技術資料

亜鉛合金鑄物

金 昌 圭

Zinc Alloy Casting

C. K. KIM

1. 緖 論

오늘날 Zn은 우리 生活에 낯익은 金屬중의 하나다. 單體의 금속으로서 人類의 歷史에 등장한 것은 오랜 옛날이 아니고 서기 1000~1300년경 인도와 중국에서 산출된 것이 처음이다. 그러나 古代人이 특수한 흙이라고 생각하여 銅의 熔鍊에 병용하여 황동을 얻었다고 생각한다.

金屬亞鉛의 기록으로서는 16~17世紀의 技術을 적은 中國의 「倭鉛」의 文字가 있고 여기에 의하면 불에서 흰연기로 되어 날아가고 그 성질이 鉛과 비슷하다고 적혀있다. 歐洲에서는 적어도 17세기까지는 金屬으로서의 亞鉛은 알려지지 않았지만 中國으로부터 地金의 수입이 되어 18세기 초에 製鍊技術의 導入도 행하여져 1739年 英國에서 처음으로 製鍊所가 건설되었다. 工業的製鍊은 다시 벨기에,독일에서 성행하였다.

한편 美國에서는 1860年에 工業化되어 풍부한 資源을 배경으로 亞鉛産業의 中心은 美國으로 옮겨졌다. 日本에서는 19世紀末에 商業化生産이 되었고 현재 神岡, 細倉, 三池의 三社가 아연제련의 기초로 되었다. 한편 우리나라에서도 수요도 신장, 제련기술의 향상에 힘입어 80년대초 고려아연이 창립되어 아연산업은 급속하게 발전하게 되었다.

2. 組 織

Zn의 原子配列은 六方晶系稠密格子로 a=2.66Å, c=4.94Å, c / a=1.89의 格子定數를 가진다. Zn의 현미경시편은 Sn나 Pb과 같이 대단히 硏磨하기 어렵지만 Al, Cu과 같이 특별히 부드러운 羅紗를 사용하여 마무리 하는 것이 좋다. 부식액에는 비중 1.5의 發煙窒酸을 사용한다.

Zn은 다른 金屬보다도 電離溶壓이 높다. 따라서 電解質에 담그면 다른 金屬보다도 먼저 녹는다. 산이나 알카리에 대하여도 대단히 약하고 純度가 낮은 Zn일수록 녹기 쉬운 것은 이 때문이다.

단, 공기중이나 水中에는 표면에 安定한 산화막이 생겨 내부를 보호하기 때문에 耐久性이 있다. 공기중에서는 SO_2에 침식되지만 기타의 경우는 Zn의 水酸化物이 되기도 하고 또는 Zn의 탄산염이 되기도 하고 또 H_2S에는 硫酸亞鉛의 피막이 생겨 각각 내부를 보호한다. 水中에도 암모니아에는 침식되지만 기타는 수산화아연이나 염기성탄산아연이 되어 보호한다. 海水中에서도 같다.

3. 性 質

3-1. 機械的 性質

① 結晶粒 크기에 따른 性質

Zn은 加工후의 annealing處理에 의하여 현저히 結晶의 크기가 변한다. 어떻게 큰 結晶이 되는가 하는 것은 아연도금철판의 表面을 보면 알 수 있다. Zn의 機械的 性質은 結晶組織의 粗密에 의하여 현저히 변한다. 예를들면 亞鉛單結晶의 底面에 직각방향으로 측정한 抗張力은 약 94 g / ㎟으로 多結晶亞鉛의 1 / 100이다.

Polanyi와 Schmid는 -193℃에서 Zn의 抗張力을 측정하여 結晶의 크기에 의하여 표1과 같이 다르다는 것을 밝혔다.

② 引張試驗에 의한 성질

純亞鉛은 室温부근에서 再結晶이 일어나고 creep를 나타내므로 몇도인가를 정확히 할 필요가 있다. 또 一定温度에서 시험을 행하지 않으면 시험결과를 비교하기가 곤란하다. 아연合金의 경우에도 合金의 종류에 따라 대단히 민감하므로 역시 온도를 一定

부산공업대학

표1. 結晶의 크기에 따른 抗張力값

結晶粒의 크기	單 結 晶	直徑平均 0.2mm	直徑平均 0.01mm	壓延亞鉛板
抗張力(kg / ㎟)	2.5~3.5	3~6	13~18	18~40

하게 유지할필요가 있다. 또 하나는 인장시험의 인장속도에 의해서도 겉보기의 인장강도, 연신율이 다르게 되므로 주의를 요한다.

그림1은 4%Cu를 함유하는 合金板의 경우를 壓延方向으로 平行과 直角方向의 인장강도, 연실율에 미치는 인장속도의 영향을 나타낸 것으로 인장속도가 크게 될수록 인장강도가 크고, 연신율이 작게 된다는 것을 알 수 있다.

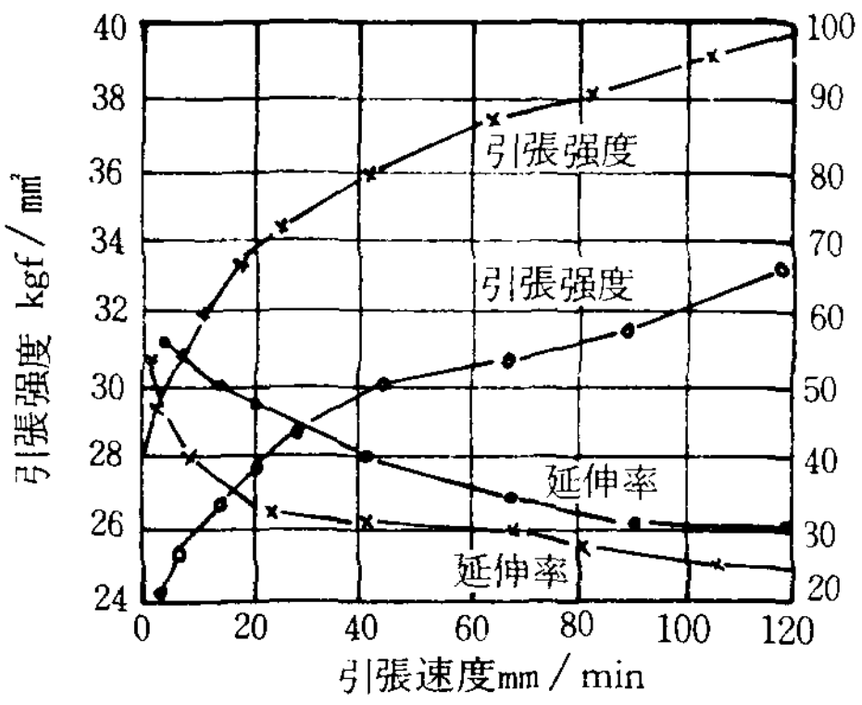


그림1. Zn-4Cu合金(1mm 판두께)의 인장강도, 연신율에 미치는 인장속도의 영향

그림2는 Cu, Mn, Al을 포함하는 亞鉛合金板의 경우로 같은 결과를 나타내고 있다.

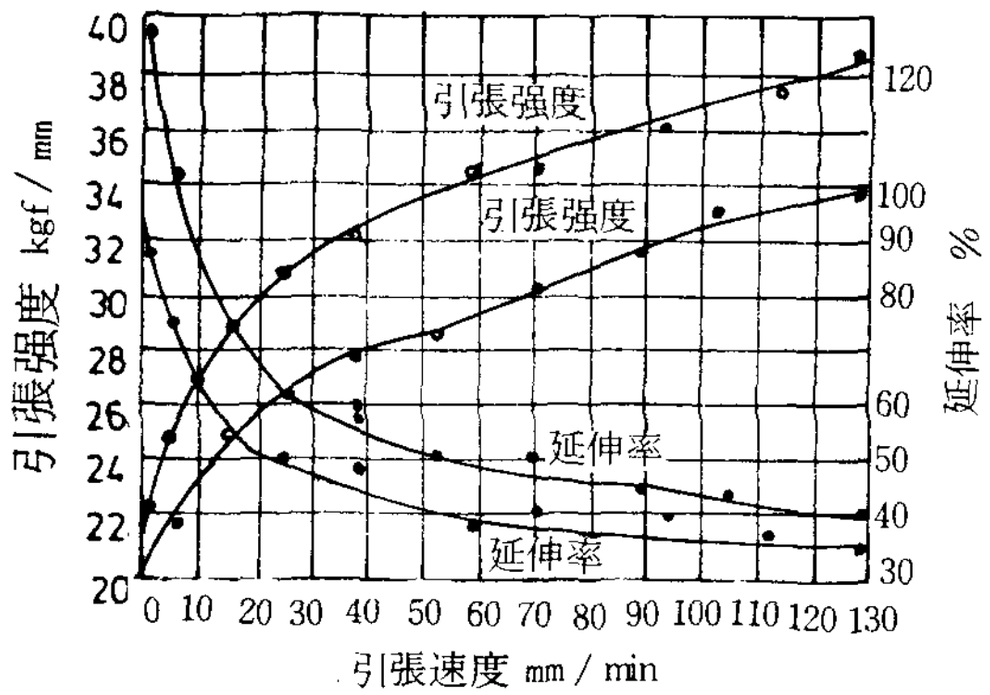


그림2. Cu, Mn, Al을 함유하는 아연합금의 압연 調質 후의 인장강도, 연신율에 미치는 인장강도의 영향

그림3은 10% Al을 함유하는 亞鉛合金線의 경우이지만 경향은 비슷하다.

