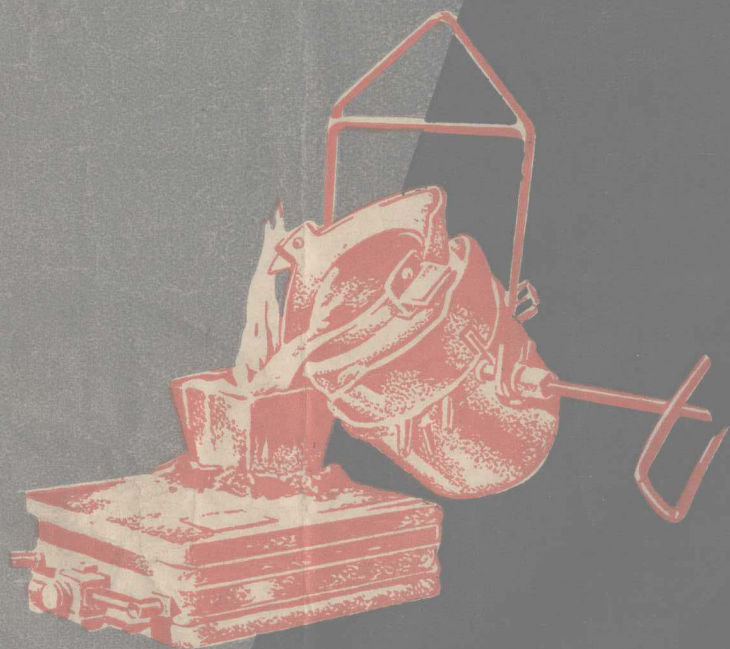


技術知識叢書

型砂和废品

丁鴻遠 著



科技卫生出版社

目 次

第一种类型的廢品

——气泡、气孔和針孔..... 2

第二种类型的廢品

——鼠尾綫、脈狀紋、汽皮、起夾子、
V形凹槽和落砂..... 9

第三种类型的廢品

——粘砂..... 25

緒 言

型砂和鑄件品質的關係非常密切，很多鑄造上的問題，是從型砂方面引起的。我們在現場工作中，經常可以看到相類似的廢品，不斷地在鑄工車間中出現。由於我們對待廢品還缺乏系統的研究，同時車間中也缺乏必要的群眾對廢品的分析制度，因而造成了很大的損失。今後為了提高鑄件的品質和防止發生廢品起見，在型砂方面，應當積極地控制型砂的質量，改善型砂的配料。

