

精密鑄造法新成就

Б. А. 阿列克謝也夫

И. С. 彼 尔 兴

科学出版社

36440

精密鑄造法新成就

Б. А. Алексеев И. С. Першин 著

中国科学院机械电机研究所精密鑄造組譯

科 学 出 版 社

1957

目 录

引言.....	1
压模的设计与制造.....	4
制造蜡模	10
涂复耐火涂料	11
溶化蜡模	27
模壳的干燥及焙烧	30
浇注	33
結論	36

引 言

第十九次党代表大会的決議：摆在我国当前的任务是尽量在生产上运用技术上的成就、提高劳动生产率和厉行节约。这些決議責成我們工業部門的工作人員，在工作中要加倍努力来改进生产过程、节约材料和改善劳动条件。

节约金屬和提高劳动生产率的巨大潛力，可以在改进生产技术方面表现出来。应用先进的工艺方法，可以从同样的金屬和同样的設備制造出比現在多得多的产品。

用鍛造方法制造零件时，有50~90%的金屬变成切屑，浪费了机床設備的工作时间。

广泛地应用鑄造方法，將显著地减少金屬的消耗和繁重的机械加工。

但是，鑄造生产本身也是最困难和最繁重的生产过程，因此改善它就在国民經济上具有巨大的意义。

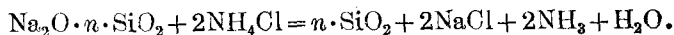
熔模精密鑄造法屬於最完善的鑄造过程。用精密鑄造方法可以鑄出任何形狀的零件。大部分零件的表面是不留机械加工余量的，只是在尺寸和精度方面要求較高的个别零件表面上留有極小的加工余量。精密鑄造鑄件的表面光潔度一般相当於5級，而其尺寸精确度一般相当於4—5級。因此精密鑄造保證了在最小机械加工工作量的条件下消耗最少量的金屬，並且可以使我們直接由液态金屬鑄出不用机械加工的鑄件，接近了理想的程度。

大家都知道，熔模精密鑄造法在現在已获得广泛的应用，在技术書籍上已有很多的說明。它是基於矽酸乙脂和乙烷酒精發生水解时具有析出膠体二氧化矽的特性，在各層塗料的干燥过程中將蜡模上的耐火塗料中的石英砂粒粘結成为一个整体。在蜡模上塗上一層層的糊狀耐火塗料，耐火塗料層的層数为三層到五層，層数

的多寡決定於蜡模的尺寸和形狀。

但是由於目前原材料的昂貴和稀少，限制了精密鑄造的应用範圍，所以不得不繼續研究寻找成分更穩定而制造成本更低廉的材料。

由於烏拉尔机械制造厂長期研究的結果，在 1951 年已經完成並且在生产上已运用了新的精密鑄造工艺方法。其原理和矽酸乙脂法大致相同，系以廉价的鹼性水玻璃和水来代替昂貴而稀少的矽酸乙脂和乙烷酒精。在这新方法中，水玻璃仅被利用作为从其中取得膠体二氧化矽的原材料。这种方法的原理是建立在塗到蜡模上的耐火塗料中的水玻璃的化学分解上，其主要反应如下：



將塗过耐火塗料的蜡模，浸入 20% 的氯化銨水溶液或者硝酸銨水溶液中，以得到上述的反应。耐火塗料中的水玻璃和氯化銨起化学反应，几乎在瞬間就解析出膠体二氧化矽，紧紧地將耐火塗料中的石英粉和石英砂顆粒粘結成为一个整体。应用这种新的工艺方法，並不需要改变通常所用的蜡模成分。因为粘結耐火塗料中石英粉与石英砂顆粒的仍然是膠体二氧化矽，它和矽酸乙脂法是相同的。

