

稀有金属译文集

第二集

钹

劉崇志 譯

冶金工业出版社

MF84

2/2

稀有金屬譯文集

第二集

鉍

劉崇志 譯

冶金工业出版社

稀有金屬譯文集 第二集(續)

劉崇志 譯

編輯: 曹桂芝

設計: 周廣珍 韓晶石 校對: 楊維琴

1959年3月第一版

1959年3月北京第一次印刷 5,000冊

開本 $787 \times 1092 \cdot 1/16$ · 100,000字 · 印張 $4 \frac{14}{16}$ · 定價 0.50元

中央民族印刷廠印

新華書店發行

書號 15062 · 1360

冶金工業出版社出版(地址: 北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

本譯文集系根据苏联外国文書籍出版社出版的稀有金屬国外期刊譯文集“鉍”(Редкие металлы Бериллий Сборник переводных статей из иностранной периодической литературы) 1953年第1、2集和1956年第4集选譯出的。

在譯文集包括論文八篇。闡述了鉍的性質、生产、熔炼和鑄造；以及鉍及其化合物的制取、氧化鉍的生产和德国生产鉍的氯化物法等。

本譯文集可供科学研究工作者、高等工业学校冶金专业教师以及有关的工程技术人员参考。

目 录

铍的性质.....	1
铍冶金学.....	14
铍及其化合物的制取.....	19
氧化铍的生产.....	26
铍的生产.....	41
铍的熔炼和铸造.....	46
铍的真空熔炼和铸造.....	59
德国生产铍的氯化物法.....	64

铍的性质^①

烏基, 寿烏和布吉尔

从事設計和建設核反应堆的工程师和冶金家, 首先对铍发生了兴趣, 因为铍俘获中子的截面小, 而散射中子的截面較大。

本文中經過适当的判断后, 列出铍的原子、核子、物理、化学和机械等性质的最可靠数据; 另外还列出一些研究者所得数据的平均值。不很可靠的结果沒有列入。

因为目前仍在制取高純度的铍并提高用现有方法制出的铍的純度, 所以本文列举的某些性质不可能是典型的。这就可能有必要重新研究铍的性质。

铍的生产

地壳中铍的含量大約为 0.001%。綠柱石 ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) 是唯一有工业价值的铍矿物。可以采用的铍精矿实际上含 11—13% BeO 。只为开采綠柱石用的足量的铍矿, 在任何地方也不能找到。因此, 在采矿工业中綠柱石只能当作副产物开采。

铍的主要产地是巴西、阿根廷和印度。美国采取綠柱石的主要来源在科罗拉多 (Colorado)、南达科他 (South Dakota) 和东北六州 (New England state)^②。在加拿大也发现一些矿层。

美国有下列三个公司生产铍: “Clifton Products”、“Beryllium Coporation”、“Brass Beryllium Coporation”, 其中只有后两个公司出产铍。

生产铍的头一个阶段, 是从矿石中制取氧化铍。先将綠柱石熔融, 或和碳酸钠 (或石灰石) 一同熔融, 以增强反应能力, 然后用硫酸处理。另一个方法是将綠柱石和 Na_2FeF_6 燒結。借助一系列操作清除鉄、鋁和其他元素杂质。最后的产物是氢氧化铍, 用煅烧的方法就能从氢氧化铍中制出氧化铍。

和碳混合的氧化铍在 1000° 下氯化。在 730° 下电解氯化铍和氯化钠的熔融混合物, 便制出鱗片状铍, 鱗片状铍經過制团和熔炼后, 必要时就可以制成密致的金属。

另一个方法如下: 用氟化铍处理氧化铍制出的氟化铍用鎂还原。在 900° 下进行还原反应。还原结束后, 将温度增至铍的熔点, 铍便浮在表面。

在一九五二年, 根据铍的品种和质量, 每千克值 114—450 美元。坯料状的铍每千克值 200—270 美元。

原子与核子特性

有关铍原子与核子特性的数据, 列于表 1 和图 1、图 2 内。

① Udy M.O., Show H.L., Boulger F.W., Nucleonics, 11 (5), 52—59 (1953)。

② 美国东北部的六个州: Maine, New Hampshire, Vermont, Massachusetts, Connecticut, Rhode Island——譯者注。

表 1

铍的原子与核子特性

原子序数	原 子 量	电子排列	
4	9.013	(1S) ² (2S) ²	
同 位 素	质 量	收集因素	结 合 能 (毫电子伏特)
Be ⁶	6.0219	0.00365	4.41
Be ⁷	7.01916	0.00274	5.33
Be ⁸	8.00785	0.00098	7.02
Be ⁹	9.01503	0.00167	6.42
Be ¹⁰	10.01677	0.00168	6.45
Be ¹¹	11.0277	0.00252	5.69

