

冶 金 譯 叢

黑色冶金

第 3 輯

上海市金属学会黑色冶金編譯組編
上海市科学技术編譯館

冶 金 譯 丛
黑 色 冶 金

第 3 輯

上海市金属学会黑色冶金編譯組編

*

上海市科学技术編譯館出版

(上海南昌路59号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

商务印书館上海厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印張 5 3/8 字數 148,000

1962年5月第1版 1962年5月第1次印刷

印數 1-1,500

书 号 : 6011 · 31

定 价 : 1.15 元

(內 部 发 行)

目 录

1. 大口徑薄壁鋼管生产方法的选择.....(1)
2. 不銹鋼的热处理.....(6)
3. 电炉炉底鎂搗打料的性能(10)
4. 加热炉与热处理炉結構的发展远景(20)
5. 用高炉型熔渣使生鉄脫硫的动力学因素(31)
6. 耐温 1200°F 和耐压 5000 磅/平方吋的材料(37)
7. 高氮合金鋼(40)
8. 关于冶金工业廢料中钒和錳的利用問題(47)
9. 关于 Al 鎮靜鋼的低温性能.....(54)
10. 珠光体黑心可鍛鑄鉄的退火(58)
11. 热轧电机鋼板波浪形的消除(61)
12. 含硼高合金鋼各制无缝鋼管的生产工艺(63)
13. 森得米尔冷轧机的概要及其普及状况(75)
14. 最新高温測量技术及其有关問題(81)
15. 光亮退火保护气体的生产(95)
16. 耐热材料的精密鑄造.....(104)
17. 影响經弥散硬化的鎳鉻合金蠕变性能的一些結構因素.....(121)
18. 国外冶金点滴.....(132)

1. 真空熔炼有助于鑄造工作; 2. 真空炉的种类及其用途; 3. 改进可傾炉可有效地利用氧气并提高平炉的生产率; 4. X 光仪器能保証燒結物有更高的均匀性; 5. 用回轉炉炼鋼可减少廢鋼用量; 6. 殘余物少的鉄; 7. 燒結厂的数据記錄器有助于分析控制; 8. 一种具有三个好处的新不銹鋼; 9. 氧气-蒸汽轉炉改进了鋼的延展性; 10. 以氧气吹炼代替旧式平炉; 11. 燃气輪机叶片用的鑄造耐热高强合金。

76.2
115
3:2

一、大口徑薄壁鋼管 生产方法的选择

重型机械制造电炉鋼厂工程师 Верник, А. В.

大口徑薄壁鋼管生产方法的技术經濟分析表明了現代軋管机組(裝有周期式軋管机、延伸器和扩管器)在本质上要比电焊軋管机优越得多,这是由于电焊軋管机需用鋼板作为原料而成本昂貴的緣故。

現在制造直徑 600 毫米以上的薄壁鋼管主要是用薄鋼板焊接的方法。

重型机械制造电炉鋼厂与巴东电焊研究所合作,創造性地在 1954~1958 年間設計与制造了高效率的电焊軋管机。电焊軋管机安装在齐略宾軋管厂并操作得很成功。生产过程的高度自动化与机械化,优良的焊接設備和操作人員的熟练技巧,就能以相当低的費用,成批地生产质量达到要求的鋼管。

但是由于鋼板成本很高,无論用任何改进的設備与技术操作方法都不能使焊接管的成本与該厂在 30 年前所裝置的旧軋管机(裝有周期式軋管机)所生产的口徑 550 毫米无縫鋼管的成本相比,这可以从齐略宾軋管厂 1957 年的資料中看出:

管子		焊接的	无縫的
管的口徑	毫米	720	550
每吨管子的平均成本	卢布	1454	769
每公尺管子的平均成本	卢布	193	78
每吨管子的成本中包括:	卢布		
合金鋼板		1230	—
碳素鋼板		818	—
鋼錠		—	801
焊条		7	—
熔剂		52	—
金屬耗用系数		1.06(鋼板)	1.30
廢品率%		0.14	0.08