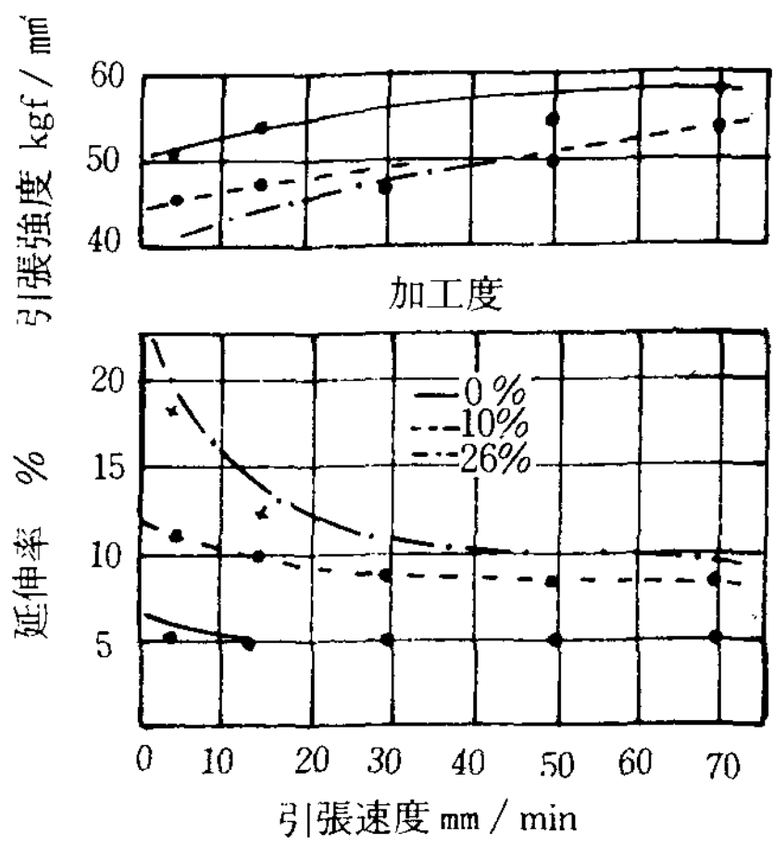


그림3. Zn-10 Al 合金線의 引張強度. 延伸率에 미치는 引張強度의 영향

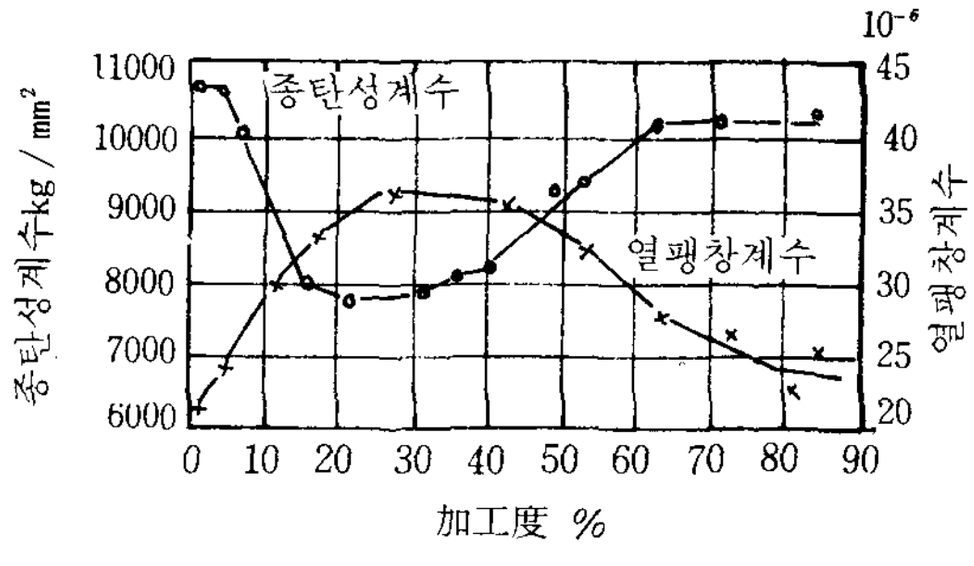


그림4. 10% Al-2% Cu-0.03%Mg 合金의 伸線加工度와 종탄성계수, 열팽창계수의 관계

Zn은 앞에서 서술한 바와 같이 方向性이 있으므로 伸線에 의하여 加工度를 몇가지로 변화시키면 종탄성계수는 加工度에 의하여 方向性을 나타내 여러 값을 나타낸다. 이것에 대하여 그림4에 나타냈다.

③ 압축강도

압축시험의 경우도 인장시험의 경우와 같은 주의를 필요로 한다. 이 외에 高純度亞鉛에서 柱狀晶이 발달하는 鑄物 등에는 壓縮力이 柱狀晶의 어느 方向으로 加하느냐에 따라 다르므로 주의를 요한다. 고순도아연에서 平型鑄塊로 부터 그림5와같이 柱狀晶의 成長方向으로 平行, 垂直, 45°의 시료를 채취하여 이것에 靜壓縮을 加한 경우(21℃)의 결과를 그림6에 나타냈다. 그림6에서 T는 柱狀晶의 成長方向에 平行, Y는 수직, S는 45°이다. A는 직경 20㎜의 金型에 주조하여 같이 직경 10㎜, 높이 16㎜의 시험편으로 한것으로 이 경우 柱狀晶의 成長은 金型의 벽에 수직이 되기 때문에 위에서 보면 그림7과 같이 된다.

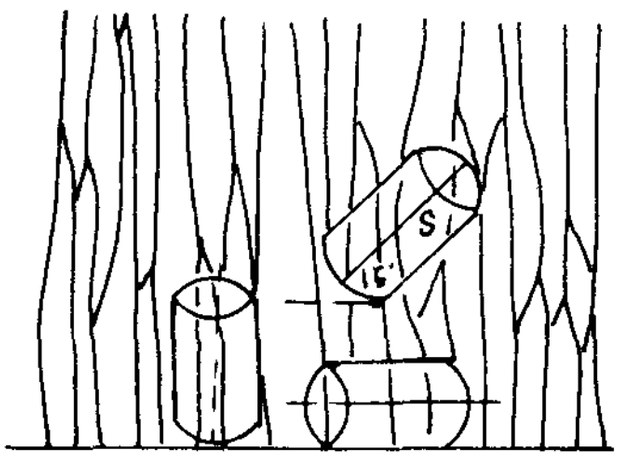


그림5. 平行鑄塊에서 시료의 채취방법

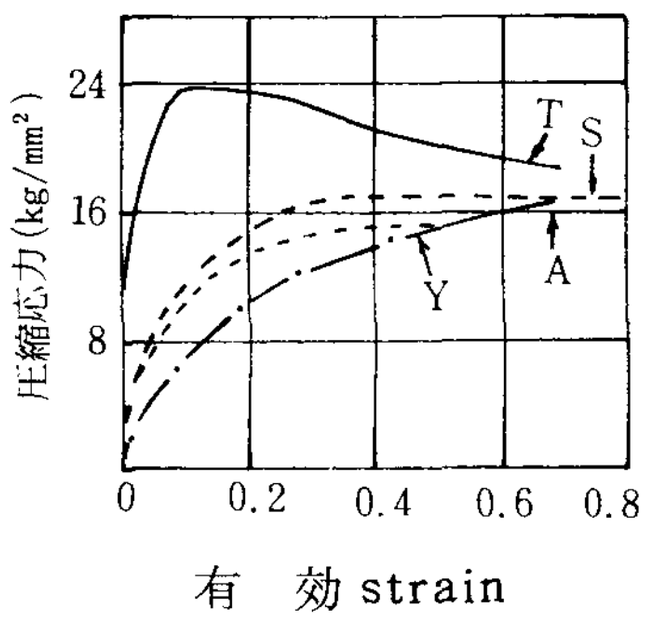


그림6. 압축응력-유효변형곡선(21℃)

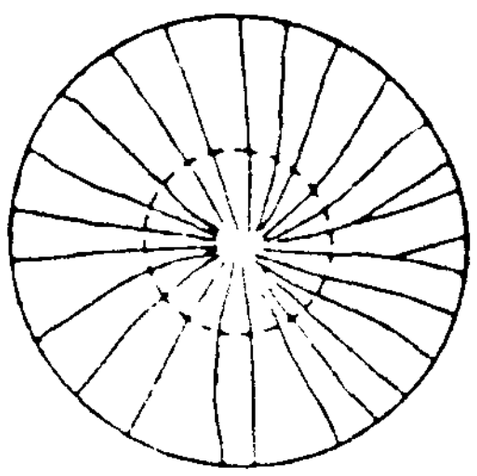


그림7. 竪型주괴에서 시료의 채취

④ 硬 度

경도시험에 대하여도 인장시험과 같은 주의가 필요하며 그외 브리넬, 비커스 등 경도시험방법의 선택 또 그 기록등을 비교하기 위하여 각방면의 조건을 유의하여야 한다. 브리넬경도에 미치는 負荷時間의 영향을 그림8에, 또 10% Al-2% Cu-0.03% Mg의 亞鉛合金에 대하여 브리넬경도의 예를 그림9에 나타내었다.