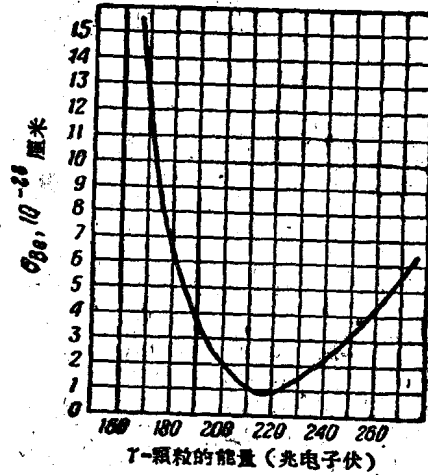


图 1 铍的光致裂变有效截面

续表 1

电子轨道	电 离 势 (按里德伯数据)	电子轨道的直径 (Å)
(1S)	9.3	0.143
(2S)	0.69	1.19

同 位 素	放射能 (毫电子伏特)	半 衰 期	制 取 方 法
Be ⁷	0.453—0.485γ	54.5天	Li ⁶ (d, n) Li ⁷ (p, n) B ¹⁰ (p, α) B ¹⁰ (d, αn) Be ⁹ (γ, n) 在自然界中发现 Be ⁹ (α, p) Be ⁹ (n, γ) Be ¹⁰ (n, p) C ¹³ (n, d)
Be ⁸	0.055γ	10 ⁻¹⁵ —10 ⁻¹⁷ 秒	
Be ⁹	稳 定	—	
Be ¹⁰	0.56—0.65β 没有γ射线	2.7×10 ⁶ 年	

光致裂变的有效截面 (见图 1)

中子有效截面 (见图 2)

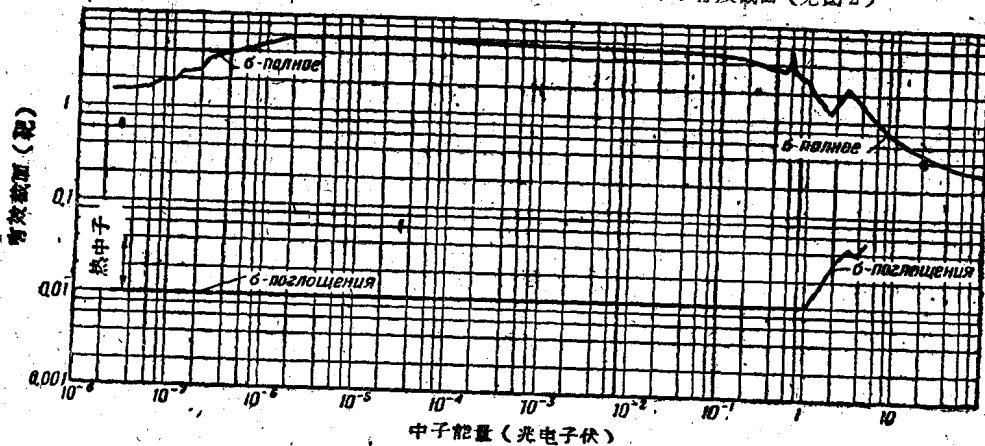


图 2 铍的中子有效截面

物理性質

表 3 內列出鍍某些物理性質的各別数值。表 2 和表 3 內列出比較完全的数据是热力学数值，图 3 是热膨胀系数，图 4 是热导率，图 5 是电阻，图 6 是热电势。鍍的結晶性質列于表 5 內。

表 2

在低温时的比热

温 度 (°C)	C_p	温 度 (°C)	C_p
10*	0.00	100	0.41
25	0.01	150	1.26
50	0.05	200	2.38

* 在12°C时稍有反常。

表 3

鍍的物理性質

質 量 性 質

原子量	9.013±0.004 ($\frac{1}{2}O_2=16$)
在 25° 时的原子体积	4.877厘米 ³ /克分子
在 25° 时的密度 (根据倫琴射綫測定)	1.8447±0.0007克/厘米 ³
在 1000° 时的密度 (根据倫琴射綫測定)	1.756克/厘米 ³
在 25° 和压力40000千克/厘米 ² 时的密度	1.912克/厘米 ³
在 25° 和压力100000千克/厘米 ² 时的密度	1.955克/厘米 ³