当然，随着钢板生产方法的不断改进，高效能的軋板机投入生产，鋼板成本可以降低，大口徑焊管也将会更合算些。

与此同时，产生一个问题——是否有可能改进无縫鋼管的生产方法，按新的工艺进行生产，采用新的設備結構，从而使技术上能生产大口徑（达 820 毫米甚至 1,020 毫米）薄壁（厚度相应地为 8~9 毫米及 10~11 毫米）的无縫鋼管，其成本要低于采用最完善的、世界上最著名的技术方法所制就的鋼板焊接的焊接管。

重型机械制造电炉鋼厂設計师在乌克兰鋼管科学研究所的研究員，新西伯利亚重型机床及水压机工厂、全苏金属焊接科学研究所、克拉馬托尔重型机床厂、全苏冶金、机械科学研究所以及許多其它企业及組織的设计师們的帮助和参与下，設計成装有周期式机床和扩管机的軋管机組，对以上这个问题作出了肯定的結論。

根据乌克兰鋼管科学研究所进行仔細的技术經濟指标分析，这种机組所制成的大口徑薄壁无縫鋼管，每吨成本是 481 卢布 82 戈比。

这个成本可以与焊接管的假定成本相比较，这种焊接管是在装备 3 座高炉（每座容积为 2.286 米³）及 8 座平炉（每座容量为 500 吨）年产 670 万吨鋼錠的工厂中，用年产 380 万吨的連續式軋板机及有相应生产能力的电焊鋼管車間，以最完善的方法制成的鋼板焊接而成的（这样設備的工厂目前还没有）。

在这样假設的工厂里，采用具有最先进技术和經濟参数的最新机組（这些机組实际在世界上尚未大規模地在生产中采用）时，預計生产出每噸的鋼板成本为 433 卢布，再用以制成的鋼管每噸成本为 515 卢布 65 戈比（表 1）。因此，在这种情况下，每噸大口徑的无縫鋼管将比焊接管便宜 33 卢布 83 戈比。

表 1 所示生产每噸无縫鋼管比焊接鋼管在金属耗用方面要少 145 公斤，劳动量要少 6.9%，单位投資額也大大地节減了（少 188 卢布 36 戈比，几乎达 30%）。

这說明了假使年产 70 万吨焊接鋼管要投資 455 百万卢布，而生产同样数量的无縫管只需 320 百万卢布，不但如此，要建造全套焊接鋼管的設備需要化費更长的时间。

表1 大口徑電焊鋼管(A)及無縫鋼管(B)最優的
技術經濟指標對比

指 標	A	B
金屬耗用係數 噸	1,405	1,260
單位投資額 每噸 盧布-戈比	644-98	456-62
單位勞動量 每噸 人-小時	3.32	3.09
管子成本 每噸 盧布-戈比	515-65	481-82

表2 年產70萬噸無縫鋼管或焊接管的基本
建設主要參數的比較

管型(括號內是厚度公差,毫米)	生產所必需的主要設備	設備重量(噸)	佔地面積(公尺 ²)	設備功率(瓩)
無縫鋼管(±1.0)	裝有週期式機床的軋管機組	17,000	56,000	26,000
焊接鋼管(±1.0~ -0.8)	板坯初軋機*	3,000	8,000	6,000
	2800厚板軋機	12,000	35,000	10,000**
	電焊管機(529~820毫米)	9,500	37,000	16,000
	合 計	24,500	80,000	32,000

注 * 板坯初軋機的年產量按1.5百萬噸計算。

** 指主傳動裝置。

表2比較了年產70萬噸口徑為710毫米(壁厚度10毫米)的無縫鋼管及焊接管所需的設備組成、設備重量、生產場地與設備功率。

統計是取自重型機械製造電爐鋼廠所設計的裝有週期式機組的軋管機組及電焊管機,而板坯初軋機及2800厚板機的統計取自技術文獻①。

國外實踐也提出了頗有意義的相應資料,按捷克“鄂奇尼”的設計有以下資料:

① А. П. Целиков и В. В. Смирнов, Прокатные станы, 1958.