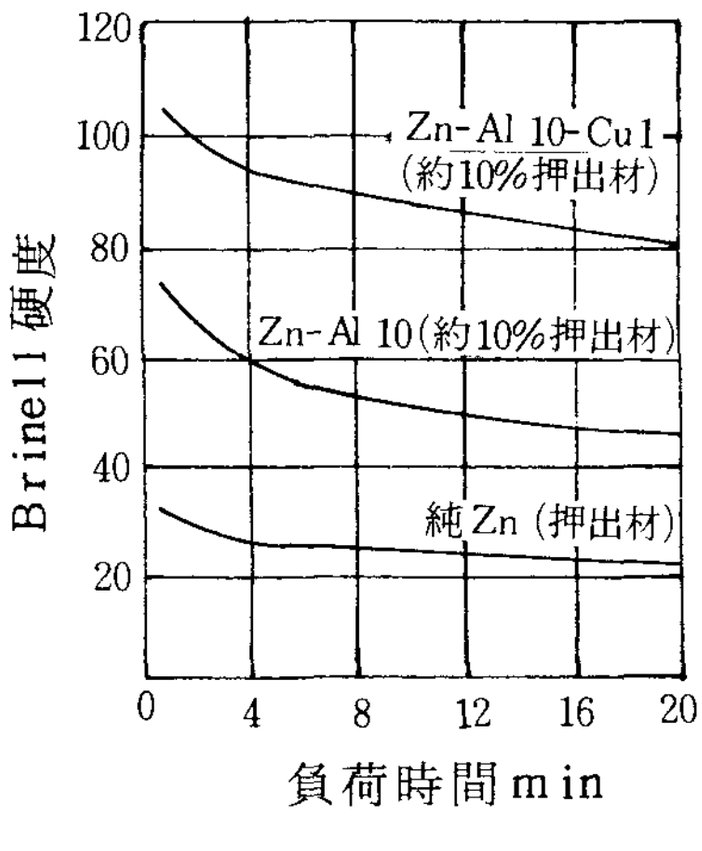


그림8. 一定荷重(6.4kg / ㎟)의 아연합금의 Brinell 경 도

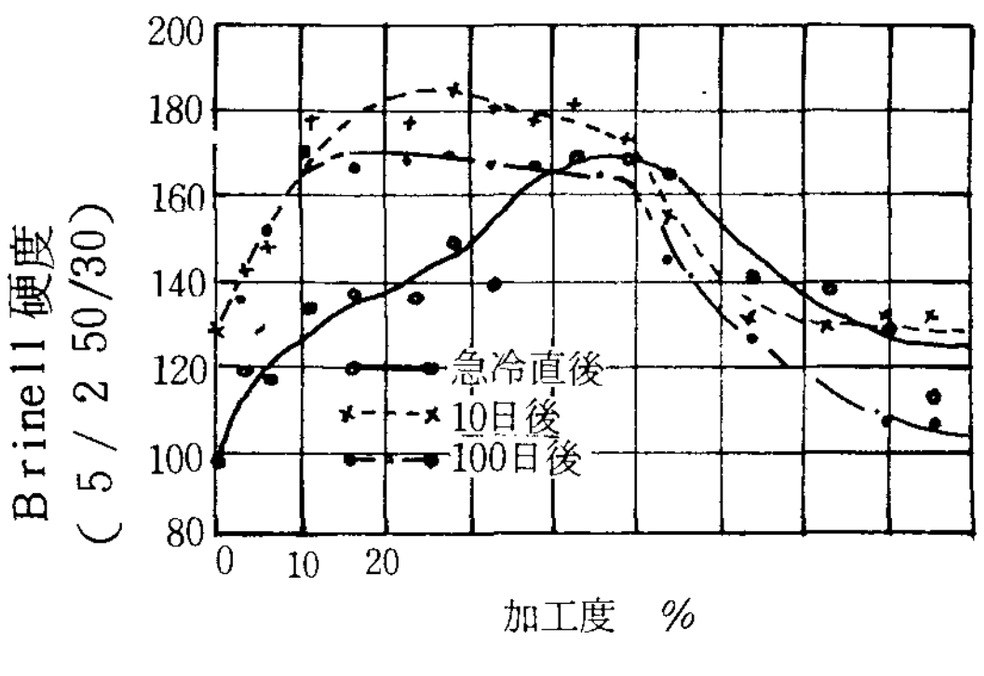


그림9. 10% Al, 2% Cu, 0.03% Mg 合金押出봉의 320℃, 1h 가열후 급냉후의 加工度와 時效에 의한 브리넬 경도의 변화

⑤ 低温特性

亞鉛이 低温에서 脆弱하다는 원인을 규명하여 보기로 한다. 실험은 亞鉛의 單結晶을 만들어 저온에서 소성변형을 해보고 이때 應力의 변화 및 전기저

항의 변화를 조사하고 이것을 室温에 가져와 다시 低温으로 내려 측정한다.

이 결과는 그림10에 나타낸 바와 같다.

즉 인장응력은 하중을 加할수록 현저히 증대한다. 전기저항은 감소한다.

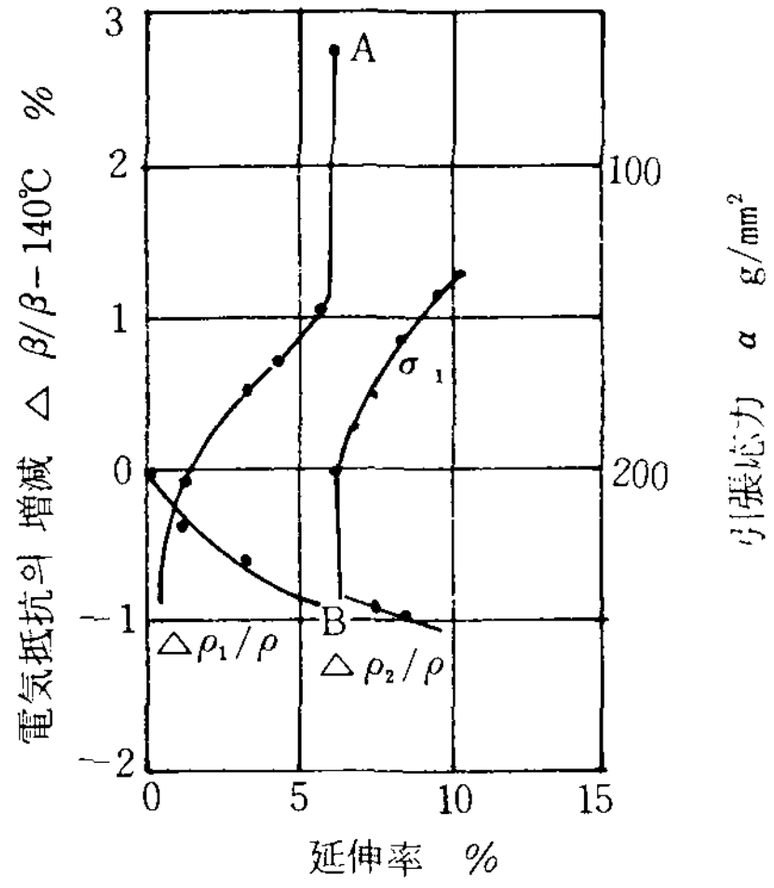


그림10. -140℃에서 인장하중에 의한 응력과 전기저항의 변화 (1)은 최초로 인장하중을 加한 경우, (2)는 (1)의 시료를 1번 실온으로 올려서 다시 -140℃에서 인장하중을 加한 경우

이 전기저항이 감소하는 것은 Slip變形에 의한 結晶方位의 회전을 생각할 필요가 있다. 銅의 單結晶으로는 single slip의 범위에는 전기저항의 증가는 나타나지 않는 결과가 있다. 이로 부터 생각하면 亞鉛은 slip面이 {0001} 하나로 생각되므로 single slip이 있어 당연 전기저항은 증가하지 않는다고 생각한다.