热 性 質

熔点	1315±20°
沸点 (外推)	2970°
在 905° 时固态鍍上的蒸汽压	10 ⁻⁸ 大气压
在 1235° 时固态鍍上的蒸汽压	10 ⁻⁵ 大气压
在 1950° 时熔态鍍上的蒸汽压	10 ⁻² 大气压
在 2970° 时熔态鍍上的蒸汽压	1 大气压
熔解热	2335卡/克分子
汽化热	53490卡/克分子
升华热 (900—1280°)	76560卡/克分子
其他热力学性質	见表 4
同素变态	无
热膨胀系数	见图 3
凝固时的收縮	3%
热导率	见图 4

电 性 質

电阻	见图 5
超导电性	低于11°C时可能有
电化当量	0.04674 毫克/庫伦

扩散电势 Be/Be^{++} $E_0=1.9$ 伏特

热电势 见图 6

光 性 质

颜色 铜灰色

反射本领 52~55% (白光)
55% (紫外线)

辐射系数

固态6500Å 0.61 (熔点以下)

固态5500Å 0.61 (熔点以下)

液态6500Å 0.61 (从熔点到 2000°)

液态5500Å 0.61 (从熔点到 2000°)

磁 性 质

在 -180° 时质量磁化率 -0.72 CGS 制电磁单位

在 +20° 时质量磁化率 -1.00 CGS 制电磁单位

在 300° 时质量磁化率 -1.20 CGS 制电磁单位

霍尔系数 0.0024 ± 0.0001 CGS 制电磁单位

传音速度 12600 米/秒

表 4

铍的热力学性质

温度 °K	比 热* (卡/克分子/°K)		焓 $H_t - H_0$ (卡/克分子)		熵 S_t (卡/克分子/°K)		自由能 $-(F_0 - H_0)T$ (卡/克分子/°K)	
	冷 凝 物	蒸 汽	冷 凝 物	蒸 汽	冷 凝 物	蒸 汽	冷 凝 物	蒸 汽
298.16	4.26	4.97	465	1481	2.28 ± 0.02	32.56 ± 0.01	0.72	27.60
400	4.56	—	860	—	3.48	—	1.28	—
500	4.85	4.97	1865	2484	4.56	35.13	1.83	30.16
600	5.14	—	1880	—	5.50	—	2.42	—
700	5.43	—	2430	—	6.34	—	2.87	—
800	5.72	—	3000	—	7.10	—	3.35	—
900	6.01	—	3600	—	7.81	—	3.81	—
1000	6.30	4.97	4210	4971	8.45	38.57	4.24	33.61
1100	6.59	—	4830	—	9.04	—	4.65	34.08
1200	6.88	—	5455	—	9.59	—	5.04	34.50
1300	7.17	—	6080	—	10.09	—	5.41	34.90
1400	7.46	—	6740	—	10.56	—	5.75	35.27
1500	7.75	4.97	7465	7451	11.05	40.59	6.07	35.62
1588	8.00	—	8080	—	11.40	—	6.31	—
(固 状)								
1588	5.27	—	11415	—	12.87	—	6.31	—
(液 态)								
2000	5.27	4.97	13565	9931	13.98	42.02	7.29	37.05