管子	焊接的	无縫的
口徑(毫米)	529	508
管壁厚度(毫米)	7	9.2
每噸管子成本(克隆)	2600~2700	2070
其中: 金属成本(克隆)	1,400	—
每公尺管子的成本(克隆)	260	218

按意大利“因諾欽基”公司的資料,裝有周期式機組的(用B'表示)无縫管的成本也比焊接管(电弧焊 A)及裝有自动機組的无縫管(B)要低得多,下表內引用美国的指标数作分子,西欧国家的指标数作分母,单位:元。

管子	A	B'	B''
每噸成本(包括折旧)	$\frac{91.0}{99.8}$	$\frac{112.5}{122.0}$	$\frac{76.7}{80.3}$
成本中包括:			
金属成本	$\frac{82.2}{93.0}$	$\frac{90.0}{100.0}$	$\frac{55.0}{60.0}$
炼制成本(車間及工厂費用未摊在內)	$\frac{7.4}{5.1}$	$\frac{9.0}{7.0}$	$\frac{12.8}{10.5}$

由此可見,甚至在資本主义国家中鋼板成本最低的美国,大口徑的无縫管的成本也比焊接管要低。應該看到美国从前仅裝有一台周期式机床,而近年来又建造了一台,于是裝有二台機組。

因此,采用了現代軋管設備,生产大口徑的薄壁无縫鋼管的成本要比同样口徑的焊接管低得多。此外,又大量节省了貨源較緊張的鋼板。

要达到这样的效果,必須解决一系列技術問題,其中最重要的是:要制成壁差率(壁厚度不均)尽可能小的荒管,能生产薄壁管(壁厚度在外徑的1%以下),并能精整这些管子。

为此,重型机械制造电炉鋼工厂的軋鋼機機組包括了(与冶金設計院所規定的任务相符):使鋼錠均热的环形炉,具有6000吨压力能将鋼錠穿孔成壁差率最小的荒管的臥式穿孔压力机,具有能使荒管在减低壁差率的同时,又能延伸达2.75系数的特殊剛性結構的三軋穿孔延伸机。預先在周期式軋組上将荒管軋制成口徑約700毫米,壁厚度13.5毫米的管子,然后再将管子扩大,在裝有延伸机的三軋軋机上加工成口徑820毫米,壁厚度低于8毫米的管子。

建議用特殊扩管器的設備，把管子口徑扩大到1020毫米，在二种情況下，采取特殊措施，使管子在扩大前在流动气体中直接均热到 $1,150^{\circ}$ ，并使管子扩大后从机床上运送时保持已有的形状。

利用全苏冶金、机械科学技术研究所的閉口式孔型結構管子矯正机来精整口徑820毫米的管子。

將直徑485~950毫米的鋼錠軋制成口徑325~820毫米、壁厚度7~66毫米的管子时，机組由以下設備組成：加热环形炉、穿孔压力机、預热环形炉、延伸器、二个周期式压座、有阶梯級炉底的預热炉、二部均整机、7压座的定徑机、冷床、矯正机及压机；管子精軋設備（切边机、試驗机、鍍管机）；运输設備。

当然不能將其他用途及口徑不同的管子与这个大口徑鋼管的生产方法相比較。对那些管子來說，用焊接（电焊或炉焊）方法是更有效的。

在每一个別的情況下，必須慎重地进行技术經濟分析，以选择最有效而成本最低的管子生产方法。

管子机器制造工业的工艺技术家、設計师、研究人員以及其它工作人員应不断地改进管子生产設備，为爭取达到生产焊接鋼管或无缝鋼管最好的技术經濟指标而努力。

[樊誠譯自“Сталь”，9: 828~830(1960)，顧德驥校]