用自由澆注法將液态蜡料，或用压力將膏狀蜡料注入金屬压模內，就得到蜡模。小的蜡模用焊接方法把它焊到总的蜡質澆鑄系統上，在整套的蜡模组或者單个的大蜡模上塗上耐火塗料。塗耐火塗料时需要两个容槽，一个盛裝耐火塗料，即由石英粉和特殊配制的水玻璃所組成的糊狀物質；另一个裝硬化剂，即 20% 氯化銨水溶液。將蜡模浸入第一个容槽內，結果在其表面上將掛上一耐火塗料薄層，取出蜡模，在槽上稍停留一下，直到糊狀塗料不再流下为止。然后向蜡模的耐火塗料層上撒石英砂，以巩固模壳層和改善模壳層的通气性。將撒上石英砂的蜡模浸漬到盛有硬化剂（20% 氯化銨水溶液）的槽內停数分鐘。由於硬化剂的作用，从水

玻璃中析出膠体二氧化矽，結果將石英粉和石英砂顆粒粘結成爲一個堅固的整體。每層耐火塗料在硬化劑里反應之後，在空氣中停放5~10分鐘之後再重複幾次上述的過程，直到在蠟模上的耐火塗料層達到要求的厚度爲止。

在液體介質中溶化蠟模達到由耐火模殼中除掉蠟模的目的。溶化的方法是：在80~85°C含1~1.5%氯化銨的熱的水溶液槽中溶化。將塗耐火塗料並經硬化反應的蠟模放到用鉛絲做成的筐中浸入到槽內。溶化了的蠟料便漂浮到水槽的上面，可把它取出重新利用，直到蠟料一點也不再漂浮起來時，從水槽內取出模殼，然後用水沖洗，最後進行乾燥。

模殼在150~180°C的乾燥箱中乾燥2小時，驅除其中的水分和殘余在蠟料中易於揮發的物質。

乾燥過的模殼放在800~850°C的電爐中焙燒2小時。裝爐溫度爲500~600°C，加熱速度爲每小時100°C。焙燒過的模殼在600~700°C時出爐。

在澆注之前，將焙燒過的模殼放到金屬砂箱中，爲了防止金屬沖壞模殼，在箱中裝以粗粒的石英砂。以後的工序就是澆注、打箱、清理和精磨等一些大家所知道的过程。應當補充一點，如果沒有粘砂現象，清理鑄件只要噴砂即可。

這種用模殼的新的精密鑄造方法較之矽酸乙脂法具有下列的優點：

(1) 生產週期縮短了四分之三。

(2) 用比較便宜的水玻璃和水代替了稀少而且昂貴的矽酸乙脂和酒精。

(3) 工作地所佔面積至少縮小了二分之一，這是由於取消了各層耐火塗料層的乾燥過程，減少了熔出蠟模工作所佔的面積，並且大大地減少了乾燥用的電爐。

(4) 由於能夠更有效的利用電熱爐的容積和縮短了焙燒模殼

的週期，使電能的消耗減少了三分之二。

(5) 減輕了工作條件。

新方法的國民經濟意義在於：這種精密鑄造能夠在任何的機械工廠中組織運用，既不需要很大的投資也不需要稀少的材料。

壓模的設計與製造

在設計蜡模用的壓模過程中，應解決下列主要問題。

1) 蜡模應當具有和鑄件相符合的幾何形狀，而且在決定模尺寸時必須考慮到以後用金屬澆注時鑄型的收縮。

2) 壓模的尺寸應當考慮到蜡料充滿壓模時的收縮。

3) 應當保證蜡模的表面光潔度，並且容易由壓模中取出。

4) 在提高工作效率的條件下，壓模應當容易安裝和拆開。

5) 壓模的結構應當符合於加工工艺。

收縮量主要與擬鑄鑄件的金属性能和所採用的蜡模材料的性能有關。在精密鑄造時，各種不同金属的收縮量和在一般鑄造時是相類似的。因此可以採用一般鑄造生產的數據。不同成分的蜡模材料的收縮，以試驗的方法來確定之。蜡模材料的收縮不僅有關於其性能，而且與注制蜡模的方法也有關。在自由澆注時，收縮量較大，在壓注時就比較小。因此在着手設計壓模之前，必須先決定蜡模澆注的方法。