在鑄造生產中，廢品的種類很多，其中和型砂有關的也不少。由於型砂不好而發生的鑄造廢品，大致可以歸納成以下三種類型：

1. 氣泡、氣孔和針孔；
2. 鼠尾綫、脈狀紋、汽皮、起夾子、V形凹槽和落砂；
3. 粘砂。

現在分別加以說明。

第一種類型的氣孔和針孔，氣孔和針孔

氣泡、氣孔和毛病發生的毛病。它們易發生的毛病。它們的來源都是氣體，只是。其中氣泡最大，已。其中氣泡最大，針孔最小。

氣泡是圓弧形的淺薄凹塘，邊緣很銳利，或者因為鐵水沸騰的關係，表面產生波浪的形狀（圖1和圖2）。

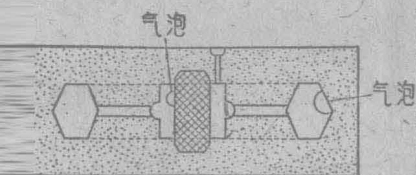


图1. 气泡示意图



图2. 气泡的实物照片

气孔大多是梨形。气孔的四週是平滑面，通常呈銀色或淡藍色；有的时候，在产生气孔的过程中，高温鉄水发生氧化，这时，平滑面便呈暗紅色。（图3和图4）

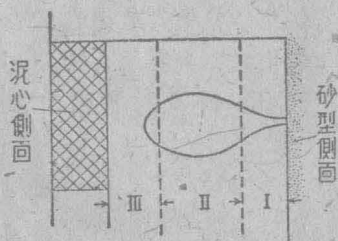


图3. 气孔示意图



图4. 气孔的实物照片

針孔是細長的孔，象針一樣，实际上是伸長了的气孔（图5）。

根据一般情况，气泡、气孔和針孔中的气体，可能的来源有两个方面：

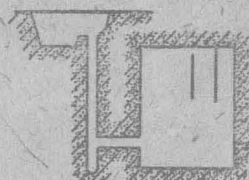


图5. 針孔

一、从金属里来：这一类气体大部分是氧气、一氧化碳和二氧化碳等。它们起先是溶解在金属里的，在金属凝固的时候，就陆续放出，结成气泡、气孔或针孔。

二、从型砂里来：这一类气体的来源，又可以分成下列四种：

1. 在浇注的时候，空气被卷进了砂型的浇注系统里；
2. 砂型腔里的空气，受到液体金属的排挤，没有来得及跑出，却鑽进铸件里面去；
3. 砂型里浇满液体金属的时候，砂型和泥芯受到了高热，里面所含的水分、结晶水，以及泥芯上附着的水汽，蒸发了出来，有时就跑到铸件里面去；
4. 型砂或芯砂里的粘结剂，含有有机物、无机物和挥发物质。这些物质，因为受到了高温，发生化学分解，放出大量的气体。这些气体通常是一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物。

现在把气体在铸件里形成气泡、气孔、针孔的原因和情况，分别加以说明：

1. 气泡——形成气泡的原因，有下面四种：①砂型局部脊得太硬，气体透不出来。②砂型里的水分不均匀，局部有太湿的情形。③泥芯里的气体压力不大，透不过金属水冷却时开始凝结成的薄膜，这时，便在热节的地方形成一个气泡；当气体压力冲破开始凝成的薄膜时，气泡便和缩孔连在一起。④拔模的时候，一部分地方水洒得太多。

2. 气孔——在铸件的表面上，只有一个很小的孔，一时不容易看出来，只是在加工或进行热处理以后，方才发现。气孔的形状，好象一只梨子，外面小，中间大。这是因为很热的金

屬水，在接觸砂型的時候，驟然冷卻，金屬水的表面上就生成一層薄膜，氣體只能在薄膜結晶間留下的液態金屬的地方穿進去，因此在圖3中I的區域，就形成一個細頸。在內層，因為金屬水正在凝固，體積收縮，氣體得以膨脹，所以氣孔在II的區域脹大，到III的區域就逐漸平坦了。

氣泡和氣孔里的氣體，有的是從泥芯來的，有的是從砂型來的；但究竟是從那一個地方來，那要看氣泡、氣孔的位置來決定。假使是發生在泥芯的旁邊，而開口又是向着泥芯的，那末，里面的氣體一定是從泥芯來的；反之就是從砂型來的。假使產生氣泡、氣孔的氣體是從金屬里來的，那時，氣泡、氣孔就不一定產生在鑄件的表面，很可能是在鑄件的里面。這種情況，在鑄造有色合金時，發生的機會特別多，因為有色合金在熔煉的時候最容易吸氣，澆鑄完了以後，金屬水會從澆冒口里溢出來，而使同一爐金屬水澆出來的鑄件，都變成廢品；因此工場里往往以廢品數量的多少，來判斷氣體是從那里來的。

3. 針孔——它大多產生在鑄鋼件和有色金屬鑄件里。這是因為在澆注的時候，模壁和金屬之間的水蒸氣被澆鑄的金屬所還原，產生原子狀氫。這種原子狀氫很容易穿過模壁和金屬水開始凝結成的薄膜，迅速地向金屬水中擴散，和溶解在金屬水里的氧發生化學作用，產生水蒸汽氣泡。不過這種氣泡因為受到相鄰金屬晶粒的限制，只能向長里發展，就形成細管的形狀。