또 加工硬化한 시료를 室温에 가져오면 轉位의 이동이 일어난다. 이 이동에는 原子空孔의 생성이 열적으로 행하여지지 않으면 보다 쉽다. 高純度亞鉛에서 0℃부근은 꼭 回復, 再結晶에 관계하므로 쉽게 이해된다. 이 pile-up한 轉位가 室温에서 제거되면 軟化한다. 따라서 저온으로 되돌리면 쉽게 변형하게 된다. 이와 같은 현상은 銅과 비교하면 흥미있는 사실이다. 그것은 銅에 -183℃에서 인장변형을 시키고 이것을 고온으로 가져와서 전기 저항을 측정하면 다음과 같은 사실이 있다. -183℃에서 변형에 의하여 증대한 전기저항은 3단계의 과정을 거쳐 감소하여 최초의 annealing 상태로 되돌아 온다.

이 제1단계의 전기저항의 회복은 약 -120℃에서 일어나며 이것은 原子空孔의 集合體의 소멸에 의한 것으로 설명되고 있다.

제2단계 0℃부근의 회복으로 이것은 單一原子空孔의 이동에 의한 格子間原子와의 결합에 의한 兩者의 소멸에 의한 과정으로 설명되고 있다. 제3단계는 전위의 감소에 의해 설명되고 있다.

이들의 회복을 일으키는 温度와 融點과의 比를 나타내면 표2와 같다.

표2. 회복을 일으키는 온도와 융점과의 비교

	Cu	Zn	T / Tm
제 1 단계 회복	-120℃	-195℃	0.11
제 2 단계 회복	0℃	-135℃	0.20
제 3 단계 회복	220℃	- 30℃	0.35

T는 각각의 회복온도(절대온도)
Tm은 융점　　(　〃　)

이 比를 亞鉛의 경우에 적용시키면 각각 온도가 나타난다. 표2에서부터 Zn의 -30℃라는 온도는 銅의 220℃에 상당하게 되어 轉位의 이동이 쉽게 되고 이 온도이상에서는 熱的으로 原子空孔을 일으켜 自己擴散을 일으켜 再結晶을 일으키는 가능성이 있다고 생각된다. 이것은 -35℃ 前後에서 연신율이 증대된다는 사실로도 증명된다.

⑥ 高温特性

亞鉛은 常温부근에서 再結晶이 일어나므로 常温以上이 高温이라 할 수 있다.

亞鉛合金으로 되면 多少 常温보다 높은 온도로 再結晶温度가 상승하게 되므로 creep등 문제가 되는 경우에는 亞鉛合金을 사용한다. 그러나 構造材料로서 亞鉛合金이 생각되는 것은 100℃ 정도까지이다. 종래 Zn에서 170℃, 320℃에서 電氣抵抗의 温度係數, 比熱, 密度, 硬度 등에 異常變化가 있는 것이 알려져 一部學者들은 이것을 亞鉛의 變態라고 부른다.

그러나 結晶構造의 변화와 磁器的 性質의 변화도 일어나지 않으므로 현재는 변태가 아닌 不純物에 의한 것으로 생각되었다. 그러나 鑄造한 亞鉛을 切斷한 試料와 strain 없는 試料와를 示差熱分析하면 strain이 있는 試料에는 異常이 나타난다. 그러나 한번 高温으로 加熱하여 燒鈍한 試料에는 이러한 異

常이 나타나지 않으며 再現性은 없다. 이러한 사실은 不純物의 영향이라고 하기는 어렵다.

여기에 高純度亞鉛(>99.99 %)을 사용하여 比熱測定을 행하여 亞鉛에 나타나는 異常性의 原因에 대하여 검토하였다.

亞鉛은 稠密六方格子이고 電氣抵抗, 熱膨脹 등에서 異方性이 나타나고 있다. 그런데 結晶方位가 加熱中에 變動하게 되면(再結晶, 成長 등) 거기에 따라 전기저항, 열팽창 등의 측정에서는 變化가 나타난다.

또 Poppy는 單結晶을 사용하여 전기저항을 측정하였지만 변형이 저항치에 영향을 준 것이 나타났다. 즉 변형한 후 annealing에 의하여 結晶方位의 變動이 있고 특히 390℃의 高溫 annealing한 것에 나타난다. 또 Gruneisen u. Goens는 單結晶의 열팽창을 -253~100℃에 측정한 결과 異常이 없었다. 또 단결정의 전기저항 측정에도 이상은 없었다. 상온 이상에서 亞鉛을 加熱하면 확산을 일으킨다. 상온에서 안정하여도 고온에서 불안정한 경우에는 여러 가지 변화가 일어나며 특히 strain이 있고 가열한 경우 再結晶, 粒의 成長 등이 일어나면 그것에 따라 entropy 변화가 따른다. 그러나 entropy가 적든지 그 방출량이 적을 때 또 粒의 成長과 같은 entropy변화가 적을 때 측정을 할 때는 신중을 요한다. 高純度亞鉛을 300℃로 押出하여 29㎜ϕ 봉으로 만들어, 외경 26㎜, 내경 15㎜, 높이 40㎜의 한쪽 끝을 밀폐한 통을 만들고 이것을 120℃에서 annealing하여 strain을 제거하여 再結晶시킨 후 압축가공을 하여 昇熱하면서 比熱을 高木, 長崎方法으로 측정한 결과를 그림에 나타내었다.

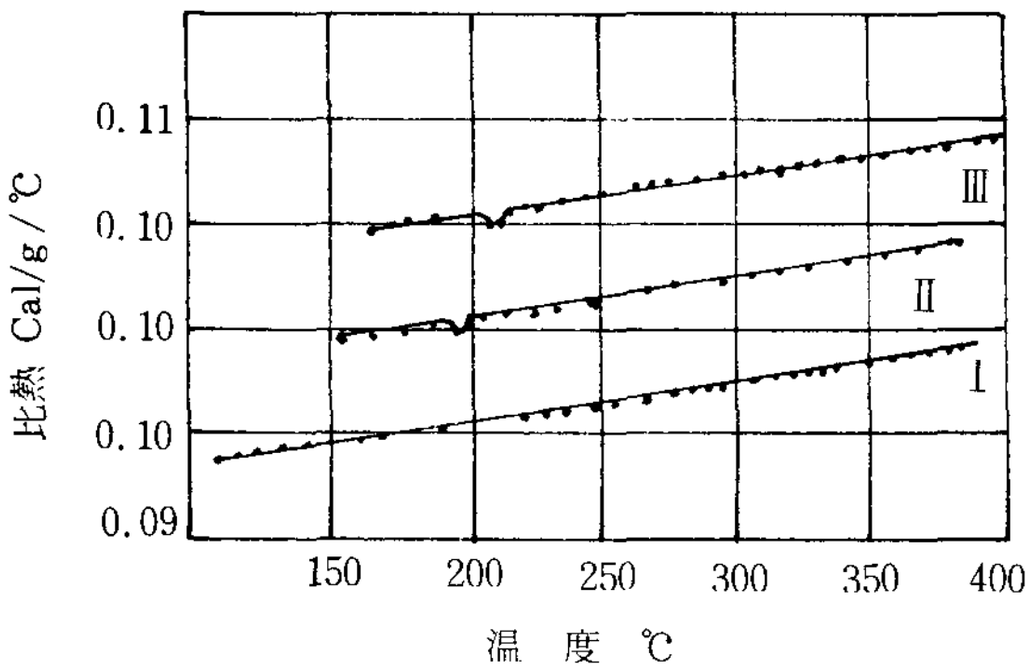


그림11. 加熱速度 1.8℃ / min으로 비열을 측정한 결과

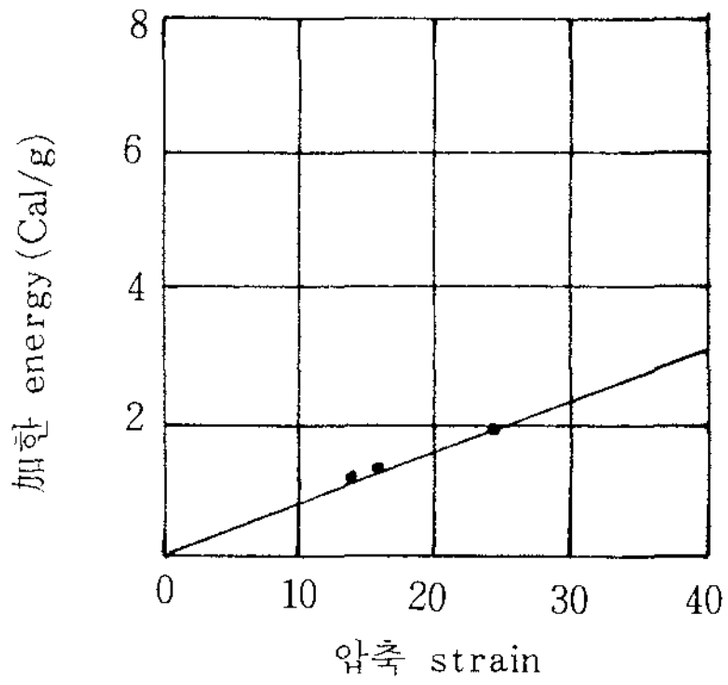


그림12. 압축변형과 가한 energy와의 관계

그림11에서 I의 곡선은 400℃에서 annealing한것으로 반복 실험을 행하여도 그의 직선상의 비열곡선이 얻어졌다. 이것에 대하여 Ⅱ, Ⅲ의 곡선은 유효변형으로 각각 0.15~0.17정도 압축한 것의 비열곡선이다. Ⅱ, Ⅲ의 곡선에서 알 수 있는 바와 같이 압축가공을 加한 것에는 200℃ 전후에서 比熱의 異常을 나타내고 있다. 즉 이 發熱現象이 무엇에 기인하는가가 문제가 된다. 이 異常을 나타내는 온도범위이외에서는 annealing한 경우와 같다.