* 见表 2。

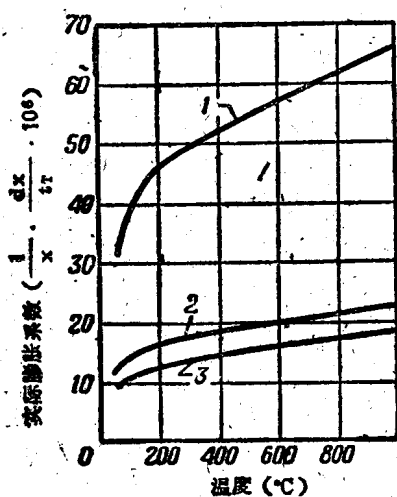


图 3 热膨胀系数

1—体胀系数；2—线胀系数（垂直于晶格的六方晶轴）；3—线胀系数（平行于晶格的六方晶轴）

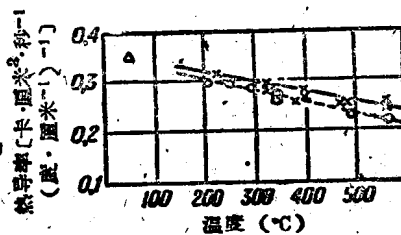


图 4 铍的热导率

x—在真空中铸造并冲压；o—鳞片状，冲压；Δ—在真空中铸造

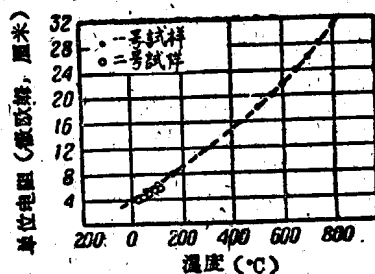


图 5 温度对铍单位电阻的影响

结构特性

表 5

晶 格 对 称 群	六 方 晶 格 D_{6h}^4		
晶 格 常 数	a, kX	c, kX	c/a
室温	2.281	3.577	1.568
200°	2.287	3.584	1.567
400°	2.296	3.594	1.566
600°	2.305	3.606	1.564
800°	2.315	3.618	1.563
1000°	2.325	3.632	1.562
原 子 间 距			
d_1	2.221kX		
d_2	2.281kX		
配 位 数	12		
原 子 半 径	1.123kX		

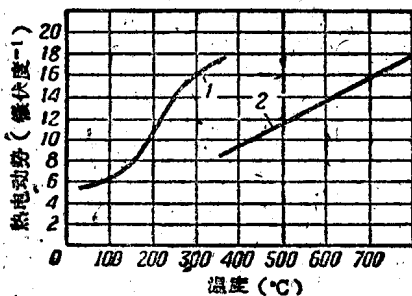


图 6 热 电 势

1—对NaK(20%Na)合金；2—对铅

化学性质

铍的原子量等于 9.013 ± 0.0004 。铍只有一种价 (+2 价)。

虽然氢与铍不直接作用,但是已经证实:由于水的分解而析出氢,可能是引起铍铸件质量不良的一种原因。什林津格尔、舍费尔等人制出了氢化铍,氢化铍是在含有它的溶剂中制出的。用火花法在氢气中从铍电极摄制的光谱图上,出现相当于 BeH_2 和 BeH^+ 的谱线。

在 700° 下铍铸件开始和空气作用。在比较低的温度下开始和氧作用,但是因为形成氧化层,作用便迅速减缓。甚至铍停留在熔融状态氧化层的保护作用仍然很显著,以致在氧介质中灼烧铍试样测定碳的含量难以进行。如果用镁条将铍点燃,放在空气中燃烧,则铍的细小颗粒也燃烧,燃烧温度将显著增高。磨光的铍置于空气中在室温下稍微变暗,但是这时形成的氧化层能防止进一步反应。

在 900° 以上铍能与氮作用生成 Be_3N_2 ,但是在 1100° 时这个反应却进行得很慢。在 900°C 甚至在比较低的温度下,铍和氨 (NH_3) 的反应进行得很快。在 800° 时铍和 $(\text{CN})_2$ 迅速反应形成氮化铍。

细粒分散状的铍能在硫、硒和碲蒸汽中“燃烧”。

纯铍在热水和冷水中的抗蚀性很强。在稍高于铍的熔点时,铍和碳作用生成碳化铍 Be_2C ,并有放热现象。由于这种原因,用石墨坩埚熔炼铍就要发生很大的困难。有些报导说,甚至在低于铍的熔点时碳也能和铍慢慢反应。除了碳化铍之外还有二碳化铍 BeC_2 ①。

铍能溶于任何浓度的盐酸或硫酸中,而在冷的浓硝酸中却稳定。铍可以和浓碱溶液或热的稀碱溶液作用。氨水不和铍起作用。

微热的铍能与卤素作用。当加热时铍和碘的燃点比和其他卤素的燃点要高。铍也和磷蒸汽反应。

铍的有机金属化合物可以用格林尼亚试剂从它的氯化物中制取。

熔融的铍或多或少可以和大多数金属的氧化物作用,可能 ZrO_2 和 MgO 除外。

铍能和熔融的碱作用,能把它们还原成金属。并且反应进行到平衡为止。铍不与熔融的碱土金属和镁的卤素化合物作用。但是,也有报导指出,铍能还原铝和重金属的卤素化合物。

机械性能

最可以作为特征的铍的机械性能如表 6。图 7—12 所示。特别需要指出,铍的弹性模数大、泊松系数小、扭转试验时的塑性比较大。如图 8 和图 9 所示,在做扭转试验时铍有两种最大的塑性 (在 400° 时和 800° 时)。

