		13	3	5	5	0.14	+0.01	2.32	4.28
53	6		0.5		17	12	12	14	0.15	0.17	1.83	2.56
55	6		1		25	11	15	18	0.27	0.92	2.64	4.16
66	3			1	5	-8	-1	3	0.23	0.15	0.15	1.47
65	3			2	12	-7	-3	3	0.24	0.16	0.19	1.50

第5表 Mg 及び複雑な組成を有る輕合金

試料 番號	組成%						ロツクウエ ル 硬 度 數				腐 蝕 減 量 %				
	Cd	Al	Zn	Sn	Cu	Mn	鑄造	燒鈍	燒入	時効	蒸溜水	水道水	食鹽水		
											10日	5日	2日	5日	
6											0.09	0.20	41.54	100	
AZF		4	3			0.5	56	45	35	49	0.07	0.18	6.54	40.16	
AZG		6	3			0.5	57	57	53	58	0.00	0.15	9.71	60.82	
37	3	1	1			1	1	37	34	36	40	0.20	0.16	0.78	6.09
38	3	2	2			2	1	50	49	47	51	0.18	0.26	1.15	9.07
39	6	1	1			1	1	48	41	37	43	0.07	0.11	1.82	7.73
40	6	2	2			2	1	55	51	50	54	0.10	0.19	2.02	8.75
41	3		1	1			24	13	19	17		0.09	0.07	1.15	2.43
42	3		1	3			24	18	20	20		0.11	0.16	1.22	1.51
43	3		3	1			36	16	18	19		0.09	0.10	1.01	1.35

次に Mg-Cd 二元系の硬度に及ぼす第三添加元素の影響を知るには Cd 夫々 3 及び 6% を含む二元系に、第三元素 1% 前後を加へた合金の硬さを比較して見るのが便利である。

Cd 3% を含む合金を最も硬化するものは Cu で Ag 及び Ni 之に亞ぎ Al も亦硬化作用顯著である。之等の金属 1% の添加は凡そ Zn 2% の添加に匹敵する。續いて硬化作用は Sn, Mn, Zn, Sb 及び Hg の順序で、之等

第三元素の添加も亦二元系合金の硬度をある程度迄改善するものである。硬化作用の最も著しくないものは Pb, Ti<sup>3)</sup> 及び Te 等で、之等は本来二元系合金硬化の目的に向つて添加する事は意味がない。

Cd 6% を含む合金の場合にも以上述べた第三元素の影響はあまり變化しない。やはり合金硬化の目的に向つては Cu, Ag 及び Ni の添加が最も有効である。然し此の場合には Zn 及び Sb の硬化度は先の場合に比して著しく Al の硬化度は比較的減少する様である。

次に硬度に及ぼす熱処理の影響を見るに、金型鑄造状態のものが概して最高硬度を示して居る。燒鈍並に燒入状態に於ける硬度は大同小異であるが、概して鑄造状態に比して遙かに劣つて居る。燒入によつて著しく軟化するもの或は硬化するものは見出し難い。時効硬化の最も著しい合金は Al 或は Zn を含む三元系で、特に之等の金属を多量に含む場合に於て顯著である。他の系の場合にも多少硬化の傾向はあつて Cu, Sn 或は Mn 等を含む場合にも或る程度の時効現象を認め得るが、孰れの場合にもデュラルミンの様に工業的に重視し得る様な硬化作用は存在しない。

2) 耐腐蝕性 蒸溜水 蒸溜水浸漬 10 日間の試験では著しい減量を示し、或は著しい局所的腐蝕を起す試料はなかつた。但し Cu 及び Ni を含む試料は減量比較的大きく、試料支へと接觸した部分には局所的腐蝕を見る。全體を通じて Cd 量の高い合金は腐蝕減量少く、耐腐蝕性優秀である。第三元素の添加に依つて著しく二元系合金の耐腐蝕性を改善する様なものは見出し難いが Sn, Zn, Mn クローム或はアルミニウム等の添加は耐腐蝕を改良しない迄も、此の程度の存在は殆ど影響がない様である。