또 이 경우 압축에 의한 energy의 계산은 표3과 같다.

표3. 압축에 의한 energy 계산

試 料	加해진 energy W(cal / g)	200℃ 부근에서 방출한 energy S(cal / g)	S / W(%)
Ⅱ	0.87	0.03	3.4
Ⅲ	1.01	0.04	4.0

압축변형과 加해진 energy와의 관계는 그림12와같다. 이 결과는 Kanzaki의 Al, Cu, Ag 등의 결과와 대개 같다. 한편 결정입의 크기를 측정하면 壓縮前에 0.03㎜(平均直徑), 壓縮後 120℃에서는 그의 변화가 없고, 170~220℃에서 0.26~0.33정도이고, 320℃에서1.6㎜정도로 된다. 이상의 실험에서 亞鉛의 變態라는 생각은 버려야 할 것 같다.

한편 不純物說도 高純度亞鉛을 annealing한 試料에는 比熱의 異常性이 없으므로 結晶成長에 따르는

內部變型(格子欠陷)의 감소에 의한다고 생각하는 쪽이 타당하다고 생각된다.

3-2. 物理的 性質

① 亞鉛의 物理的 性質

亞鉛의 주요한 物理的 性質은 표4와 같다.

표 4. 亞鉛의 物理的性質

原子番號		30
原子量		65.37
同位元素(天然)		64(48.84 %) 66(27.62 %) 67(4.12 %) 68(18.71 %) 70(0.69 %)
結晶構造 六方最密格子		
格子定數	Å	a 2.664 b 4.947
密度(25℃)	g / cm³	7.133
線膨張係數(20℃付近)	cm / cm / ℃	39.7×10^{-6}
融點	℃	419.5
沸點	℃	907
比熱(20℃)	cal / ℃ / g	0.0915
融解熱	cal g	24.09
熱傳導度(20℃付近)	cal / cm² / cm / ℃ /	0.27
電氣比抵抗(20℃)	s	5.916×10^{-6}
縱彈性係數	Ωcm	9400
磁化率	kg / mm²	-1.12×10^{-6}
	emu	

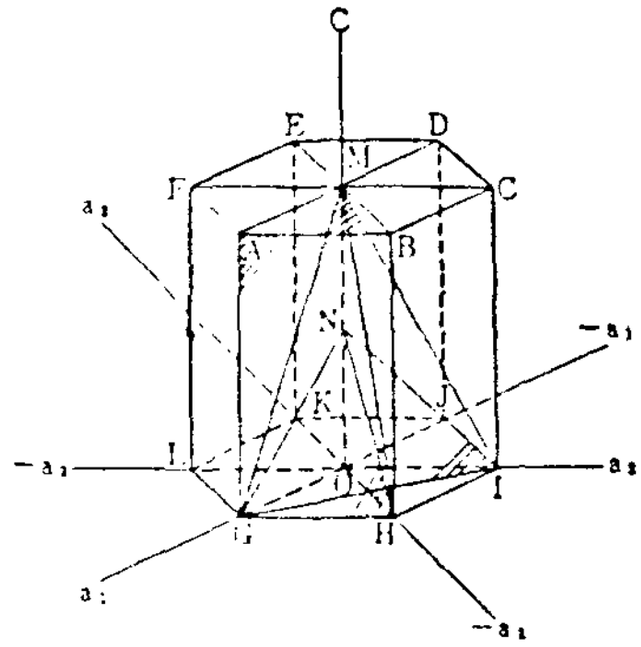


그림13. 稠密六方格子

표 5. 各面 指數와의 관계

(0001)	低面	ABCDEF
$(10\bar{1}0)$	柱面	ABHG
$(10\bar{1}1)$	錐面 -1	GHM
$(10\bar{1}2)$	〃 -2	GHN
$(11\bar{2}1)$	〃 -3	GIM
$(11\bar{2}2)$	〃 -4	GIN
$(2\bar{1}\bar{1}0)$	對角軸	OG

② 結晶構造와 方向性

各面指數와의 관계를 표5에 나타내었다. 또 각금속의 軸比와의 관계 및 各金屬의 Slip面, 雙晶面 등을 표6에 나타냈다.

표 6. 各金屬의 Slip面, 雙晶面과 軸比와의 관계

金 屬	c / a	理想的인 稠密六方格子와의 偏差(%)	低温 slip 面	低温 slip 面	高温 slip 面	高温 slip 面	雙晶面
Cd	1.886	+15.5	{0001}	$\langle2\bar{1}\bar{1}0\rangle$			$\{10\bar{1}2\}$
Zn	1.856	+13.6	{0001}	$\langle2\bar{1}\bar{1}0\rangle$			$\{10\bar{1}2\}$
理想的인 稠密六方	1.633	0					
Mg	1.624	-0.55	{0001}	$\langle2\bar{1}10\rangle$	{0001} $\{10\bar{1}1\}$ $\{01\bar{1}2\}$	$\langle2\bar{1}\bar{1}0\rangle$ $\langle2110\rangle$	$\{10\bar{1}2\}$
Co	1.624	-0.55					
Zr	1.589	-2.69					
Ti	1.587	-2.81	$\{10\bar{1}0\}$ $\{10\bar{1}1\}$	$\langle2\bar{1}\bar{1}0\rangle$			$\{10\bar{1}2\}$ $\{11\bar{2}1\}$ $\{11\bar{2}2\}$
Be	1.568	-3.98	{0001}	$\langle2\bar{1}\bar{1}0\rangle$			$\{10\bar{1}2\}$

表6에서 알 수 있는 바와 같이 Zn은 이상적인 조밀육방격자로 室温에는 C軸方向으로 늘어나고 Slip面, 雙晶面도 단순하다. 等軸結晶의 電氣抵抗은 結晶方向에 관계없지만 非等軸結晶의 전기저항은 結晶方向에 의하여 다르다. Zn은 조밀육방격자이므로 비등축결정으로 되어 電氣抵抗의 異方性이 있다.

3-3. 工業的 性質

① 熔解 및 鑄造

다른 合金에서와 같이 기본적 조치로서는 gas 吸收를 방지할 것. 均質溶湯을 만들 것. 酸化를 방지하고 熔解 loss를 최소로 할 것 등이다. 亞鉛 base 合金의 경우 酸化 loss를 방지하고 gas 吸收防止를 겸하여 500℃ 以上의 熔解는 삼가하는 것이 좋다. 合金元素의 完全熔解에 대하여 配合順序와 配合原料의 배려가 필요하며 加工用Zn 合金으로서 Al, Ti, Mg, Pb, Cd, Bi, Cu등이 있지만 Pb, Cd, Bi 이외는 母合金으로서 첨가된다. 이들 母合金도 아연에 비하여 훨씬 고온이므로 밧치식 용해로에서는 용해초기에 첨가할 필요가 있고 연속로의 경우에는 충분한 시간을 필요로 한다. 또 鉛은 重力偏析을 일으킬 염려가 있어 충분한 교반이 필요하다. 이때문에 교반력이 있는 유도로가 좋다. 熔湯處理는 간단하고 종래에는 용해량의 0.1%~0.2% 정도의 염화암모늄을 사용하였으나 근래 자극냄새가 싫어 鹽化亞鉛, 염화마그네슘系의 混合物이 사용되고 있다. 熔湯處理温度는 450~480℃ 정도로 하지만 溶劑의 종류에 따라 500℃ 정도까지 昇温시키는 경우도 있다. 溶湯處理 후는 특히 피복하는 熔劑는 필요없고 그대로 사용하는 것이 일반적이다.