① 在 450° 下把干燥的乙炔通到铍粉上,可制得这种碳化物——译者注。

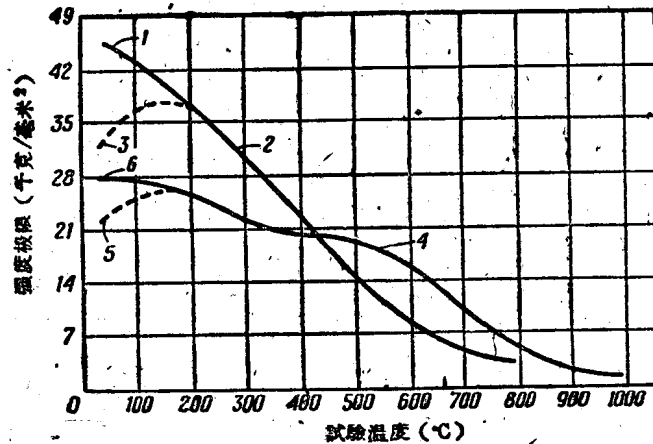


图 7 溫度对鉍强度极限的影响 (高溫瞬时拉力試驗)

(1—退火的; 2—用片狀鉍沖壓的; 3—未退火的; 4—鑄造和沖壓的; 5—未退火的; 6—退火的)

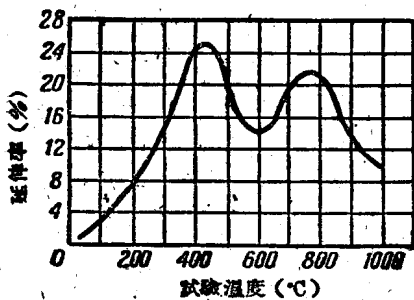


图 8 溫度对延伸率的影响

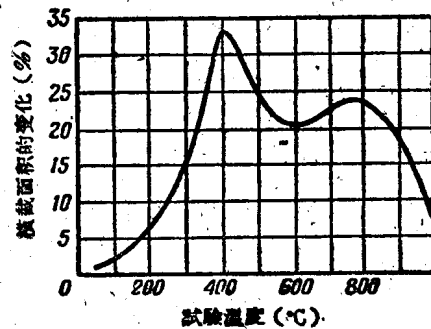


图 9 溫度对橫截面积改变的影响

表 6

鉍的机械性能

弹性模数.....	27160—29820 千克/毫米 ²
抗剪弹性模数.....	13300 千克/毫米 ²
泊松系数.....	0.02
机械性能 (拉伸时)	
冲压的 (用压出法压制)	见图7—9
在冷态下用鉍粉压制的, 燒結 (QT) 並在800°下退火.....	强度极限23.8 千克/毫米 ² ; 延伸率 为試样 (50 毫米长) 的1.9%
在热态下(KAPL)用鉍粉压制的, 然后在800°下退火.....	屈服点(0.2%)为 23.1 千克/毫米 ² ; 强度极限为32.2 千克/毫米 ² ; 延伸率 为試样 (50 毫米长) 的1.15%
拉断試驗.....	见图10
压缩試驗	
鑄造的和鍛造的.....	比例极限为6.5 千克/毫米 ² ; 屈服点(0.2%)为24.7 千克/毫米 ² ;
在室溫时的硬度	

續表 6

在真空中鑄造的工業鉍	107—125 H _B
沖壓的工業鉍	116—121 H _B
Bp _{sm} 公司用 Q 法制出的鉍	119—150 H _B
真空鑄造的，然後沖壓	106H _B
用鉍屑沖壓的	112H _B
用片狀鉍沖壓的	132H _B

高溫時的硬度

300°	88 H _B
400°	90H _B
500°	74H _B
600°	61H _B
700°	50H _B
800°	21H _B
900°	11H _B
1000°	9H _B

韌性（沒有切口的試樣）

千克米	沖壓的	QT
室溫	0.017	0.017
100°	0.018	0.018
200°	0.035	0.025
300°	0.036	0.031
400°	0.17	0.027
500°	0.031	0.052
600°	0.19	0.027
700°	>0.28	0.043
800°	>0.28	0.039

扭轉試驗..... 見圖11和圖12

沖壓的鉍的強度特性與鑄造的鉍或用粉末冶金法制出的鉍的強度特性迥然不同。這種特性上的差別可能是因為沖壓的鉍具有兩種結構特征：縱向粗纖維狀晶粒和優先定向（結構）。在 750° 以上退火，纖維結構可能消除，甚至達到 1000° 優先定向仍舊存在。退火時橫向強度特性，便大大改善，這就說明縱向強度特性與優先定向的存在有很大關係。

沖壓溫度和表面狀態對鉍在室溫時的強度特性有很大影響。已經確定，沖壓的鉍和切削加工的鉍的強度極限隨沖壓溫度的增高而顯著減小，在任何沖壓溫度下延伸率僅為百分之零點幾。