另外有許多鑄鋼件，特別是在內向角的尖端處，因為是鑄件里最厚和冷得最慢的地方，假使沒有很好的補償縮孔的通

路，把金屬水补进去，那时往往就会在这些地方产生縮孔。这种縮孔附近初凝成的金屬表皮，很容易被大气压力穿破，因而在鑄件的外表上，出現一个針孔的样子，可是实际上它并不是針孔，而是縮孔和气孔相連的結果。解决的办法和針孔不同，應該是在內向角的尖端处，放一塊冷鉄，使金屬水在这个地方很快地凝結成硬皮，因而阻止大气向內穿破。

明白了上面所說各种毛病的特征和它們形成的原因以后，就要考虑應該用什么办法来避免这些毛病。避免这些毛病的办法，是根据下面三个原則来考虑的：

(1) 脫除金屬水里的气体——这是有关金屬熔煉的問題，不在本文范围以內，这里不去談它；

(2) 減少砂型里气体的产生量，阻止气体跑到金屬水里面去；

(3) 提高金屬水对砂型表面的压力，降低砂型对金屬表面的反压力，使气体容易跑出。

根据(2)(3)两个原則，我們可以采取下列的具体办法来減少和消灭这一类廢品。

(1) 控制型砂的透气性，使它既符合理論上的規定，又适合于各种鑄件的要求。这个問題，各方面已經介紹得很多，就不再詳細講它了。但是，如果在某些情况下，配不出合乎透气性要求的型砂，那就应当在鑄件上放明冒口，在砂型上打气眼，在泥芯上安排人工的气体通路。这些都是減少反压力的具体办法，不可以疏忽大意。

(2) 控制型砂的含水量。但必須既合乎科学上的論証，又合乎实用上的要求。采用潮模砂的时候，不管鑄件的大小，含

水量都不可以超过 6 %。

(3) 应该严格控制芯砂里的气体发生量。一般规定，每一克芯砂的气体发生量，不应当超过 12—15 立方公分。

(4) 芯砂和型砂里用的粘結剂，应当尽量选用气体发生量較少的东西，绝对禁止配用腐敗的油类和糖漿，以及发酵的淀粉。因为这一类已经变质的东西，不但不能使砂粘結起来，而且还会产生很多的气体。同时在选择芯砂粘結剂的时候，还要注意选择不容易溶解于水的物质，以免在烘干的时候，因为水的蒸发，粘結剂被带到了泥芯的表面上去。

(5) 型砂最好都是新鲜的；但全用新砂也不大可能，一般都是新砂旧砂配合起来。配进去的新砂里，不可以含有有腐敗物质的泥土，也不可以有树皮、草根、蚌壳等杂质，因为这一类东西都是产生气体的来源。

(6) 泥芯和砂型上用的塗料，应该是不大产生气体，而且又可以阻止气体跑到砂型腔里来的物质，象水玻璃、石英粉、亞硫酸紙漿的廢液、石灰水和粘土等，都是很好的塗料。

(7) 平常为了使鑄件表面光洁起见，有意在面砂里配进紅煤粉、西紅粉或白云石粉等发气物质。这样，除了应控制它们的发气量外，最主要的是控制它们的細度（通用的規格是掌握在篩孔号 100—270 的范围里），并且要防止它們吸附水蒸汽；同时还希望能在砂型里均匀的布滿气膜，不要有局部集中的現象。

(8) 一般大型鑄件的型砂，除了要有合乎要求的透气性以外，还必须泥芯的内部放焦炭屑，提高它的透气性，而在泥芯的外表塗上塗料，使泥芯内外的透气性相差很大，迫使气体

从泥芯的气眼中出去。

(9)背砂的透气性至少要和面砂一样，一般应当比面砂大。只有这样，才能使砂型里的气体跑到外面去，而不至于跑到砂型腔里去。

(10)做砂型的时候，不允许有局部舂得太紧的情形。起模以后，不要再用水把砂型浸湿；做好的砂模也不可以搁置太久后才用。

(11)如果是用硬模浇铸，在浇铸以前，必须把硬模预先加热，使附着的水气蒸发掉。预热的温度不应该低于摄氏100度。

(12)在砂型里放的冷铁和泥芯撑，绝对不应该有锈。因为锈可以和铁水里的炭起化学作用而放出一氧化碳的气体。

(13)除了少数轻合金以外，必须采用封闭式的浇注系统，尤其是浇口圈和直浇口的比例，必须要切实掌握，以免浇注的时候，在浇口圈上产生金属水的涡流，把气体卷到砂型腔里去。