但是蜡模的形狀和尺寸對於收縮都有影響，這樣，試注的鑄件的尺寸實際上就不可能很精確。因此，在得到試注鑄件之後，根據測量得到鑄件尺寸不合之處，應當再將壓模尺寸加以修改。壓模的修改以及最後尺寸修改的可能性都應當在設計時考慮到。試制鑄件上的孔及凹入部分的尺寸應當較大於圖紙上的要求，外部的尺寸應當較小於圖紙上的要求。這樣規定尺寸是為了避免壓模報廢重新製造壓模。在修正尺寸時只要將壓模的內腔搪一下或者去掉一些就可以，構成蜡模的孔穴和槽的所有壓模的銷子和凸

緣部分也可以車掉一些或者由鉗工加以修改。

蜡模的表面光潔度具有重要的意义，它不仅使蜡模易於从压模中取出来，而且保証鑄件的表面光潔度。

蜡模的表面光潔度不仅取決於压模的表面光潔度，而且与压模的材料也有关。經試驗証明：应当用导热性能良好的材料制做压模，这样的压模可以使蜡模很快地冷却，避免产生鑄造缺陷，保証蜡模表面更为光潔。用矽鋁銘或杜拉鋁制造压模，所鑄出蜡模的質量最好。高錫的巴比特合金也能保証極高的蜡模質量。但由於价格較貴，只能在非常必要的情况下用在形狀复杂而尺寸又不大的压模制造上。在結構上，压模应做得易於分型，以便从压模中取出蜡模时不至於损坏蜡模和不太費力。此外，压模分型面应严密，在自由澆注或压力鑄造时，都不应有蜡料从压模中漏出。因此压模的分型面應該做成銷扣阶台式的。压模的結構应当按裝簡單，易於擦洗有凹角之处，在按裝时个别部件能够自动互相对准中心。

如果蜡模的結構並不复杂，則用机械加工的方法制造压模。假如蜡模的尺寸不大而結構复杂时，則用鋼制标准模型澆注巴比特合金的方法鑄造压模。如果由於蜡模尺寸和結構的限制，既不能用机械加工方法制造压模，又不能用簡單的鑄造方法来制造压模，則可用鑄造与机械加工相配合的复合方法制造压模。因此在設計压模时应当全面地考虑到其加工方法及加工性。

蕨花鑽是每一个机械制造者都很熟習的，对它的形狀也相当習慣。似乎並不很复杂，但是設計及制造蕨花鑽蜡模的金屬压模时就有相当大的困难。

制造一个內腔符合於蕨花鑽形狀的套筒是相当困难的，这样就有必要制造一个非常复杂的螺紋插刀或者拉刀，实际上几乎是不能实现。即使能制成这样的套筒，由其中取出蜡模时也不可能沿螺旋線扭出来。制造沿軸線分型的压模也是不成的，因为鑽头本身的形狀不允許在分开这样的压模时不损坏蜡模。

經過几个月的不断努力探討与試驗之后，將這個問題已經很好地解决了。蕨花鑽壓模的結構是一个內腔精确地符合於蕨花鑽頭型狀的套筒。但此套筒並不是一個整體，它可以分开，並且这四塊可分开的部件是等距离的，其螺旋方向与鑽頭螺旋方向完全一致。这四塊可分开的螺旋部件的一端被底座所套住，而另一端被作为蜡模冒口部分的套筒所套住（如图1）。但此四塊螺旋部件不能用机械加工方法做出，因为在現代工業中还没有这种成形加工設備。