亞鉛및 亞鉛合金을 대량으로 용해하는 데는 중유, gas를 연료로 하는 反射爐, 低周波誘導電氣爐가 사용되고 소량인 경우는 도가니爐가 사용된다. 도가니爐의 경우는 정확한 배합은 할 수 있는 이점이 있다. 容量은 최대 500kg정도이며 소용량의 母合金제조나 亞鉛鑄物 제조에 주로 사용되고 있다. 熱效率은 8~10%정도로 다른 형식의 爐에 비하여 낮다.

② 塑性加工과 熱處理

板材製造時 salb 두께는 압연기 성능에 따라 결정되며 재래식은 40~60㎜, 연속주조塊로 80~120㎜ 정도가 사용된다. 鑄塊面削은 表面性이 정교한 제품에 대하여 행하지만 대부분은 鑄放 상태 그대로 壓延한다.

熱間壓延시의 加熱温度는 합금종류에 따라 變化하지만 200~250℃정도로 하고 첨가원소의 종류에 따라 8~24시간 유지하는 경우도 있지만 일반적으로 5~8시간 정도로 충분하다. 소규모생산의 경우 가열로를 사용하지 않고 鑄造時의 熱그대로 이용하여 熱間壓延하는 경우도 있다. 熱間壓延은 40~120㎜두께의 slab를 4~8㎜ 정도까지 압연하는 것이다.

冷間壓延의 경우도 Roll 냉각제를 사용하지 않고 Roll온도를 80~120℃ 정도까지 상승한 그대로 사용하는 방식이 많이 사용된다. 潤滑劑로 아연을 부식시키거나 산화하지않는 기름 예로서 오스마油와 같은 輕質油를 분무시키거나 材料에 滴下시키는 정도의 壓延法이 행하여 진다. 압연속도는 60~80 m / min 정도로 하며 이 이상에서는 Roll 냉각이 필요하다.

線材는 순아연, Al-Zn, Al-Ti-Zn 등이 제조되며 압연온도는 200℃ 전후로 1회의 단면수축율은 15~20% 정도이고 square-square 방식. oral-round 방식이 주로 사용되고 있다.

일반적으로 아연합금은 加工硬化하지 않으므로 annealing할 필요가 없고 연속적加工이 가능하다. 1회의 減面率은 15~20%정도. 윤활제로서 비누물 등을 사용한다.

아연합금판은 일반적으로 熱處理는 거의 행하지 않지만 Ti, Mg, Al, Cu 등을 함유한 合金에 대하여 최종공정에서 열처리를 행하여 性能向上을 꾀할 수도 있다.

熱處理 온도는 150~230℃ 정도이고 熱處理爐로서는 熱風爐, 電熱 muffle爐 등이 사용된다.

이때 機械的 性質의 變化나 組織의 變化를 그림 14 및 그림15에 그 일예를 나타내었다.

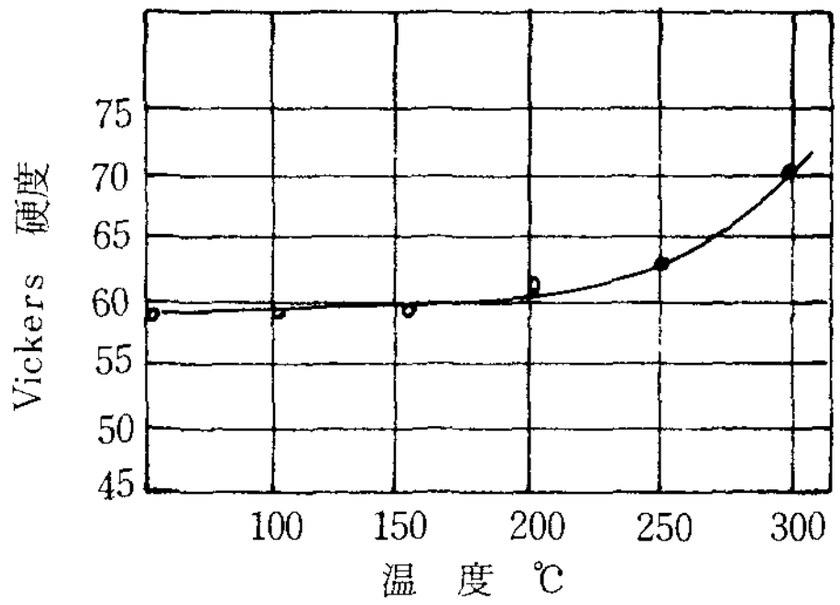


그림14. 熱處理에 의한 機械的 性質의 變化

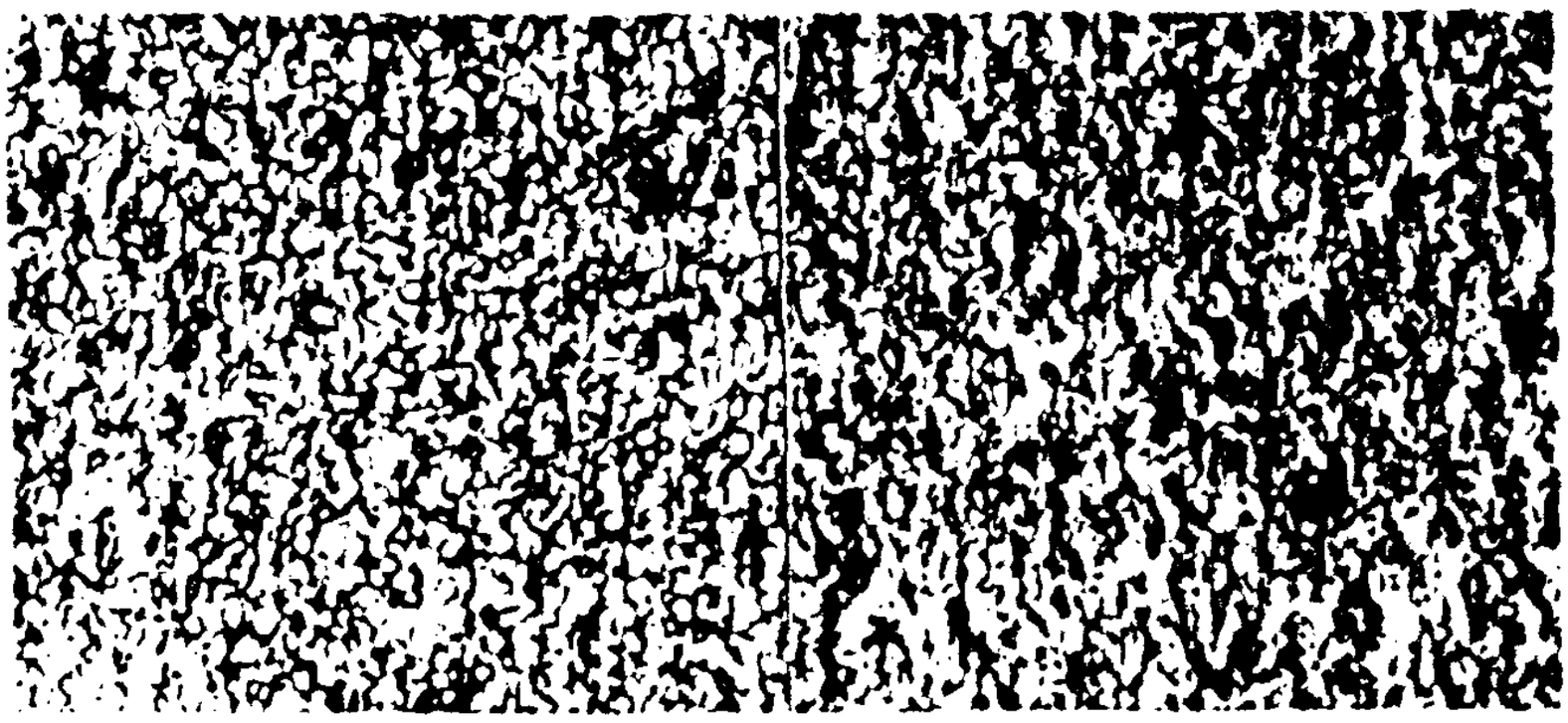


그림15. ：亜鉛의 結晶組職(左：熱處理後 右：熱處理理前)

4. 化學成分 및 規格

(1) 地金의 種類(JIS H-2107　JES 2107)

種　　類	端面記號
最純亞鉛地金	○ ○
特種　〃	○
普通　〃	□
蒸留　〃　特種	△
蒸留　〃　1種	1
蒸留　〃　2種	2

(2) 亞鉛地金(Zinc Metal)의 化學成分

(4) 亞鉛板의 표준칫수 및 成分

單位 mm

種　類	두　께				幅×길이
亞鉛板 第1種	0.09	0.11	0.15	0.20	915×2135
	0.23	0.26	0.29	0.32	
	0.35	0.40	0.45	0.50	
	0.55	0.60	0.65	0.7	
	0.8	0.9	1.0	1.2	
	1.4	1.6	1.8	2.0	
亞鉛板 第2種	0.50				1016×1270
	0.71	0.83	1.29	1.52	424×909
	1.62				424×1212
亞鉛板 第3種	12	19	25	30	注文者의 지정에 의한다