理想的浇注情况象图6一样，金属水平稳地流到砂型腔里面去。这时，就没有气体和垃圾带到铸件里面去。最坏的浇注情况是象图7那样，金属水形成涡流，气体和垃圾不断地通过浇口，卷到铸件里面去。

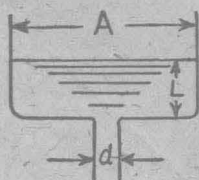


图6. 平稳浇口图

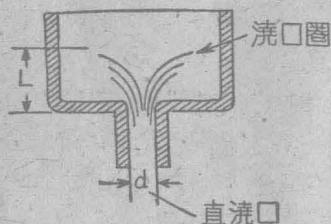


图7. 卷气浇口图

A—澆口圈的面积（平方公分）；

L—金屬水的深度（公分）；

d—直澆口的直徑（公分）。

澆口圈的截面积 A，一般應該比直澆口的截面积大40-100倍；金屬水的深度 L，應該比直澆口的直徑大 5—20 倍。用公式来表示就是： $20 d \geq L \geq 5d$ ， $100 d^2 \geq A \geq 40 d^2$ ，这样，才能够得到良好的效果。但是还要根据鑄件的大小来考虑，不要常常用大的数目，以免浪費金屬水。

(14)应当提高澆注时的压力头，增加金屬水对模壁和泥芯的靜压力，抑制气体的反压力，使气体容易从砂型或泥芯的上面透出去。

第二种类型的廢品——鼠尾綫、脈狀紋、

汽皮、起夾子、V形凹槽和落砂

所以把这几种常見的鑄造缺陷归併在一类，不仅是因为構成缺陷的类型相同（但在严重的程度上是有区分的），更主要的是因为它们絕大部分都是由于型砂的热应力而引起的。其中最輕微的是鼠尾綫和脈狀紋，最严重的是起夾子和落砂。鑄件有了后面几种毛病，往往只能報廢，沒有办法再修理的了。

为了更好地了解它們的成因，就必须从型砂的热应力談起。型砂的导热性能是很差的，因为型砂中的粘土和石英都是热的不良导体，受着高温以后，它們的体积將发生膨脹和收縮的变化。

石英加热时，它的体积随着温度的上升而膨脹，加热到攝

氏 575 度时，发生“相”的变化。 α -石英轉变成 β -石英，体积增加 1.2 %；以后一直加热到攝氏 1250 度时，它的体积几乎没有变动。但是在攝氏 870 度时， β -石英很不稳定，如果有熔剂存在的话，

它可以轉变为鳞石英，不过作用进行得很慢；等到温度加到攝氏 1250 度以上的时候，它又开始轉变为白石英，轉变的更慢，

大約需要一小

时；在攝氏 1600 度的高温下，才能完全轉变成白石英。从 β -石英轉变成白石英的时候，体积增加大約 15%，在冷却过程中，它也不会再变成 α -石英了。

拿粘土來說，粘土在受热以后，首先放出吸附在它表面上的自由水分，产生了第一次的收縮。当温度繼續升高的时候，从它的晶粒中間脫去結晶水，产生体积的第二次收縮。結晶水脫除以后就沒有办法再恢复，而变成永久的收縮，并且收縮的程度很大。如果粘土繼續受到高热，最后就破碎而成为矿物质的微粒。这是粘土的一般收縮情况。粘土实际上是一种含水的硅酸鋁鹽，各种粘土里所含的矾土(Al_2O_3)和石英(SiO_2)，常常有一定的比例，因此粘土的种类就显得非常复杂了。各种粘土脫除結晶水时的温度是不一样的。我們不可能把所有