上記以外の第三金属は孰れも此の二元系合金の對腐蝕性を害する。

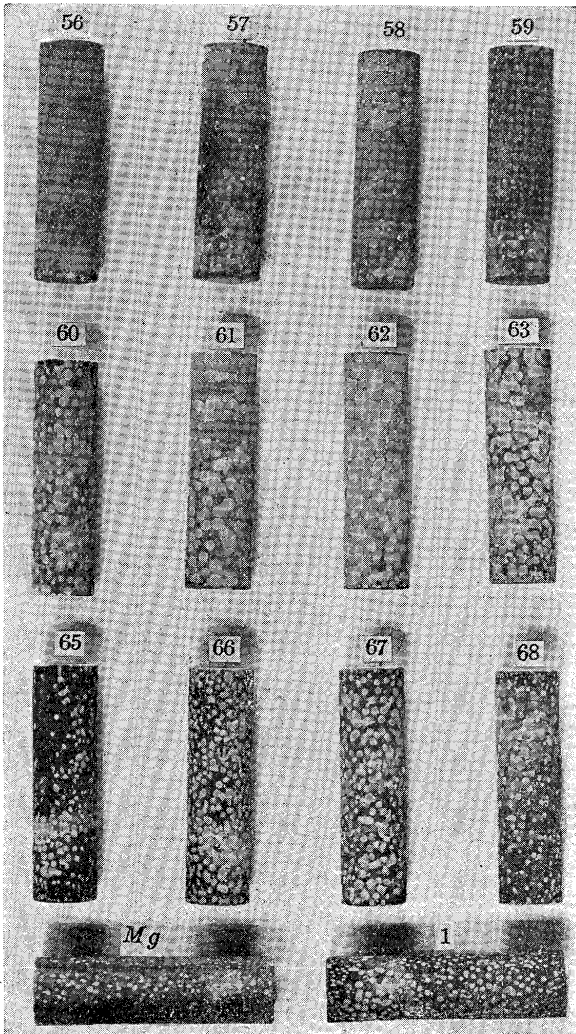
腐蝕試験中試料の外観を視察するに、孰れの試料も數日にして金属光澤を失ひ、組成に依り黑色、灰色褐色の酸化被膜を生ずる。Mg-Cd 二元系及び之に亞鉛、錫、マンガ、クローム等を添加した三元系合金の被膜は一見極めて

<sup>3)</sup> チタニウムは熔融點高く、従つて添加量だけ合金してゐるかどうか疑問の點がないでもない。

緻密の様に見えたが、液から取り出して刷毛で洗ふと容易に剥脱する。他の合金の場合には均一な被膜を生ずる場合少く波紋状模様を呈するものが多い。

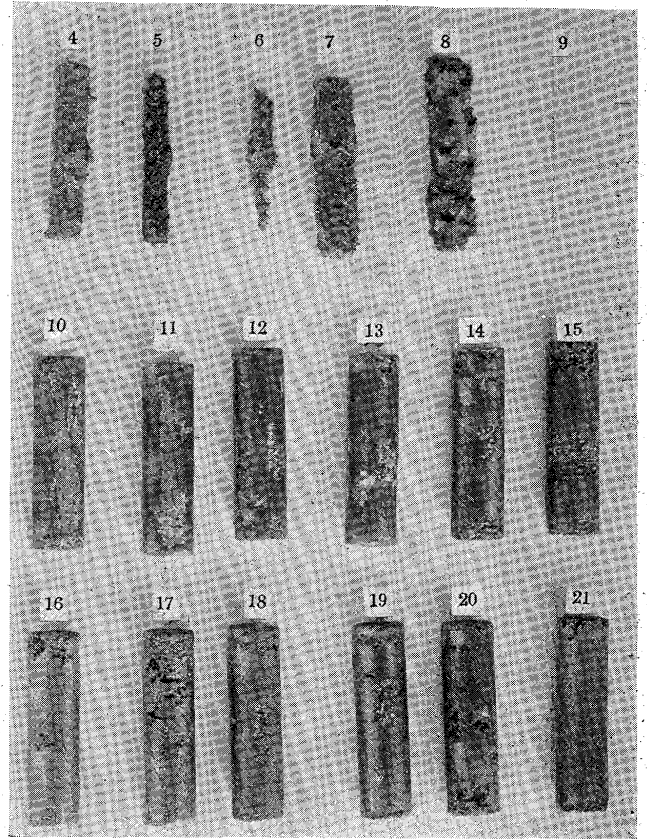
水道水 水道水浸漬5日間の試験結果も大體に於て先の場合と大差がない。然し乍ら先の場合に比して一般に腐蝕の傾向は著しく、特に銅、銀及びNiを添加した三元系合金の腐蝕減量は急激に増大して居る。第3表に見る様に、Niを含む試料の或るものは5日間にほぼ其の半量が溶解し去られた。之が原因としては水道水中の不純物、特に微量の鹽素イオン(70mg/l)の作用に依るものと考へられる。腐蝕進行中の試料の外観は先の場合と異り、酸化被膜は概して均一に發達し難く、寫真版第1圖に示した様な斑點状沈澱物の附着を見る。