蝕刻去掉表面層，當沖壓溫度為 900° 或高於 900° 時強度極限和延伸率都顯著增大。去掉表面層對在 500° 和 700° 下沖壓的鉍的性質影響並不大。研究一下鉍在 500° 和 700° 下沖壓後的顯微組織，能看出鉍在這種情況下完全處於冷加工硬化狀態。沖壓溫度為 900° 時，鉍就要局部再結晶，而在較高的溫度下沖壓便完全再結晶。處在顯著冷加工硬化狀態的鉍堅固而性脆，這樣當切削加工時便形成表面缺陷，表面缺陷對鉍的性質影響並不顯著。在 800° 下退火一小時，表面缺陷的影響可能完全消除。

退火影响鍍在室溫时的机械性能可能与鍍的再結晶（在750°以上发生这种现象）和局部再結晶（在比較低的溫度下发生这种现象）有关。在一般变形速度下鍍的内聚力平衡溫度（Эквивалентная температура）大概处在450°左右。

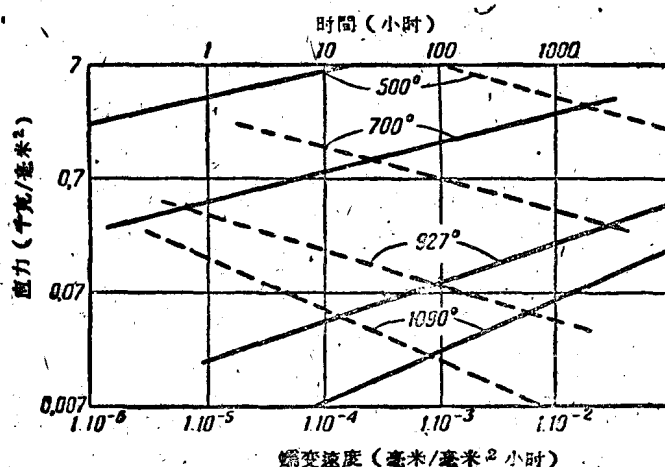


图 10 鍍的持久强度和蠕变試驗結果
——蠕变試驗；----不是持久强度

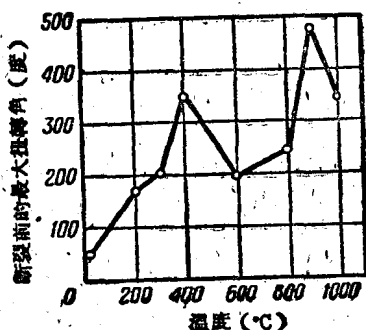


图 11 溫度对断裂前最大扭轉角的影响
试样是真空鑄造的冲压鍍棒（直径9毫米、长25.4毫米）扭轉时负载速度为0.1轉/秒

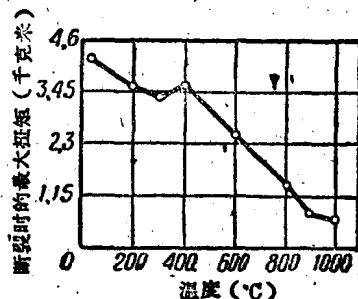


图 12 溫度对最大扭矩的影响试样
是真空鑄造的冲压鍍棒
（直径9毫米、长25.4毫米）
负载速度为0.1轉/秒

鍍的耐蝕性

研究了鍍在空气中、水中和熔融的金属中的耐蝕性。

空气腐蝕 鍍置于空气中在400°下經200小时，沒有发现显著的腐蝕现象。有些报导說，鍍在700°下經60小时，在800°下經12小时，在900°下經1小时，都要受到很强的腐蝕。这些試驗是用真空鑄造的然后冲压的鍍进行的。晶粒边界受到氧化，形成的氧化物硬而脆，在制备金相分析用的磨片时难以保留。

戈烏（Гай）曾經确定，冲压的鍍在700°下放置一小时顏色稍有改变，在800°下放置一小时便被一层白膜复盖，在1000°下放置一小时便被一厚层白皮复盖。用电子显微鏡研究証明，在三个试样中都有氧化物，但是沒有发现氮化物。用同一方法检查經切削加

工的試样，在試样表面沒有发现氧化物。但是，在 1000° 下形成的白皮的化学分析証明，其中含 $0.75\%Be_3N_2$ 。戈烏报导，在 700° 下放置 70 小时后，便形成很厚一层不均勻的白膜，从膜面的下面逸出一种未知的气体物质。戈烏还測出，在 700° 下鍍的耐氧化性比 18—8 号不銹鋼为强。