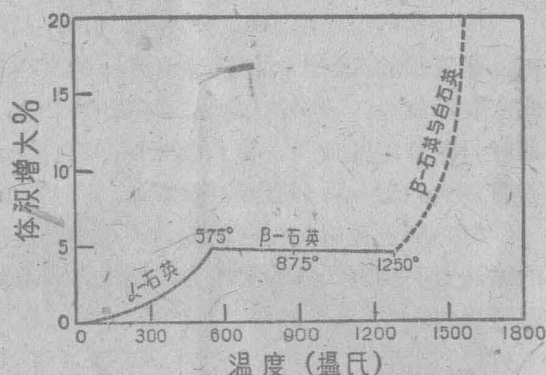


图 8. 石英体积变化图

粘土受热后的变化情况——列举出来，只能选择一两个例子来观察粘土收缩的一般情况。从图9中可以看出，高岭土类粘土加热到摄氏575—870度的时候，体积收缩2%左右；如果把温度

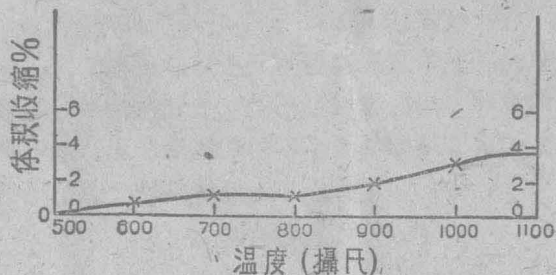


图9. 高岭土类粘土受热后的体积变化

度加到摄氏1100度，体积就收缩3.6%左右。

根据上面所讲可以知道，石英受热以后，它的体

积是膨胀的，而粘土受热以后却是收缩的，因此构成了型砂膨胀和收缩的复杂变化。拿一块立方体的粘土砂块来做试验，我们可以看到，随着石英“相”的变化，立方体试块的体积在摄氏575度时最大，在575—870度的范围内，体积几乎不变，这完全和石英“相”的变化(图8)以及粘土体积的变化(图9)

相吻合的。虽然，在摄氏100—870度的时期里，砂块里的粘土要收缩，但膨胀量比收缩量大，结果试块的体积增大，一般

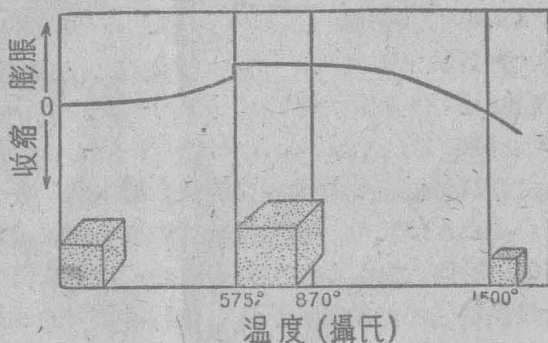


图10. 试块加热后的体积变化

大約增大 2 %。不过温度超过摄氏 870 度以后，石英就要发生另一“相”的变化，同时，粘土在完全脱去结晶水的时候，产生很大程度的收缩，在收缩量抵偿石英的膨胀量以后，还可以使试块的体积趋于缩小（图10）。

以上所说，只是试验室里所发现的一些基本胀缩情况，没有接触到热应力的问题，同时试块也不是象我们在铸造时的情形一样，用高温金属水加热的。因为砂模在浇铸金属水后，热的传导就不大相同了。为什么用金属水来浇铸砂模，热传导情况就不大相同呢？

这就要牵涉到导热率的问题。

我们知道，砂模在浇铸金属水后，模壁内部不同深度地点的温度，在同一时间是各不相同的，而且相差很大，这种大的温度差（图11）就是产生热应力的来源。

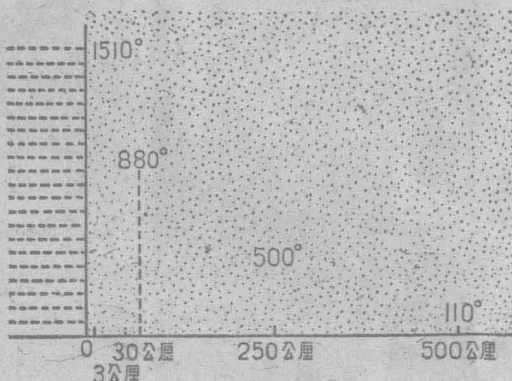


图 11. 透平叶片大砂模浇注金属水后，各个不同砂层的最大加热情况

图11是透平叶片大砂模浇注金属水后，各个砂层的加热情况。金属水浇注后，浇道系统首先得到高热，当金属水流过砂模的一瞬间，表面砂层也得到高热，金属水辐射出的热能，使砂模里空气加热的温度更高，但是由于砂的导热性很差，因此砂层的加热程度并不很深，并且砂层的温度小于金属水的最高