第3圖 水道水浸漬5日後の試料表面の状態

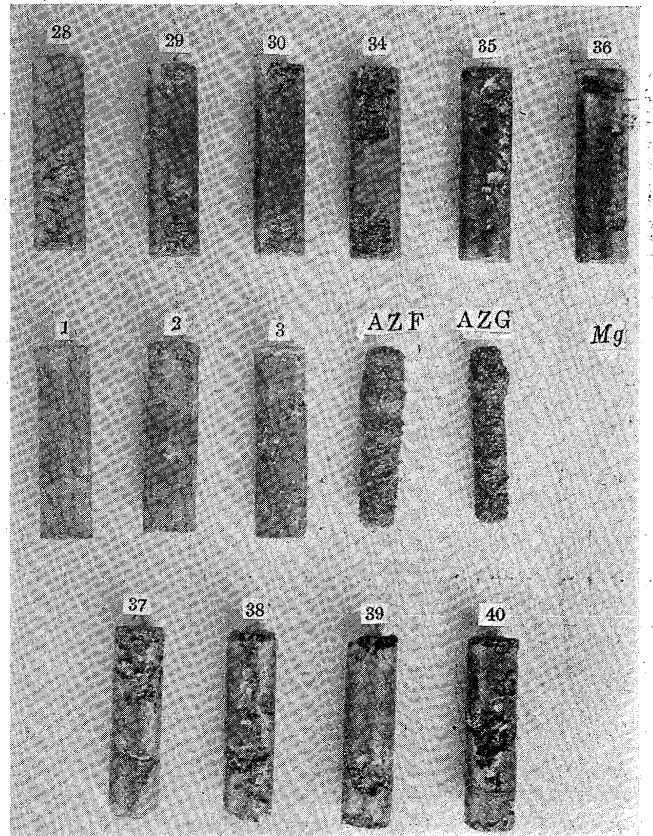


食鹽水 食鹽水による腐蝕作用は先の二つの場合と全く其の趣を異にし。其の腐蝕進行状態の速かな事は他の工業用金属材料中に其の比を見ない。此の原因としては只に

第4圖 食鹽水浸漬5日後の試料の状態  
(表面に堆積せる腐蝕生成物は除去せり)



第5圖 食鹽水浸漬5日後の試料の状態  
(第2圖に同じ)



*Mg* が極めて活性な金属である許りでなく、其の腐蝕生成被膜が鹽素イオンによつて容易に犯されるが故で、試験中大半の試料は水素ガス気泡を連続的に発生しつゝ溶解する又試料の表面には各所に局部的電池を作つて所謂ピッチングの現象が起る。寫真版第2圖及び第3圖には試験後表面に堆積附着せる腐蝕生成物を除去した後の試料の状態を示した。

第1~5表の腐蝕減量を比較するに、最良の耐腐蝕性を有する合金は *Mg-Cd* 二元素の場合で、カドミウム3及び6%の添加が最も優秀な結果を示して居る<sup>4)</sup> 第3元素としては *Zn*, *Sn*, *Mn*, *Hg* 及び *Ti* の添加が有効で、*Sb* 少量も亦良好の結果を與へる様である。最悪の結果を示すものは先の二つの場合と同様に *Ni* 及び *Cu* を含む合金で *Al* 及び鉛を含む三元素は海水に對してのみ特に著しく腐蝕せられる。第5表に示した様にエレクトロンAZF, AZGが海水に對して著しく不良である原因としては含有 *Al* の作用に依る事が知られる。其他銀も銅と同様に微量の存在も既に著しく耐腐蝕性を害し *Cr*, *Te* 及び *Sb* の多量亦有害である。