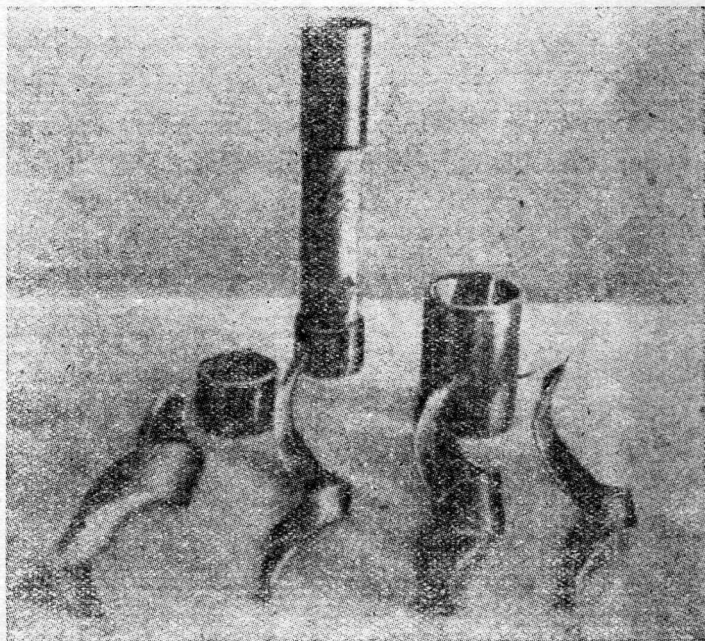


圖 1. 蕨花鑽頭壓模的零件

这四塊螺旋部件的制造問題可以用“仿型”鑄造方法解决。用一套普通的設備就可以做出壓模，並無任何困难，而且花費的劳动最少。这一方法的實實在於設計鑽頭模型来代替壓模。鑽頭模型在直徑和鑽尖心处都具有預先考慮到的蜡模和鑄件的收縮余量。

此外,模型鑽头外徑及鑽刃背面具有同样的直的錐度,以替代相反的錐度,同时設計輔助裝置如圖 2: 1 为兩开的套管,2 为两个固定圓环,3 为定心套筒,將做好的鑽头模型 4 裝在兩开的套管 1 中,如圖 2 所示,然后澆注矽鋁銘。冷却后,取下固定环 2,分开套管 1,將矽鋁銘鑄件連同其中的鋼鑽头模型一併拿出。

然后在車床上小心地切掉矽鋁銘的冒口部分,車削露出鑽头的頂心和鑽头上 118° 的工作端,为了下一步在銑床上加工方便起見,在露出的模型頂端上进行准确的划線,然后把帶有鑽头模型的鑄件放到臥式銑床上,將矽鋁銘合金的鑄件銑出两个螺旋槽,这两个螺旋槽位於鑽头模型之鑽刃背面上。銑螺旋槽时

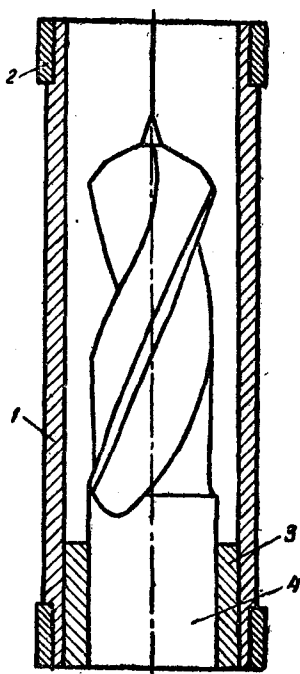


圖2. 麻花鑽头压模的輔助裝置

所使用的齒輪和銑鑽头模型螺旋槽所使用的齒輪是一样的,即銑出的螺旋槽的螺旋線和鑽头模型的螺旋应完全符合。此工作应小心地进行,切銑槽的深度应达到鑽头模型的背面,而不損坏鑽头,槽的切割寬度应略等於鑽头模型背寬的四分之三。矽鋁銘鑄件銑切后,就成为两个部分,以这两个部分構成將來压模的主螺旋槽。