種　　類	化學成分(%)				
	Zn	Pb	Fe	Cd	Sn
最純亞鉛地金	99.995以上	0.003 以下	0.002 以下	0.002 以下	0.001 以下
特種亞鉛地金	99.99 以上	0.007 以下	0.005 以下	0.004 以下	－
普通亞鉛地金	99.97 以上	0.02 以下	0.01 以下	0.005 以下	－
蒸留亞鉛地金 特種	99.6 以上	0.3 以下	0.02 以下	0.1 以下	－
蒸留亞鉛地金	98.5 以上	1.3 以下	0.025 以下	0.4 以下	－
蒸留亞鉛地金	98.0 以上	1.8 以下	0.1 以下	0.5 以下	－

(3) 亞鉛板(Zinc Plates)의 종류(JIS H-4321　JES 0871)

種　　類	用　　途
第 1 種	건전지용, 일반용
第 2 種	인쇄용(凸板, 平板)
第 3 種	boiler Zinc 用

亞鉛板 第 1 種

種　類	화 학 성 분 (%)					굽 힘 시 험		
	Zn	Pb	Cd	Fe	Cu	두께mm	굽힘각도	내측반경
건전지용	98.8이상	0.60이하	〈0.60	〈0.025	〈0.005	0.5미만	180°	밀착
						0.5이상	180°	두께의 1배
일 반 용	〉98.5	〈1.3	〈0.40	〈0.09	〈0.01	0.5미만	180°	밀착
						0.5이상	180°	두께의 1배

亞鉛板 第 2 種

용　도	화 학 성 분 (%)						경도시험(Hv)
	Zn	Pb	Cd	Fe	Ni	Mg	
凸板用	〉99.0	〈0.50	〈0.50	〈0.25	〈0.20	〈0.02	40 이상

용　도	化 學 成 分 (%)					인 장 시 험	
	Zn	Pb	Cd	Fe	Cu	인장강도(kg / ㎟)	연신율 (%)
平板用	〉99.0	〈0.40	〈0.40	〈0.02	〈0.005	15이상	12이상

亞鉛板 第 3 種

용　　도	화 학 성 분 (%)				
	Zn	Pb	Cd	Fe	Ni
Boiler Zinc	〉98.5	〈1.3	〈0.4	〈0.09	〈0.01

(5) Zinc Alloy Die Casting (JIS H-5301　JES 7481)

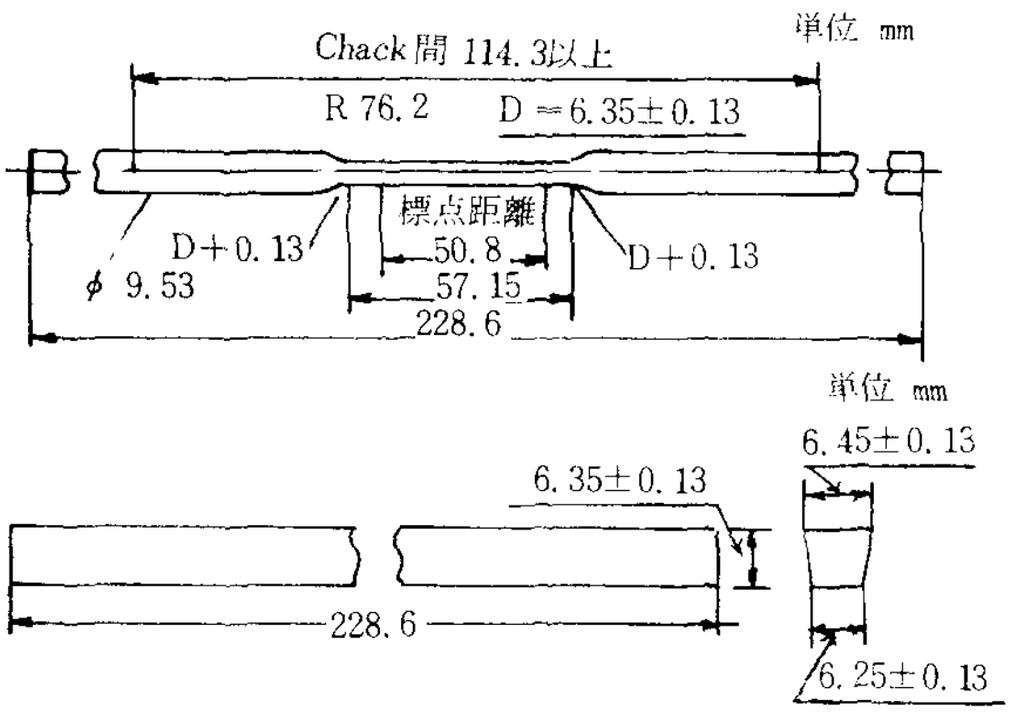
種 類	記 號	化 學 成 分 (%)							
		Al	Cu	Mg	Fe	Zn	不 純 物		
							Pb	Cd	Sn
1 種	ZDC 1	3.5～4.3	0.75～1.25	0.020～0.06	0.10以下	殘 部	0.005以下	0.004以下	0.003以下
2 種	ZDC 2	3.5～4.3	0.25以下	0.020～0.06	0.10以下	殘 部	0.005以下	0.004以下	0.003以下

② 類似合金記號

JIS H 5301 (1979)		FS QQ-Z-363 B (1972)	ASTM B 86 (1976)	SAE J 468 B (1965)	NF A 55-100 (1972)	BS 1004 (1972)	DIN 1743 (1967)	ISO
1 種	ZDC1	AC 41 A	AC 41 A	925	Z-A 4 UIG	B	GD-ZnAl 4 Cu 1	–
2 種	ZDC2	AG 40 A	AG 40 A	903	Z-A4G	A	GD-ZnAl 4	–

③ Die Casting한 시험편의 기계적 성질

종류	기호	인장시험		충격치	경도
		인장강도 kgf / ㎟	연신율 %	kgf · m / ㎟	HB 10 / 500
1종	ZDC 1	33	7	16	91
2종	ZDC 2	29	10	14	82



(上) Die Casting 引張試驗片

(下) Die Casting 충격시험편 및 경도시험편

그림16. Die Casting用 시험편치수

5. 用　　途

亞鉛의 용도별 사용현황은 그림17와 같이(내부원은 1970년, 외부원은 1980년의 日本에서의 통계임) 약 60%가 철강의 방청에 기타 Die Casting, 황동, 아연, 관 등에 사용되었다.

5-1. 鐵鋼防錆用 被覆材

亞鉛은 자연환경에서 鋼 및 다른 金屬의 腐蝕을 억제하기 때문에 防蝕技術者에게 사용되는 가장 중요한 금속의 하나다. 즉 아연은 鐵에 대한 희생방식작용이 強하여 大氣中의 부식속도는 鐵의 1/10~1/25로 알려져 대단히 늦다. 아연의 내식성은 표면에 치밀한 酸化皮膜을 만들어 내부를 보호하기 때문이고 鐵鋼의 防蝕에는 필요불가결한 금속이다. 따라서 亞鉛鐵板, 亞鉛鍍金鋼管, 亞鉛鍍金鋼線, 鋼構造物, 鑄物의 Zn도금등 鐵鋼表面에 溶融鍍金, 電氣鍍金 등의 피복외에 亞鉛溶射, sheradizing과 같은 擴散被覆法으로 아연피막을 만들어 철강의 방청에 이용된다.

한편 塗裝 기타 피막에는 이 犧牲防蝕作用을 기대할 수가 없다. 기타 亞鉛粉末을 함유한 塗料를 사용하든가 전기저항이 작아 海水중이나 淡水중 흙중 등에는 아연을 이용한 流電陽極方式에 의한 電氣防蝕法으로 철강의 방식에 이용한다.

그림18에 환경별 아연도금수명과 아연부착량과의 관계를 나타내었다.

