

鑄造生產中的 廢品防止法

布達洛夫 著



機械工業出版社

鑄造生產中的廢品防止法

布達洛夫著

趙國華譯



機械工業出版社

1955

出版者的話

鑄件的缺陷會直接影響到鑄件以至成品的質量，在頗大的程度上還會影響到很多工業部門的順利發展。因此對鑄件的缺陷及其生成的原因加以科學地、系統地分析和研究，以求獲得消除缺陷的方法，提高鑄件的質量，降低鑄件的廢品率，在工業部門，特別是機器製造業中是非常必要的。

本書較詳細地講述了在鑄鐵件、鑄鋼件、有色合金鑄件上發生的一些基本缺陷，同時還介紹了蘇聯目前在生產上所應用的有效的缺陷修補法。對於最常見的一種缺陷——孔穴——也作了詳盡的敘述。

本書的對象是從事鑄造生產的技術人員及具有初中文化程度的工人，同時也可作為技術檢查人員在工作上的參考書。

在本書的翻譯過程中，承蒙郭可翻先生、王之夫、魯琴心、魯魯生等同志，特別是蘇聯專家庫茲涅佐夫（В.В.Кузнецов）給予寶貴的幫助，在此謹表深切的謝意。

——譯者。

蘇聯 В. А. Буталов 著 ‘борьба с браком в литейном производстве’ (Машгиз 1953 年第一版)

*

*

*

書號 6765

1955 年 6 月第一版 1955 年 6 月第一版第一次印刷

850×1143 $\frac{1}{32}$ 字數 151 千字 印張 6 $\frac{1}{16}$ 0,001— 3,600 冊

機械工業出版社(北京盛甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價(8) 1.15 元

目 次

前言	4
第一章 鑄件缺陷的分類	7
1. 缺陷類型(7)——2. 各種缺陷的說明(8)	
第二章 孔穴	12
3. 氣孔(12)——4. 縮孔, 縮鬆(叢生縮孔)(39)——5. 夾渣(55)	
6. 砂(土)眼(58)——7. 有冷豆的孔(66)	
第三章 裂縫	68
8. 熱裂縫(68)——9. 冷裂縫(80)——10. 溫裂縫(83)	
第四章 表皮缺陷	84
11. 黏砂(84)——12. 冷隔(89)——13. 夾砂(91)——14. 節瘤(93)	
15. 沖積層和結疤(93)——16. 氧化和灼傷(108)	
第五章 鑄件的形狀、尺寸和重量與圖樣規定不符	109
17. 脹砂(109)——18. 澆不足(110)——19. 尺寸和重量不合格(113)	
20. 歪斜和厚差(115)——21. 變形(118)——22. 機械損傷(122)	
第六章 鑄件的金屬不符標準或技術條件的規定	124
23. 化學成分不合格(125)——24. 宏觀結構和微觀結構不合格(135)	
25. 物理機械性質不合格(145)——26. 白口(150)	
第七章 鑄件缺陷的修補	155
27. 缺陷地帶修補前的準備(156)——28. 電弧鐸補(161)——29. 氣 焰鐸補(170)——30. 液體金屬鐸補(174)——31. 發熱劑鐸補(176)	
32. 浸漬法(178)——33. 其他修補法(185)	
參考文獻	190
中俄名詞對照表	191

前 言

鑄造生產在國民經濟中是有着很重要的意義的。在很多機器中，鑄件的重量要佔機器全重的 60~70%。所以，鑄件質量的優劣對於很多工業部門的發展的順利與否頗有影響。

馬林科夫在十九次黨代表大會上的報告中指出了 1951 年以來，在蘇聯的各項工業企業中，由於廢品所造成的損失總計達三十億盧布。

這些損失中的頗大部分是由於鑄件的廢品和缺陷所引起的。因之，必須採取一切措施為降低鑄造生產中的廢品而鬥爭。

大部分鑄造廢品可用以系統地研究廢品的形狀和原因為基礎的簡單預防方法來消滅掉。

只有瞭解了鑄造生產的實質之後，才有可能找出廢品的真正的生成原因，並指出消滅它們的途徑。為要瞭解鑄造缺陷的生成原因，就必須要掌握現代化的科學理論，善於運用這些理論，善於不僅僅向書本請教，而且要在現廠的實踐中去學習，找出自己錯誤的原因，及時予以改正——只有這樣才能算是一個好的工廠工作人員。