將帶有兩個矽鋁銘螺旋的鑽头模型送給鉗工加工,以便取下螺旋塊,並修整分型面。如果不能將整个的矽鋁銘螺旋鑄件由鑽头模型上取下来,那末取下這兩片矽鋁銘螺旋还並不太困难。可以朝向鑽头的頂端,沿着螺旋的方向,輕輕的搞下来。由於鑽头模型的弧面、背面及刃边等处都有斜梢,所以取下来还很容易。螺旋

壓模取下來之後，檢查其內壁面的鑄造質量，如果鑄造的疵病較少，則清理分型面，但不應損壞其內側之螺旋。如果取下來以後發現有很多無法消除的缺陷，則重新鑄造。

已清理或研磨好了的螺旋壓模再重新沿着鑽頭模型的螺旋槽擰緊，然後再套上套筒，進行第二次砂鋁鎂的澆注。當第二次澆注砂鋁鎂時，只是灌滿上次被切削去的螺旋槽部分。它不會和以前所鑄造的那兩個砂鋁合金的螺旋面焊接起來，因為第二次澆鑄砂鋁鎂的量非常少。

待合金冷卻後，把鑄件和鑽頭模型一同從套筒中取出，送給車工加工。當加工時，應當小心地切去第二次鑄造螺旋鑄出的冒口部分。第二次鑄出的螺旋和冒口切開以後，細心地沿着螺旋線將其拿出，然後查看鑄造的質量，如果沒有毛病時，就着手清理表面及分型面。然後把它們重新扭到鑽頭模型上，在外部精確地套上一個套子，再在它兩個頂端的外圓上車上止口，以便安裝壓模的底座和冒口套。用機械加工的方法做壓模的底座和冒口套極為簡單，就不再說了。

為了安裝時不致弄錯位置，螺旋壓模最後應打上順序號碼。螺旋壓模按着螺旋線扭轉，可以很容易地從鑽頭模型上取下來，裝上底座及冒口部分，便組成了一個在製造上並不複雜，使用上又很方便的螺旋鑽頭壓模。最後往壓模中澆注蜡料，製造一個鑽頭蜡模來檢查壓模是否好用。

可按下述順序由壓模中取出蜡模：首先取下壓模的底座，然後朝着蜡模頂端方向小心地、一個一個地扭出第二次鑄出的螺旋，它們沿着基本螺旋壓模的螺旋分型面運動着，所以並不損壞蜡模。隨後同樣地扭出基本螺旋壓模，它們彼此之間沒有關聯，當扭出時，它們之間不發生任何干涉。

拆開和拿出蜡模以後，細心地擦去遺留下的蜡料，再重新裝上壓模準備第二次澆注。裝卸壓模以及取出和修整蜡模需時 3—4

分鐘。

由此可見，用“仿型”鑄造的方法可以很容易做出形狀極為复杂的鑽頭、插刀以及其他形狀复杂的切削工具的压模。

如果整个形狀並不复杂，而是个别部分形狀复杂，則适于用巴比特合金澆鑄压模。例如：制造模数小的傘齒輪压模（如图 3），就是用机械加工和用巴比特合金鑄出底座 2 的方法制造的。用压模的骨幹 1 和傘齒輪的模型鑄出巴比特合金的底座 2。傘齒輪的模型是插在制造蜡模用的压模骨幹部分 1 之型腔內的。