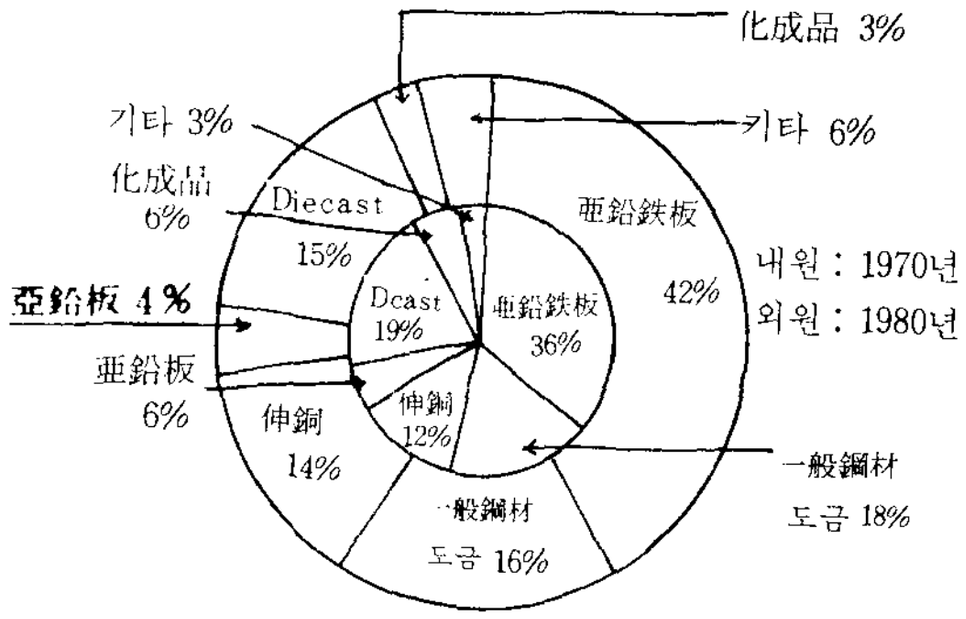


그림17. 用途別使用狀況(日本)

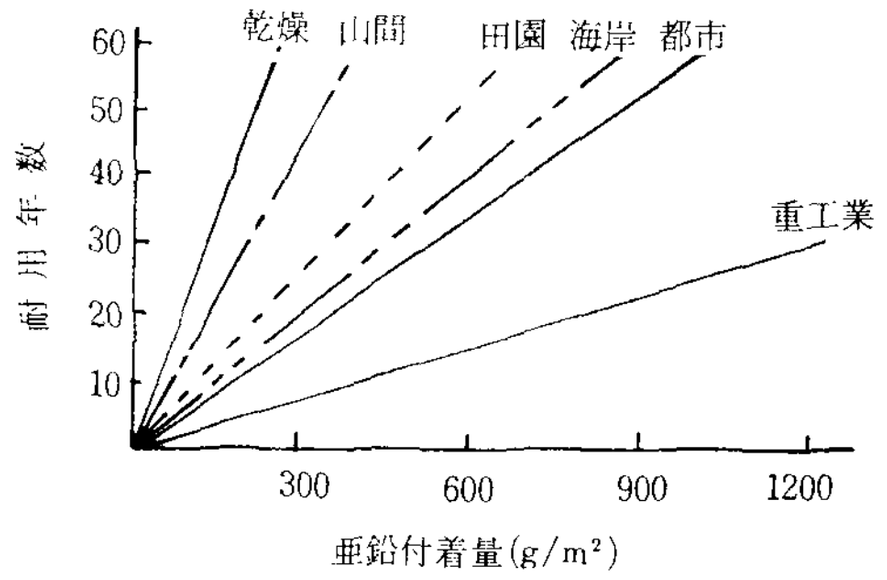


그림18. 亞鉛付着量과 環境別耐用年數

5-2. 合金素材

아연은 다른 금속에 첨가하여 合金으로서 특징을 발휘하기 때문에 중요한 원소이다. 황동은 아연과 銅에서 黃色의 合金으로 鑄物用에는 아연이 거의 40%이하를 함유한다. 合金의 色은 아연의 함유량이 거의 7% 이하일때 銅色, 7~17%일때는 아름다운 赤黃色으로 되고 18~30%에서는 淡黃色을 띈다. 加工用 合金으로서는 展延性이 큰 특징을 이용하고 Zn 10~37%의 것이 常温加工用에 亞鉛 37~50%의 것은 高温可工用으로 사용된다. 또 Zn은 융점이 낮아 鑄造가 용이하므로 Al과의 合金으로 Die Casting用에 널리이용된다. 이 Zn Die Casting는유동성이양호하고 치수정밀도가 높고 耐壓性 및 機械的 性質이 우수하고 전기도금이 용이한 등의 많은 이점을 가지므로 Al Die Casting 다음으로 넓게 일반 산업용기계기구, 전기통신기기, 자동차부품, 정밀기기 또는 일용품, 완구 등에 이용된다.

기타 溶接構造用 Al合金, 각종 Mg合金 등이 있다. 또 Zn의 酸化域에서의 腐蝕性을 이용하여 건전지

의 극, 사진凸版의 版材로서 이용된다. 최근에는 아연공기전지의 energy源로서도 기대되고 있다. 高溫의 塑性變形이 용이하므로 이 성질을 이용하여 超塑性亞鉛合金으로서 plastic과 같이 진공성형법 등으로 복잡한 형상의 제품이 만들어진다. 아연은 또 微粒子亞鉛粉末로서 Zinc Rich Paint의 주요원료로서 鐵鋼의 防錆塗料에 이용되는 외에 抜染劑, 有機合成의 還元劑, 金屬의 精錬 등에 이용된다.

5-3. 化合物

Zn은 金屬으로만 아니고 各種化合物로서 工業薬品으로 여러 용도가 있다. 즉 酸化亞鉛은 亞鉛華라고도 한다. 白色의 粉末은 二酸化 Ti의 출현이전은 白色顔料의 王座를 점하였다. 현재는 그 이용은 거의 없고 그 物性面을 應用하여 고무의 加硫促進劑, 塗料의 塗膜調整劑, 醫薬, 觸媒 등에 이용되고 있다. 鹽化亞鉛은 亞鉛이나 錫도금의 前處理劑, 活性炭의 製造, 乾電池의 電解液成分, 試薬 등에 이용된다. 硫酸亞鉛은 農薬, 木材防腐劑, 工業薬品, 醫薬, 染色捺染 등에 이용된다.

기타 亞鉛黄은 여러 複鹽의 형으로 존재하지만 여러가지 상품명으로 생산되며 防錆用顔料로서 사용되고 있다. 기타 스테아린酸亞鉛은 보통 스테아린酸, 미루수친酸애 脂肪酸混合物의 亞鉛化合物이고 顔料의 分散劑로서 사용되며 기타 PVC의 安定劑, 撥水劑 등에도 사용되고 있다.

6. 開發展望

6-1. 鐵鋼防錆에의 期待

앞에서 언급한 대로 亞鉛需要의 약 60%가 鐵鋼에 대한 防錆을 위하여 사용되고 鐵鋼業과는 가장 밀접한 관계이다.

즉 1980년 日本에서 생산된 각종 철판중 약 600萬₹이 아연도금강판으로 사용되었으며 또 일반 압연강재는 鋼管이나 線등을 포함하여 약 160萬₹이 용융Zn 도금되고 있다. 근대문명의 중요한 기초자재인 철강을 용융아연도금함으로서 장기간 즉 20~80년 이상 철을 부식으로 부터 지켜주고 안전한 아름다운 환경을 보호하고 에너지절약, 자원절약면에서도 국가적 요청에 대단히 중요한 의의가 있다고 하겠다.

6-2. Die Casting 業界에의 期待

Zn Die Casting製品의 대부분은 自動車部品 쪽이지만 自動車의 輕量化의 指向으로 Die Casting 業界는 Die Casting 製品의 小型化, 薄肉化로 대처해 왔다. 그러나 Zn보다 比重이 가벼운 Al이나 Plastic 쪽에 일부 부품이 代替되고 있는 것은 사실이다.

한편 自動車部品이외의 日用雜貨, 玩具, 建築金物 또는 精密機械部品 등의 소형제품의 분야에는 최근 급속히 늘어나고 있고 금후 크게 기대되고 있다.

Die Casting用 亞鉛金屬은 Zn maker로 부터 판매되며 **ZAC**(三井金屬鑛業), **MAK**(三菱金屬), **TAK**(東方亞鉛)의 商品名으로 10kg 前後의 ingot가 많다.

亞鉛合金은 또 鈑金 press型用 및 plastic型用으로도 사용되며 이것도 **ZAS**(三井金屬) 등의 상품명으로 판매되고 있다.

또 低溶融點, 耐摩耗性, 潤滑性, 鑄造性이 좋고, 研磨나 機械加工仕上이 용이하여 계속 사용가능이 있다.

Die Casting用 合金으로서 亞鉛合金은 耐蝕性의 面에서 不純物이 특히 엄하게 규제되고있다. 즉 Pb〈0.003, Cd〈0.002, Sn〈0.001% 등으로 이 때문에 99.995% 이상의 高純度亞鉛地金 등을 사용할 필요가 있다.

7. 結　　論

우리나라는 주위가 바다로 둘러싸여 녹슬기 쉬운 환경에 있으며, 자원이 빈약한 나라이므로 政界, 財界를 비롯하여 學界나 일반 대중의 鐵鋼에 대한 防請意識이 요청되며, 그 인식도도 높일 필요가 있다.

이들 부식에 의한 경제적 손실은 막대한 금액에 해당된다. 우리나라도 亞鉛鍍金技術을 歐美선진국과 같게 빨리 보급시켜 어떻게 하여도 녹슬지 않고, 아름답고 안전한 나라로 가꾸어야 하겠다.