戈尔登 (Гордон) 发现，用 Q 法制取的鍍在空气中在 700 和 800° 下的抗蝕性强于真空鑄造的然后冲压的鍍。用鱗片状金屬冲压的鍍在 700° 和 800° 下具有的抗蝕性，不如真空鑄造的鍍 (指冲压的)。

水腐蝕 鍍中局部所含的杂质可能是造成腐蝕的原因。个别試样在热至 300° 的水中是稳定的。已經測出，用鱗片状金屬按 Q 法制出的然后冲压的鍍在沸水中的抗蝕性不如用坯料 (真空鑄造的) 冲压的鍍。

鑄造的鍍在蒸餾水 (P^H 为 6.0—6.5) 中在 260° 下进行了靜力試驗 (氧压力为 0.5 千克/毫米²)。放置 20 小时到 30 天后，各別試样出现显著膨胀现象，而在一些試样上出现尖齿。这些結果說明了腐蝕程度是相当大的。

在氧饱和的水中进行了动力試驗，水流过試样表面的速度等于 8.23 米/秒，經過十九天半后发现强烈的晶粒間腐蝕，以致試样显著破坏。經過 210 小时后破坏的試样另行更換。

液态金屬腐蝕已經确定，在 600° 下鍍跟鍍熔合的可能性視鍍的表面状态而定。鍍和熔融的鍍作用得出的結果列于表 7 內。

表 7

鍍和鍍的作用

温 度 ($^{\circ}C$)	結 果
800°	鍍不跟鍍作用
600°	鍍在鍍中扩散
500°	不发生作用和扩散

在 600° 时鍍和細粒鍍作用比和粗粒鍍作用为快，由此說明，腐蝕的机理乃是晶粒边界上的作用。

熔融的鈹、鉛、錫不与鍍試样发生作用 (在 700° 下放置 20 小时)。

在应力下的腐蝕 已經确定，使試样具有应力沒有增加腐蝕速度。

鍍 的 加 工

已經研究出在真空中和在氫气氛中熔炼鍍的方法。各种坩堝材料的缺点列于表 8 內。

石墨是制做坩堝用的最好的材料，CS 品号的石墨是最滿意的一种材料。涂氧化鍍或氧化铝的鋼，以及涂氧化鍍的氧化铝也能得出滿意的結果。使用氧化鎂坩堝和鍍砂坩堝也获得了一定的成就。

無論靜态鑄造法或离心鑄造法都能制出良好的鍍鑄件。对于任何制取鑄件的方法，浇鑄溫度最好都要低些。

熔炼铍用的坩埚材料

材 料	缺 点
氧 化 铍 氧 化 镁	不能制造大型坩埚；价格昂贵；“工业”坩埚使用的期限短；与氟化熔剂作用只有高纯度的氧化镁才适用；用工业氧化镁制做坩埚不适用，因为其中含有能污染铍的杂质；与氟化熔剂作用
石 墨	超过铍的熔点 100° 时，铍和碳就开始发生放热反应
掺合碳化硅 的石墨（“Теркод”）	在稍含氧的气氛中（不是在真空中）相当耐久；使用能否成功与坩埚内面形成氧化层的速度有关

制取铍铸件时，常常遇到的困难如下：

1. 因为铍吸收水蒸汽分解时生成的氢，所以造成许多缺陷。因此在操作前，一切设备都应仔细干燥。
2. 当铍凝固时，碳、氧和铍作用而产生一些缺陷。
3. 由于阻留氧化皮而生成铍纹、缺口和其他的表面缺陷。使用特殊的铸造方法^①就能减少铍流中的涡流。
4. 在接近凝固点时强度较小，因此产生热脆性。正常的收缩不为在铸模中停留的时间所限。早些从铸模中取出铍锭有一些好处。
5. 冷脆性能导致铍锭破裂。
6. 粗晶粒能使机械性能和切削加工性变坏。在某种程度上迅速冷却，这种现象可消除，同时也能增大铍锭破裂的危险。加入少量铝是很有益处的。

用Q法制出的铍，可以作为粉末冶金法制取铍制品用的原料。在冷态下压制铍粉，使制品成为所需的形状，然后烧结。也可以用铍粉在石墨压模中在 1100° 下进行热压制（单位压力为 $0.5-0.7$ 千克/毫米²）来制取大型锭。

借助热冲压可以用铍制成铍条、铍管、铍带、六边形铍块和大小约 115×38 毫米的铍板。真空铸造的坯料是制取冲压制品用的最好的材料，但是所需形状的制品也可以用鳞片状铍或粉末状铍直接冲压。