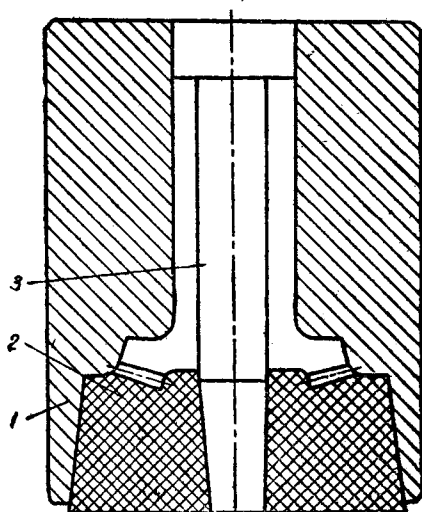


圖 3. 傘齒輪压模

將芯子 3 插在中間，在压模骨幹部分 1 的型腔內澆入巴比特合金以鑄出底座 2。压模冷却后，拆开压模，取出傘齒輪模型，重新裝好，車平底座 2 和压模骨幹部分 1 及芯子 3。

上述手續做完后，压模即可供使用。

形狀不复杂的零件或工具的压模应当用机械来加工，並精磨其表面，以保証得到的蜡模表面很光潔。

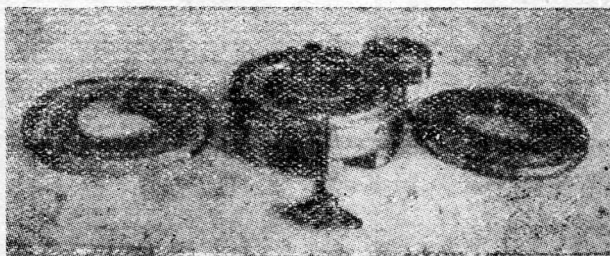


圖 4. 棘輪壓模

圖 4 所示就是一个例子,它是棘輪的壓模。

制 造 蜡 模

制造蜡模所使用的材料是 ГОСТ 784-42 工業用石蜡和 OCT НКПП 517 工業用硬脂酸的混合物。大部分零件用等重量的石蜡、硬脂酸混合物。个别零件、特别重要的零件,可以采用加有松香、地蜡或 Головакс 的混合物。

清除石蜡和硬脂酸中的污垢,經秤量之后,在干淨的容器中使其熔化。熔化时应加热到 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$,並使污垢沉淀到容器底部,然后就可以用来澆注蜡模。如果拟定用压注法澆注蜡模,則將已清理好的蜡料放到双層的金屬槽中,兩壁之間裝有水,經常加热,温度保持在 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ 範圍內。这样可以使槽內的糊狀蜡料温度保持在 $42\sim 45^{\circ}\text{C}$ 的範圍內。必須指出,压注蜡模的生产率大於自由澆注法,因此凡是具有这种生产能力的工厂都应当採用压注法。

金屬压模的准备工作在於小心地清除其中殘留的蜡料。清理压模用木刮刀刮,用紗布蘸变压器油擰干后擦压模。不易擦淨的地方,則用紗布蘸四氯化碳擦洗之。四氯化碳易於溶解蜡料。但是,用四氯化碳擦洗之后,压模还必须再用干的紗布从新擦淨,然后再用蘸变压器油並擰干后的紗布擦一下。

自由澆注法是用液态蜡料通过虹吸管注入擦好的压模。澆注

溫度在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 範圍,大件為 70°C ,小件為 80°C 。玻璃虹吸管是具有不同長度和不同斷面的管狀漏斗。應用虹吸管是為了避免產生氣泡。為了避免蠟模的收縮,應向澆口或冒口中澆滿熱的蠟料。進行澆注之後,用刀片割掉蠟模上部已凝固的表皮,然後再定期的補澆,一直到不收縮為止。當蠟模在壓模中充分冷卻完了時再打開壓模,取出蠟模,檢查外形是否有收縮孔和機械的傷痕。

壓注法製作蠟模是往壓模里壓入糊狀蠟料,其準備工作和自由澆注法相同,所不同之點,就是把它放到壓力機上加壓。首先將糊狀蠟料灌滿於注射器內,再借壓力機或手動把蠟料壓入壓模內(手壓用以壓注重量不超過 100 克的蠟模)。加壓時間的長短,要看蠟模尺寸的大小,其範圍是一分鐘到十分鐘,然後打開壓模,準備下一次的澆注。