(上接第9頁)

最近在光亮热加工方面的进展为豎塔炉，是一种高而窄的裝置，能使不銹鋼帶在向下通过中退火，規定为 $1,260^{\circ}\text{C}$ 的加热室是用高純度氧化鋁为炉衬，并用鉬电阻元件加热。噴射冷却器能使炉温迅速冷却到室温。每小时只消耗1000~2000立方呎氩即能不断保持 -50°C 的露点。标准的生产炉子每小时能使6000~8000磅0.005~0.060吋厚、24吋寬的鋼帶退火。

[党剛譯自“Metal Treatment and Drop Forging”，Vol. 28,

186: 105~107(1961)]

二、不銹鋼的熱處理

(在一種氣氛中進行熱處理和燒結)

Ruediger, B. A.

如今由於採用適當的氣氛，能使不銹鋼經過退火、硬焊、燒結，並在某些情況下完全硬化，而不氧化或變色。既然這些保護的氣氛又能消除氧化的作用，那麼就不會產生銹的表面消耗，結果就不會損害材料的耐腐蝕性。由於不再需要清潔工作，加工費用有所減低，同時還消除了與酸沒有關的處理問題和安全問題。

需要乾燥的氣體

要求表面光亮，需要有氫、分解氨或真空。為了避免氧化，氣體必須是乾燥的，不論它是氫或是分解氨。就質的方面來說，露點必須低於合金中最活躍元素的金屬/金屬氧化物平衡。對於具有不止一種元素的不銹鋼等合金，其露點應低於純金屬。例如露點低於 -30°C ，則在 $1,090^{\circ}\text{C}$ 時純銻不會氧化，而304型*等鉻鎳不銹鋼的爐內露點最高為 -35°C 。事實上，對於所有不銹鋼的最好辦法是使爐內露點保持 -40°C 或更低。含有鈦或鋁或兩者都有的不銹鋼在這方面就有問題，尤其因為氣體進口露點一般不可能低於 -70°C 。那麼這些鋼似乎除了在真空中就不可能順利地進行光亮退火。

但並不完全如此，因為反應是需要時間的。試驗確實證明321型*不銹鋼在迅速加工時並不氧化。而且A-286（含鈦2%）和PH15-7鎳（含鋁0.75~1.5%）經過相似的热處理後也只表現出極微的變黃。不過在需要保溫時（例如厚的部分的燒結或熱處理），含鋁或鈦的不銹鋼應在真空中加工。

滲碳可能是一個問題

氫氣是碳的優良的載流氣體。可是滲碳有損於不銹鋼的耐腐蝕性，

工作装置和炉气不应带有碳的杂质。新近曾证实了不銹鋼在純氫中的易于渗碳。321型不銹鋼在含有200 p. p. m. ① 甲烷和200 p. p. m. CO, 露点为 -50°C 的氫中退火四小时, 不銹鋼的含碳量提高了两倍, 自0.04%升至0.12%。

304L和316L型等含碳量特低的鋼在热处理时, 应特别注意避免渗碳。根据用一种高純度的氫气气氛中(含有100 p. p. m. 甲烷、200 p. p. m. CO和20 p. p. m. CO_2)所进行的試驗, 发现304L型在露点低于 -45°C 时易于渗碳。既然材料在露点 -35°C 以上又要氧化, 則应在 $-35\sim-45^{\circ}\text{C}$ 的狭小露点范围内进行处理。

分解氨可能引起氮化

分解氨是75% 氫和25% 氮, 因其成本較低, 往往用来代替氫。但是还有些問題。因不銹鋼易于氮化, 所以热处理工作者必須肯定氨是充分分解的。分解气体中残余氨的含量应接近于平衡。

氨分解器进行操作的温度显然比退火或燒結温度低。因此即使在最适合的条件下, 进入气体中所含残余氨总嫌过多。結果最好是在分解的气体引入炉內以前先經過一种吸收剂(如合成沸石)。