溫度。照理，在澆鑄終了以後，高熱的砂層要逐漸加深，可是這種作用也並不十分顯著。將圖11作為例子，離開金屬水表面3公厘的地方，要經過10分鐘才能達到攝氏1510度；離開金屬水表面30公厘的地方，要經過9小時才達到攝氏880度的最高溫度；離開金屬水表面250公厘的地方，要經過9小時才可以達到攝氏500度的最高溫度；離開金屬水表面500公厘的地方，要經過37小時才達到攝氏110度。

熱從型砂里傳出來的路徑，有下列五種：

- (1) 石英砂粒的傳導；
- (2) 砂粒間空氣的傳導；
- (3) 砂粒間毛孔的輻射作用；
- (4) 砂粒的輻射作用；
- (5) 氣體的對流作用。

上面提到的導熱率是這五種導熱率的總和，計算的單位是卡/公分·秒·度（即一公分的距離在溫度相差一度時一秒鐘可以導過多少卡的热量）。很明显，石英砂粒的傳導作用和砂粒間的接觸面積有關；如果接觸面積增加到近於一整塊時（春砂所能達到的最大密度），傳導的熱能也就最大。這裡又出現了另外一個問題，就是密度差的問題，因為我們的砂型不可能春得完全均勻一致，並且各種砂型所要求的春砂密度又不完全相同，因此在砂型的模壁上必然要產生密度差。密度差又是產生熱應力的另一個來源，這點下面還要講到。

由砂粒間空氣傳導出的熱量，只占最小的一部分。

至於說到砂粒間毛孔的輻射作用，許多人認為氣孔的導熱率，是空氣的導熱率和由輻射作用而生的導熱率相加而成。

愈接近高温，这种导热率增加得愈快，这一点已经被很多实验所证明。

砂粒的辐射作用，虽然不容易测定，但是很多实验证明，在高温的时候，砂块的大部分热量是由辐射作用散出去的。

关于气体的对流作用，因为砂粒间的毛孔很小，所以作用不大显著。

将上面所说五种方式的导热率画在一起，那就更容易明白了（图12）。

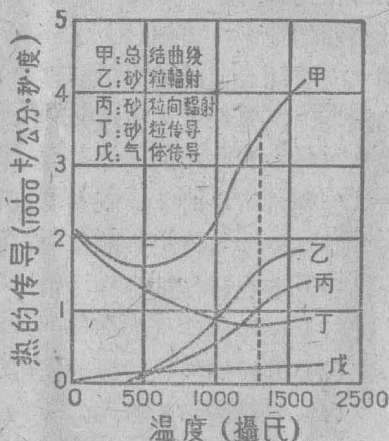


图 12. 石英砂块导热率变化示意图

曲线甲是综合乙、丙、丁、戊四种因素而成的总结曲线。从这曲线上可以看到，当加热到摄氏 500 度时，因为粘土损失了水分体积缩小，以致减少了砂粒间的接触面积，因而砂粒传导的导热率降低，所以总的导热率也降低；过了摄氏 500 度以后，因为辐射作用增强，空气的导热率增加，所以总的导热率增高；但是过了摄氏 1300 度以后，辐射作用就不一定能增加，这可能是由于型砂的化学作用和烧结现象，产生了一种不透明的物质，减少了砂粒的辐射，此外还可能是由于毛孔因烧结而缩小，以致减少了砂粒间的辐射作用。