為了便於以後工序的進行,在單個澆注的蠟模的澆口端上,或者在蠟模組的澆口棒上,插入帶有大的梯形絲扣的金屬棒。當向蠟模上塗掛耐火塗料時,可以做為把手用。壓注蠟模時,剛一由壓模中取出蠟模,立即就把金屬棒插到澆口棒里。自由澆注蠟模時,當壓模中的蠟料刚开始凝固的瞬間把金屬棒插入澆口內。

蠟模的修理可用刀片除去毛翅和焊補小的缺陷。用由 220 伏變到 36 伏的小型變壓器供電的電烙鐵修理蠟模。小的蠟模也同樣用它來焊到一個总的蠟質的澆鑄系統上,組成一個蠟模組供造型澆注用。

了解工藝過程中所應用的材料的相互作用對於有成效地進行精密鑄造生產是有很大意義的。必須考慮到石蠟是飽和的碳化氫,它在化學上是中性,而硬脂酸和松香則是有機酸,它們和鹼性耐火塗料起化學反應。這種情況在以後的工序中必須加以考慮。

塗 復 耐 火 塗 料

向蠟模上塗復耐火塗料,是精密鑄造基本的、也是極為重要的

工序之一。耐火塗料，以及濕的、干的、焙燒過的模殼的質量，基本上取決於在每層耐火塗料層硬化過程中，從水玻璃中析出的膠體二氧化矽的數量。因此，處理水玻璃的化學技術過程、含矽石粉水玻璃塗料，以及蠟模溶化、烘干和焙燒之後的模殼，在每一輪班的工作中都必須進行定期的檢驗一二次。硬化劑在反應過程中其化學成分發生改變，因此也需要經常的檢驗。塗復耐火塗料的工藝過程與化學反應有密切聯繫。整個的檢驗過程是在於檢查這些主要的反應過程。

塗復耐火塗料的工藝過程，可歸納為下列幾個基本工序：

1. 準備塗料用的原材料。
2. 配制含有矽石粉的水玻璃塗料。
3. 向蠟模上塗復塗料，並硬化每一塗復層。

1. 耐火塗料的原材料

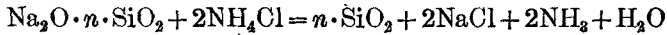
耐火塗料的原材料是：矽石粉，水玻璃，撒佈用的石英砂，及氯化銨。

矽石粉的化學成分應當符合下列條件：

	含量 %
SiO_2	不小於 95
Al_2O_3	不大於 4
CaO	不大於 0.5
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	不大於 0.4

矽石粉放在不生銹的盤內於 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 溫度下干燥 4 小時，然後通過 40 號篩子，篩分其細的部分；篩下來的矽石粉，再把其中的粘土及有機物洗去。一般以 $\frac{1}{3}$ 的矽石粉用 $\frac{2}{3}$ 的水洗滌二次就可以。每次洗滌時應讓矽石粉在水中停留 $1.5 \sim 2$ 小時，以使矽石粉沉淀。洗淨的矽石粉在 $200 \sim 250^\circ\text{C}$ 的溫度下干燥 4 小時，然後根據對鑄件表面光潔度的要求，用 100~270 號篩子篩分。如果技術條件許可的話，建議矽石粉在 $800 \sim 900^\circ\text{C}$ 溫度下焙燒，以便提高