• 温度是重要的

热处理和燒結用的温度以及保温時間并不是固定的。在退火試驗中, 千分之35吋徑鋼帶需要不到一秒钟的保温, 显然比普通操作所需要的時間短。因为 $1\frac{1}{8}$ 吋外徑的条材只經過几分钟的保温也能全部硬化, 似乎只需要保証达到正确的温度——大量碳化物、严重偏析或晶粒长大等因素除外。以前的冷作量也应考虑在內, 因为經過极度冷加工的奥氏体合金在較低温度下再結晶較快。

燒結要求邻近微粒間的金属原子扩散, 所以需要較长的時間, 建議采用較高的燒結温度, 因为这样比在同样长的時間, 較低温度下的产品延展性較好。

① 譯者按: p. p. m. 即百万分之一份。

其他两个因素

在一般实际操作中，通常使用一种潤滑剂(如硬脂酸、硬脂酸鋅或硬脂酸鎂)使不銹鋼緊實。尽管这些潤滑剂一般能增进湿态緊实块的密度并提高模子的寿命，还是有缺点的。硬脂酸盐系碳的化合物，按以上所述是不利的。鋰和鋅也有問題，因为它们要在炉內較冷的部分凝結。这就有必要經常把炉子弄干净。最好的办法是在燒結前在单独的设备里使这些潤滑剂燒掉或揮发。把它们分別燒掉或揮发还能在燒結期間减少裂縫，因为未經燒結的緊实块是应力消除的。

大部分奧氏体不銹鋼易有碳化物沉淀。鋼在760~480°C範圍內慢慢冷却或保持的时候出現。这激烈地降低材料的耐腐蝕性的現象，因此建議采用快速冷却。如今有了新的工业用炉，不銹鋼的光亮硬化是可能的。事实上，厚达1 $\frac{1}{8}$ 吋的鋼材(或外徑为1 $\frac{1}{8}$ 吋的管材)能完全硬化而不致氧化或有些微变色。無論如何，沉淀的碳化物并不妨碍成形。因而，工序間退火可以緩慢进行，只在最后退火后需要迅速冷却，以防止这种碳化物沉淀。

气体发生设备

可以购瓶装的或气柜車装的高純度氮，或用氮或天然煤气发生(达到99.999%純度)。在鉄或镍催化剂床上分解液体氮而产生气体的露点可为-50°C，残余氮含量則少于100 p. p. m.

如上所述，炉內的露点为-40°C或更低，以保証光亮工作。为了保持这样低的露点，进入的气体必須更干燥一些，宁可在-60°C到-70°C之間。为了防止氮化的可能性，分解的氮的残余氮含量应当是最低的。

要除去水份和残余氮，可用蓄热式干燥器——有效剂是活性氧化鋁或分子篩隔吸收剂；后一种吸收剂較好，因为它具有較低的露点。为了取得最佳效果，建議采用再催化的“放气”^①系統。用了这种设备，氮和分解的氮的出口露点約为70°C，而残余氮的含量則自500降至5 p. p. m.或

^① 加热通常能再催化吸收剂。在放气系統中，也有一些气体要通过飽和的吸收剂。

更少。

需要使大量气体干燥时，用分离床干燥器则在经济上更为有利。分离床装置兼有活性氧化铝和分子筛隔吸收剂；前一种吸收剂除去大部分水份，而后一种则完成了最后的干燥作用。

干燥器还能除去甲烷、 CO_2 和 CO 等碳化物的杂质。不过当合成沸石水份饱和时就会使这气体通过。因此，如有这些污物存在时，宁可采用过大的干燥器。

炉子是多样化的

这种设备能进行成批的和连续的两种光亮热处理生产。虽可用钟形炉、臥式网眼带炉和輥式床炉，但普通用的是箱式炉、駝峰型网眼带炉和推式炉。

箱式炉所用炉衬为高纯度耐火材料（与氢或分解的氮全然不起作用），能在 $1,760^\circ\text{C}$ 内进行操作。在 $1,150^\circ\text{C}$ 以上操作的高温炉含有钨电阻元件。水套室提供了均匀而迅速的冷却。虽有各种不同尺寸的炉子，而最普遍的是 24 吋宽、8 吋高的炉门口。现在有很多这一类的炉子正应用涡轮吊斗、刀具和其他小部件的光亮退火等。