#### IV. 實驗結果に對する考察

以上實驗の結果を綜合するに、耐腐蝕性の點から言へば多元系合金には *Mg-Cd* 二元系に比して著しく優秀なものは存在しない。

二元系としては前述の如く *Cd* 3~6% を含むものが最良の性質を示してゐる。然し乍ら一方此の合金の硬度を見ると其の値極めて低く、實用材料としてはこの點に缺點が残されて居る。

此の二元系に添加して著しく硬度を改善するものは *Cu*, *Ni* 及び *Ag* 等で、之等の金属 2~3% の添加によつてエレクトロン程度の硬度を有する合金を得る事は容易である。然し乍ら皮肉な事には之等の金属を含む三元系合金は孰れも耐腐蝕性最も悪く、従つて此の點を考慮する時は之等の金属の添加を推賞する譯には行かない。*Al* も亦二元合金の硬度を高め、且普通の水に對しては耐蝕性良好であるが、海水に對する耐蝕性を著しく害する點に於て考慮の餘地が残されて居る。従つて耐腐蝕性を害する事なしに

<sup>4)</sup> 第1表に於て *Cd* 1及び2% を含む二元系合金は耐腐蝕性極めて不良である。*Cd* は總て固溶體として存在して居る筈であるから、この異常の原因は不明であるが、恐らく熔解或は鑄造の際の不純物によるためであらう。

*Mg-Cd* 二元系の硬度を改善せんとするには、どうしても他の金属例へば *Sn*, *Zn*, *Mn* 或は *Hg* 等の添加に待たねばならぬ。

試料 37~43 番には硬度のみを目的とする組成と、耐腐蝕性を主眼とした二、三の複雑な組成を有する合金を作つて見た。第5表に示した様に、試料 38~40 番は硬度の點に於てエレクトロンに匹敵し、耐腐蝕性はエレクトロンに比して幾分良好ではあるがあまり優秀とは言へない。試料 41~43 番中最後の二つは硬度も相當高く、耐腐蝕性も極めて優秀である。更に複雑な多元系合金に就いては目下研究中に屬し、此處に其の詳細を發表し得ないが、硬度並に耐腐蝕性の兩見地から見て *Cd* 3~6% を含む二元系に添加すべき第三元素としては次の範囲内であらう。

*Zn*: 2% 以下、錫: 3% 程度 *Mn*: 1% 或はそれ以下 *Hg*, *Ti*: 1% 以下 *Sb*: 極微量 (0.3 以下) *Al*, *Cu*: 添加するとせば極微量

#### V. 總 括

*Cd* 1~10% を含む二元系合金に、夫々 6% 以下の *Cu*, *Ag*, *Zn*, *Hg*, *Al*, *Ti*, *Sn*, *Pb*, *Sb*, *Te*, *Cr*, *Mn*, 及び *Ni* を單獨に、或は重複添加した合金に就いて硬度並びに腐蝕試験を行つた。實驗の結果を總括すれば次の如し。

1) 二元系合金の硬度を最も高める第三添加金属は *Cu* で *Ni* 及び *Ag* 之に亞ぎ *Al* も亦硬化作用顯著である。*Sn*, *Mn*, *Zn*, *Sb*, *Hg* 等も亦二元系の硬度を相當改善するものであるが *Pb*, *Ti*, *Te* の硬化作用は僅少である。

2) 合金の硬度は金型鑄造状態が概して最高で、焼入硬化する合金は存しない。時効硬化の傾向は總ての試料を通じて多少之を認め得るが、最も顯著なものは *Al* 及び *Zn* を含む三元系合金である。

3) 最も耐腐蝕性を害する第三添加金属は *Cu*, *Ni* 及び *Ag* の三つで *Pb*, *Te* 等も亦有害である。*Al* の添加は普通の水に對する耐腐蝕性には差支ないが、海水に對する抵抗を著しく弱める。耐腐蝕性最優秀な系は *Mg-Cd* 二元系で *Sn*, *Zn*, *Mn*, *Hg*, *Ti*, 及び *Sb* の微量の添加はこの二元系の耐腐蝕性を著しく改善しない迄も、殆ど害はない。

終りに臨み實驗中絶えず熱心な努力を惜まれなかつた伊澤工學士並に市村重幸君に對して深く感謝する。