其質量。水玻璃被用作为取得膠体二氧化矽的泉源，这膠体二氧化矽是在每一層耐火塗料中析出的，其化学反应过程如下：



在硬化剂的作用之下，水玻璃瞬間生出的膠体二氧化矽，便把矽石粉的顆粒粘結成为一个坚固的物質。供作塗料用的水玻璃是ГОСТ 962-41所規定的。按其化学特性來說，水玻璃是矽酸鈉，即 $\text{Na}_2\text{O} \cdot n \cdot \text{SiO}_2$ 。这里 n 是水玻璃的模数，即二氧化矽克分子数与氧化鈉克分子数的比值，用下述公式計算之：

$$M = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} \times 1.032,$$

式中的系数 1.032 是氧化鈉分子量与二氧化矽分子量的比值。水玻璃中二氧化矽的含量，按ГОСТ 962-41的規定应当在 32~34% 之間，但是，为了配制耐火塗料，允許向水玻璃中加水降低二氧化矽的含量到 28%，但此时水玻璃的模数不应低於 2.7。

水玻璃的質量以二氧化矽的含量、模数、比重、水玻璃中析出的二氧化矽和机械混合的夾杂物之有無来决定。除了降低二氧化矽含量以外，其它条件应当在ГОСТ 962-41指示的範圍內，必須特別注意水玻璃的模数，知道了水玻璃的模数和在工作間快速分析的条件下，以滴定的方法分析它的氧化鈉的含量，就很容易确定膠体二氧化矽的数量。在制备和塗復耐火塗料的任何过程上二氧化矽和鹼都有着联帶的关系。

为了保证模壳有稳定的性能，应將水玻璃处理一下，目的在於加速水玻璃中膠狀二氧化矽的沉淀，使在蜡模上構成耐火模壳。水玻璃的处理是按曲線（圖 5）加水冲淡，使其比重达到 1.4，然后再向其中加入热的（約 70~80°C）8% 的氯化銨水溶液，其加入的比例是水玻璃 100 克加入氯化銨水溶液 30 克，这样一来就产生了膠狀二氧化矽与氯化鈉的硬凝乳狀物質，这些物質由於水玻璃中鹼的作用，經過 4~8 小时之后，就会完全再溶解於水玻璃液中，在溶

解过程里每 2 小时用木棒攪拌混合凝乳狀物質一次。这样一来，在比重为 1.40 的 100 克水玻璃中，大約含有 10 克的 Na_2O ，也就相当於在处理过程中加入了 2.4 克的純 NH_4Cl 。

在化学反应中，氯化铵与氧化鈉的分子量比为 $\frac{107}{62} = 1.73$ ，因此，在水玻璃內加入的 2.4 克 NH_4Cl 中轉变为 NaCl 的 Na_2O 只有 $\frac{2.4}{1.73} = 1.4$ 克。

显然可見，根据这个計算，經处理的水玻璃其中被中和的 Na_2O 的量还是很少的，残余的氧化鈉还有 $10 - 1.4 = 8.6$ 克，以鹼的狀態存在於水玻璃中以溶解已形成的凝乳狀物質。十分明显，处理的水玻璃，由於一部分氧化鈉被中和，其模数就提高了，模数提高的

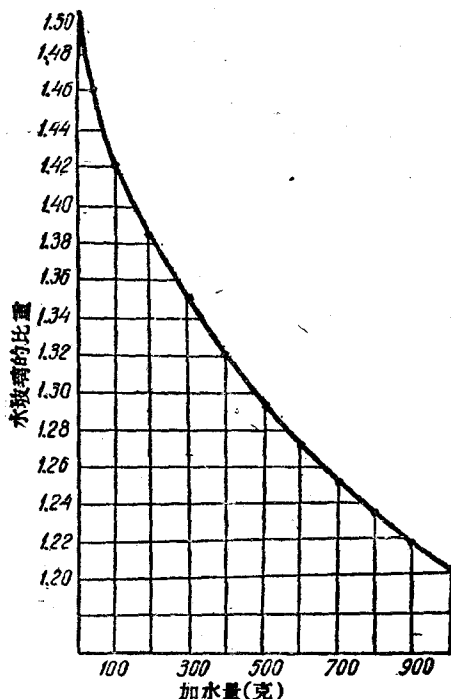


圖 5. 水玻璃的溶解曲線