駝峰型炉子包含有倾斜装料室、臥式加热室和冷却室，以及向下倾斜的冷却室。这些部件在合金带带上移动通过炉子。在 1200°C 以内操作的炉子现已有了。

这种炉子便于装料和卸料，并有很高的生产能量。而且在駝峰型装置中所用气体较少，这是由于倾斜装置室和向下倾斜冷却室内有比空气轻的氢的“自封”作用。

推进炉是臥式的装置。加热室与冷却室构造与箱式炉相似，能在 $1,760^\circ\text{C}$ 操作。工件置于盘上相继输送通过炉子，炉子在这方面是连续式的。

推进炉用于烧结是很好的，因为它比网眼带炉或其他连续式炉子采用更高的温度。在一般烧结操作中，工件通过清洁室进入炉内，并经过单独的挥发、烧结和冷却部分。最后，冷却的工件通过清洁室移出炉子。

（下接第 5 页）

三、电炉炉底鎂搗打料的性能

Пирогов, А. А. 等

(乌克兰耐火材料科学研究所)

苏联的电冶金业中采用碳质粘合剂(瀝青、焦油)的鎂质泥料作为电弧炼鋼炉搗打炉底,同时也有采用水玻璃粘合剂的。泥料是用含少量粉状的金属鎂粉制成。

国外采用含有碱金属盐的搗打料作为电熔炼炉的炉底。

因为采用无碳质料可毋需加热,并能消除有害气体的析出,因而简化了搗打炉底的操作。

本文援引了乌克兰耐火材料研究所的作者們研究水粘合剂的鎂搗打料的特性及其选择所得的結論。

实验室研究 試驗料是用鉄鎂石(在回轉窑里补加氧化鉄皮而培燒过的 саткинский 鎂石制成)及冶炼鎂石制成(表1)。

表1 鎂石化学成分(%)

鎂石	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	II. II. II.
冶金鎂石	2.48	0.92	1.00	0.40	2.85	91.75	0.74
鉄鎂石	2.90	1.02	6.66	未确定	3.16	86.84	无

将部分鎂砂放在球磨机中加以磨細,以获取含有足够数量粉状料。

采用水玻璃(30% SiO₂及14% 碱)、块状硅酸盐(~71% SiO₂及23% 碱)、氯化鎂、亚硫酸盐酒精廢液及作对比用的精制焦油(以70% 炼焦油瀝青、30% 葱油組成)作为粘合补加物。

制造搗打料的原料及补加物列于表2,粒度組成列于表3,用水粘合剂的泥料水分达4~5%。

用水粘合剂的試驗料在600公斤/厘米²的压力下压制成直徑及高度均为36毫米的圓柱形,及直徑为50毫米、厚度20毫米的磚块,試样先在

表2 制备試驗搗打料的原料

料 号	主要原料	粘 合 补 加 物*	%
HM-1	鉄 鎂 石 < 5 毫 米	水 玻 璃	6.5
HM-2	同 上	块 状 硅 酸 盐	3.0
HM-3	同 上	亚 硫 酸 盐 酒 精 廢 液	1.0
HM-4	同 上	氧 化 鎂	0.8
M-1	鉄 鎂 石 < 2 毫 米	水 玻 璃	6.5
M-3	同 上	亚 硫 酸 盐 酒 精 廢 液	1.0
HP-3	冶 金 鎂 石 < 5 毫 米	同 上	1.0
HP-5	同 上	精 制 焦 油	5.0