在防止廢品方面，重要的是要正確地判明廢品的原因，並及時採取適當措施來消除它們。

不少鑄造廢品是在鑄工車間範圍以外的設計者那裏就已萌芽了的。因此要想製得質優而價廉的鑄件就只在設計者和鑄造人員的協調一致的工作下才行。這一點在蘇聯是十分重視的；在沒有商得鑄造人員同意的圖樣，禁止發送去進行成批和大量的生產。為了獲得優等鑄件，設計零件時應同時考慮到金屬的物理機械性質以及鑄造的工藝性。

獲得優良鑄件的基本條件是嚴格遵守仔細製訂的，並在實踐

中試驗過的工藝規程。

鑄件質量是與鑄工車間各個工段的工作條件的協調和執行者（工人和工程技術人員）的注意程度有關，他們的技術水平的提高應不落後於先進技術水平的提高。這些工作人員的注意一旦減弱時，就會使鑄件的質量變壞，廢品的百分率得到增加。

廢品會增高零件的價格，延緩生產的正常進程。

在鑄工車間裏時就產生的但在其他車間作進一步加工時才發現出來的外在缺陷，其所造成的損失尤為重大，因為在這種情況下，除廢品本身造成的基本損失外，還有機械加工的費用和加工鑄件的車間生產率的降低等方面的損失。

鑄造缺陷的減少可由下列途徑達成之：

- a) 仔細檢查各種原材料（爐料、型砂及其他原料）的質量；
- б) 正確地製定工藝方法（製型、熔化、澆注等）；
- в) 給執行者以詳細的指示；
- г) 嚴格工藝紀律與組織紀律；
- д) 建立準確的分段技術檢查制；
- е) 仔細分析和研究缺陷的形狀和原因；
- ж) 鑄造人員和設計者一起研究鑄件的工藝性；
- з) 模型砂箱等設備和裝置的有計劃的（預防性的）預行（預防性的）檢查，並及時消除在它們中已發現的毛病；
- и) 正確劃分工程技術人員之間的職責範圍，為此，工長應是一個工段的執行指示及監督執行情況的主要領導人，而工藝師則掌管工藝過程的全部準備、修正及檢查等工作。

必須注意在執行有關防止鑄件缺陷的某一措施時，應對這樣做之後所會發生的全部後果加以估計。例如，增大爐料中的廢鋼量以降低鑄鐵的含碳量、提高鑄鐵的強度極限時，同時也應考慮到：有形成自由滲碳體的可能性，鑄鐵的流動性變壞，縮孔的增大，鑄鐵生成白口的傾向，澆不足、冷隔等。

想要提高含碳量（同時部分地使矽、錳燒損量降低）時，可把風

量減少，但應有限制，以免使冲天爐生產率急劇降低，和不致使出爐的鐵水溫度降低。

再譬如說，在與提高合金的溫度以便於氣泡、熔渣的上浮和使合金流動性增大的同時，另一方面將提高合金吸收氣體的能力、增大合金的燒損量和收縮、增大生成裂縫的傾向，並增大燃料或電力的耗量。

改變熔煉條件時，必須估計到這一改變對熔煉的所有基本結果（鑄件的質量，爐子的生產率，燃料或電力的耗量等），可能發生的影響。

由此可見，在製備鑄件所需的合金時，在任何場合下都必須了解各種因素彼此間的密切的關係才行。

在本書中對所有類型的缺陷的原因及其消除方法作詳盡的說明是不可能的，所以只好就某些最常見的鑄造缺陷予以詳細討論，同時並提供出一些防止缺陷的最主要的方法。

作者自認本書尚存在有不少缺點，同時也認為個人五十年的工作經驗以及本書所引用的一些文獻資料可能對防止鑄造缺陷的工作有所幫助。作者同時認為目前一般技術文獻中對於有關防止鑄造廢品的問題的闡述是不夠的，而這些問題對於蘇聯的國民經濟則具有特別重大的意義。

對書中的錯誤和缺點所給予的一切指正，作者將不勝感激之至。

· 作者 ·

第一章 鑄件缺陷的分類

鑄鐵鑄件和鋼鑄件的缺陷類型包括在下列蘇聯現行的標準中:ГОСТ 2612-44(灰口鑄鐵鑄件),ГОСТ 3287-46(可鍛鑄鐵鑄件),ГОСТ 4009-48(鋼鑄件)。