曲线甲和我们在实验室里用型砂加热试验出来的结果非常相象，实际上，它已可以代表一般型砂的导热率了。

我們所以介紹一些有关型砂的脹縮和导热率的問題，主要是为了便于我們了解上面所說的几种鑄造缺陷的成因和防止的办法。

1. 鼠尾綫和脈狀紋

在鑄件表面上，有一种細長而不規則的凹槽，形狀好象裂紋或者隙縫，但是它絕不是由于鑄件本身的內应力所引起，这种毛病，我們叫它做鼠尾綫。如果在鑄件的表面上突起一根瘦長的金屬綫，好象人身体的筋脈一样，我們就叫它脈狀紋。产生鼠尾綫的原因，是因为砂的質量不好，砂模舂得太硬；当金屬水从內澆口流到砂型腔的时候，金屬水流过的砂型表面受到高热，发生高度膨脹，但是金屬水流兩側的砂型还具有可塑性，因此，金屬水流下面砂型的膨脹，就迫使砂型在金屬水流的兩側凸出来，在鑄件上就形成凹进去的鼠尾綫(图13和图14)。所以鼠尾綫一定和內澆口流出金屬水的方向平行，并且只是在

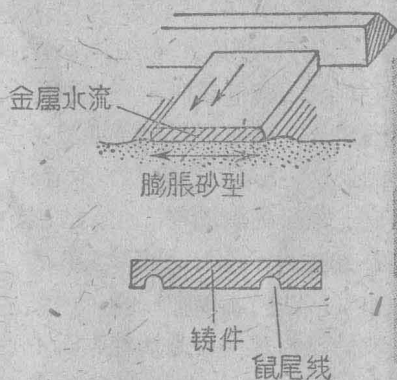


图 13. 鼠尾綫形成的示意图

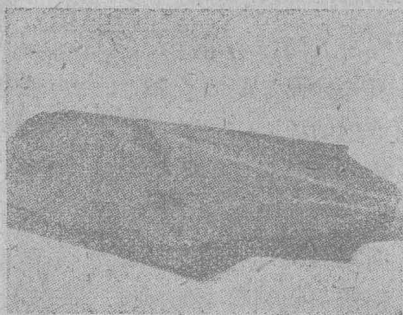


图 14. 鼠尾綫的实物照片

潮模砂型中产生。干模砂型已經失去塑性，所以就不会产生鼠尾綫。脈狀紋是因为金屬水流过的砂型表面，突然受到高热，面砂很快的崩潰生成裂紋，金屬水进入裂紋，在鑄件上就生成凸出来的脈狀紋。

防止鼠尾綫的办法：可以在型砂中配进含有淀粉的物质，以緩冲型砂受着高温以后的膨脹，或者在型砂的配料里增加粘土的含量，以增加它的变形量，这样，在同样的舂砂情况下，就不容易舂得过硬。其他如降低砂模的舂砂硬度，也是切实可行的方法。

防止脈狀紋的办法：在型砂里配进石英粉或西紅粉，可以延迟型砂的急速崩潰。如果在型砂里增加細砂粒的比例，对于防止产生脈狀紋也是有帮助的。

2. 汽皮

汽皮是薄鑄件闊平面上經常产生的一种毛病。在鑄件清砂整理的时候，有毛病的地方，会由于进行噴珠冷作（利用噴头的高速旋轉把鉄珠噴打在鑄件上，代替工人用錘头敲打的冷作方法）而鼓起来。如果用尖刀把它刺破，就可以撕下一片和紙張一样厚、断面发白、富有韌性的鉄皮，有时可以剥下几层。产生的原因，可能是由于澆注时的鉄水在砂模里发生波动，波峰接触着模壁，因驟然冷却而結皮，繼起的波动不能將已經結皮的东西再熔接起来，在模型和金屬的界面上，就形成我們所見的汽皮。事实上，汽皮往往和V形凹槽連接在一起，所以很难正确判断它的原因。不过，我們認為这层皮是鑄件表面上的一层脫炭皮，根本不和鑄件本身相熔接。如果是單层的汽皮，問題还比較簡單，假使在汽皮的附近出現了V形凹槽，往