* 亚硫酸盐酒精廢液含量按干重, 氯化鎂含量按 $MgCl_2$

表3 試驗搗打料粒度組成

料 号	顆 粒 度, 毫 米, %				
	5~2	2~0.5	0.5~0.2	0.2~0.06	<0.06
HM-1, HM-2, HM-3, HM-4	31.9	17.6	17.0	15.8	17.7
M-1, M-3	—	50.0	15.0	16.3	18.7
HP-3, HP-5	27.2	16.6	16.0	16.2	24.0

烘箱中以 $110^{\circ}C$ 的温度烘干, 并分別在 800、1,100、1,350 及 1,500 $^{\circ}C$ 下焙燒 6 个小时。

研究下列因素对泥料性质的影响: 粘 合 补 加 物、压 紧 程 度、焙 燒 时 介 质的性质, 搗 打 时 顆 粒 组 份 的 变 化、单 面 加 热。

粘 合 补 加 物 从表 4 可以看出, 在 $110^{\circ}C$ 烘干后添加水玻璃的試样具有最高的强度(410~440 公斤/厘米²)。块状硅酸盐即使經過細磨, 但由于焙燒前其試样的强度不大(110 公斤/厘米²), 在干燥过程中也显不出足够的粘 合 性 能。用亚硫酸盐酒精廢液制成的粘 合 剂 試 样, 其强度波动于 90~170 公斤/厘米² 之間。

表4 試料性能

焙燒溫度 °C	試				樣			
	HM-1	HM-2	HM-3	HM-4	M-1	M-3	III-3	III-5
線收縮, %								
1,500	3.1	3.2	3.0	2.6	2.3	2.5	2.5	2.3
顯氣孔率, %								
110	20.4	21.8	20.0	18.3	21.7	19.8	23.9	未確定
800	23.0	23.4	22.4	22.8	24.5	22.1	—	—
1,100	23.0	—	22.7	24.2	23.4	21.7	27.3	31.0
1,350	21.0	23.7	23.0	23.5	23.0	21.8	—	—
1,500	15.1	16.4	15.5	17.0	19.6	14.0	20.3	25.7
受壓時強度極限 公斤/厘米 ²								
110	440	110	170	240	410	140	90	120
800	420	160	50	90	430	60	—	—
1,100	350	230	100	80	480	120	140	90
1,350	250	250	190	220	350	240	—	—
1,500	530	510	610	540	640	930	380	180

在室溫下氯化鎂增加了鎂石料的硬化能力，這就確定了試樣具有較高的強度(240 公斤/厘米²)。

鐵鎂砂做成的試驗料加熱到 800°C 時，發現在硫酸鹽酒精廢液及 MgCl₂ 試樣的強度急劇地降低；在添加水玻璃時，試樣保持較高的強度(420~430 公斤/厘米²)。試樣焙燒到 1,350°C 時，發現這種類型泥料的強度降低到最大值。

用補加塊狀硅酸鹽料所做成的試樣從 500°C 逐漸加熱到 1,500°C 時，強度逐漸增大。用煤焦油粘合劑的泥料焙燒到 1,100~1,500°C 後，由於粘合劑燒壞，試樣氣孔率增高，因此其機械性能的指標最低。

在焙燒到 800~1,350°C 時，不論粘合補加物的性質，所有的試料都具有氣孔率增高的特征。

鐵鎂砂料在焙燒到 1,500°C 時，燒結要比冶金鎂砂料好得多。在

1,100~1,500°C 范圍中, 鉄鎂砂料試样的显气孔率从 23~24 降低到 15~17%。

在 1,500°C 时, 用水粘合剂的試样的綫收縮波动于 2.5~3.2%。

將鉄鎂砂料处于 1,500°C 下, 焙燒時間从 6 小时延长到 15 小时, 能使粗粒料 (~2.5%) 試样的气孔率降低, 而对細粒料試样的气孔率却没有影响。