在低碳钢制的壳中冲压铍坯料是一种最便利的方法，用戴到钢壳上的铜作为滑料。冲压温度通常接近 1050° 。可以在比较低的温度下冲压，但是这时消耗的功率增大。

在室温下铍不能轧制，但是能在 $350-800^{\circ}$ 的范围内承受轧制，而这时处于冷加工硬化状态。在比较高的温度下轧制出的铍不处于冷加工硬化状态。实际上，稍高于铍再结晶点的温度是热轧铍的最适宜温度。

厚 0.5 到 2 毫米的铍板可以用直径 98 毫米的坯料轧制。

锻造铍和锻造镁相同。在闭模中在 400° 下能锻制得很好。石墨油或脂肪是良好的滑剂。

热处理 热处理铍时主要的现象是再结晶和晶粒扩大。再结晶温度随铍的初变形程度而改变，如图13所示。

当高于再结晶点的温度时，晶粒扩大速度便迅速增加。

① 参看“Химическая технология и металлургия бериллия и его сплавов”，ч.2, стр.30, Издательство иностранной литературы, 1953г.——编者注。

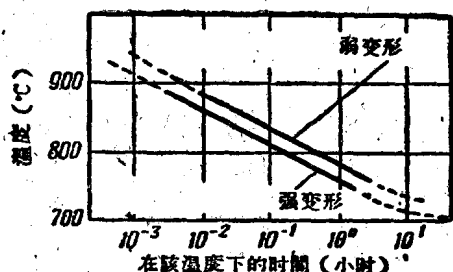


图 13 铍再结晶的时间与温度的关系

冲压或轧制的铍达到 1000° 时，其优先定向（结构）虽然存在，但是由于在 725° 以下便发生再结晶，粗纤维结构可能消除。

焊接 铍可以在真空中（或在氢气气氛中）在 1200° 下进行压焊。在氮保护气氛中用正极性电弧焊法不使用电焊条也能将铍和铍（或铍和铝）焊接在一起。

使用铝焊条或使用低温焊接法（借助铝箔）也可以焊接铍。

用硬焊料焊接铍时，可以用磷化铜作为焊料。

用软焊料焊接铍时，可以先把混以松节油的 Cu_2Cl_2 膏涂敷在铍表面上，加热此膏至铜析出；然后用一般的方法焊接。

切削加工 铍难以经受切削加工，在一定条件下切削加工对铍的机械性能有不利的影响。当磨光时，冲压和轧制的铍比只冲压的铍形成裂缝的趋势为小。铸造的铍比冲压的铍更容易形成裂缝。在磨光时为了防止裂缝出现，研究出特种材料来制造砂轮。

已经确定，根据工具强度的观点来看，Q 品号铍超过其他品号铍。冲压的铍因为具有一定的结构，所以工具在冲压方向上的磨损小于铸造的铍。进行横向切削试验时，冲压的铍没有上述的优点。热处理可以消除特性中的定向现象。

铍的用途

薄片状的铍用来制造伦琴射线管的“小窗”。因为铍的原子量小，透过伦琴射线的能力比同样厚度的铝（以前用铝制造“小窗”）大 16 倍。

熔炼和铸造镁及镁合金时，使用少量铍可以减少氧化作用。制取铜铸件时，铍还可以代替磷用作脱氧剂（大约 0.01%）。这样制出的金属比用磷脱氧的金属密度大，导电性也强。

熔炼铝基合金时加入 0.005% 铍，可以防止熔炼物在熔融状态氧化，并促使晶粒变小。往镁合金中加入 0.005% 铍，能增强合金的耐蚀性。

在战争年代，大量铍用来制取铜铍合金。含 2% 铍的铜铍合金具有老化能力，广泛用来制造高强度的无火花非磁性零件或工具。大约含 4% Be 的铜铍合金，是在铜（或氧化铜）的存在下用碳还原氧化铍制出的。

因为铍的反射本领强（特别是在紫外线区域内），可以用铍制造摆动反射镜和固定反射镜。

铍和放射 α -射线的元素（例如镭）在一起可以用作中子源。

可能的应用范围 提出并探讨了用铍当作热核反应堆的减速材料。对铍所以有这样的兴趣，是因为它的原子量小，俘获热中子的有效截面小、散射热中子的有效截面较大。同理，铍当作核反应堆的反射器也是很有利的。铍还可以用作合金元素以及原子燃料棒用的镀料。

在这种用途方面虽然研究了使用其他材料（如碳化铍、氮化铍）的可能性，但是对金属铍和氧化铍仍给以很大的注意。