在 1,500°C 时用焦油粘合剂的泥料燒結得并不好, 試样显气孔率为 25.7%, 压制时强度极限为 180 公斤/厘米²。

以冶金鎂砂(HII-3 及 HII-5)为主的泥料所制成的未培燒試样, 露天保存时会膨脹和破裂, 这是由于原料粉末中含有游离石灰的水合作用。

顆粒度小于 2 毫米、不含游离石灰的鉄鎂砂料試样能很好地长期保存于露天下。

采用脫水焦油代替含水粘合剂, 其結合速度要緩慢些, 但仍不能免除大气水分影响下的游离氧化鈣的水合作用过程。

因此, 为了避免水合作用的有害后果, 采用高度培燒过的、不含游离石灰的鎂砂作搗打炉底是适宜的。

亚硫酸盐酒精廢液能阻止鎂砂料水合作用的进行, 因此用它来作为粘合补加物, 对搗打炉底的使用寿命必定会起着良好的作用, 特别是当炉底烘干和培燒时。

粘合补加物对搗打料的热膨脹是有影响的(图 1)。

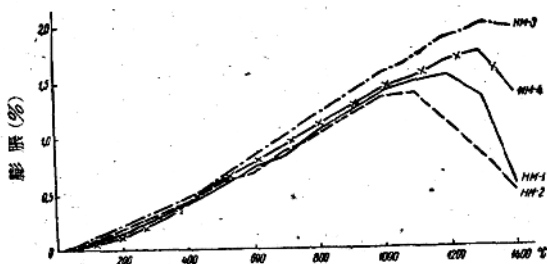


图 1 用各种粘合剂的含鉄鎂砂搗打料的热膨脹(%)

所有的試驗料不論何種粘補加物，當加熱到 $1,000^{\circ}\text{C}$ 時，都具有同樣性質的熱膨脹。含硅酸鈉的泥料在 $1,100\sim 1,200^{\circ}\text{C}$ 時發生收縮，以抵補熱膨脹的值。

用亞硫酸鹽酒精廢液製成粘劑的泥料，其最大的膨脹值測定為 1.96% 。

泥料的緊壓 用塊狀硅酸鹽 (HM-2) 及亞硫酸鹽酒精廢液 (HM-3) 做粘劑的鐵鎂砂的試樣做緊壓影響的試驗，試樣在 $200, 400$ 及 600 公斤/厘米² 的壓力下，壓型處在 $1,500^{\circ}\text{C}$ 下保溫 6 個小時。

由此可以確定，當泥料燒結緊壓小的時候，培燒試樣的物理熱指標同時也變差了(表 5)。

表 5 壓型壓力對試樣性質的影響

指 標	HM-2 料			HM-3 料		
	壓型壓力, 公斤/厘米 ²					
	200	400	600	200	400	600
線收縮率, %	3.7	3.1	3.2	3.0	2.4	3.0
顯氣孔率, %	21.3	19.8	16.4	20.6	17.9	16.5
比重, 克/厘米 ³	2.77	2.83	2.95	2.90	2.92	2.99
壓縮時的強度極限 公斤/厘米 ²	320	370	510	270	440	610

介質的性質 在還原性介質中培燒鎂質耐火材料時會發生鎂鐵礦的還原及形式鎂富氏體，當然，隨之而來的是體積的改變，並促使素坯結構鬆散。這個因素對還原性介質中的搗打料的壽命(例如在電熔煉爐中)具有很大的意義。

為了檢查氣體介質對泥料特性的影響，進行了試樣的對照培燒，在 $1,100^{\circ}\text{C}$ 的條件下在氧化介質及強還原介質(焦炭填料)中保溫 24 小時。

在還原性介質中培燒溫度為 $1,100^{\circ}\text{C}$ 時，發現用各種粘劑泥料製成的試樣均有些鬆散，這使它們的氣孔率增高，強度降低(表 6)。