在世界範圍內,這樣的標準首先是在我國建立起來的。然而,畢竟還應指出的是在其中還存在着若干矛盾之處,同時對於同一的概念所下的定義可能不一致。此外,有色金屬和合金的鑄件的缺陷類型還完全未為全蘇標準所規定出,而目前只能用各個主管機關和工廠的標準來加以確定,其應用範圍有限。

在下面,作者不打算製定任何新的鑄件缺陷類型的分類表,只想根據上述三標準的原則將各種缺陷加以歸類,同時也給予每種缺陷以一定的說明。

1 缺陷類型

黑色金屬和有色金屬鑄件的各種類型的缺陷可分為如下五類:

〔第一類〕 孔穴:氣孔、縮孔、縮鬆或叢生縮孔、夾渣、砂(土)孔、有冷豆的孔。

〔第二類〕 裂縫:熱裂縫、冷裂縫、溫裂縫。

〔第三類〕 表皮缺陷:黏砂、冷隔、夾砂、節瘤、結疤和沖積層、氧化和灼傷。

〔第四類〕 鑄件的形狀、尺寸和重量與圖樣不符:脹砂、澆不足、尺寸和重量不合格、歪斜和厚差、變形、機械損傷。

〔第五類〕 鑄件的金屬不符標準或技術條件的規定:化學成分不合格;宏觀結構和微觀結構不合格;物理機械性質不合格;鑄鐵鑄件的白口。

鑄件上所產生的缺陷，視其大小及特點可以是不許可的（在此情況下鑄件將報廢）、可修補的（在此情況下鑄件可加以修補）或是許可的（在此情況下鑄件可不經修補就送到下一工序去）。

由此可見，除去確定缺陷的類型外，還必須判定它屬於上述範疇中的那一種，以便決定如何處理這些鑄件。

2 各種缺陷的說明

茲將上述各種缺陷的簡要特性列於表 1~5 中。在許多情況下還應將某種缺陷再細分一下，個別缺陷的這種分法留在以後再做。

還應注意的是表 1~5 中所列各種缺陷的特徵基本上是與現行標準相符的，除在標準中存在有相互抵觸之處者外，如遇抵觸的情況，原則上採用比較簡短而明瞭的那一規定。

在同一鑄件上往往同時存在有不相同的若干缺陷（例如氣孔和縮孔同時共存）；此時應查明主要的缺陷是什麼，並將它們註明在技術文件中。

根據作者本人的工作經驗，認為所提出的分類是包括了缺陷的全部主要類型，同時也允許在必要時對它作進一步的補充和修正。

在以後的敘述中，對於各種鑄件（鑄鐵的、鑄鋼的、有色合金的）只用實際示例作一般討論，因為在大多數情況下缺陷的特點和原因對於各種鑄件來說都是一樣的，只對若干種缺陷才指出了缺陷的特點和金屬成分的關係（例如對於鑄鋼件的）。

表 1 第一類缺陷的說明

缺 陷 種 類	特 徵
氣 孔	鑄件中的明(外)孔或暗(內)孔(一般都具有光潔的表面),可能是單個的或成蜂窩狀的
縮孔, 縮鬆或叢生縮孔	鑄件中的明孔或暗孔,具有粗糙的或粗晶粒的表面,有時是氧化了的,一般位於鑄件粗厚部分。局部聚集起來的小的甚或極細微的縮孔,而且是在鑄件加工過的表面上的或水壓試驗,壓縮空氣試驗中顯露出來的一種不嚴密的金屬結構,則稱之為縮鬆或叢生縮孔
夾 渣	鑄件中的明孔或暗孔,整個或部分地填塞有熔渣;可能是單個的或成蜂窩狀的
砂(土)眼	鑄件中的明或暗孔,整個或部分地填塞有製型材料
有“冷豆”的孔	鑄件中的明孔或暗孔,孔內有表面氧化了的冷凝的金屬珠

表 2 第二類缺陷的說明

缺 陷 種 類	特 徵
熱 裂 縫	鑄件中的穿透的或未穿透的裂口,裂口表面有氧化皮
冷 裂 縫	鑄件中的穿透的或未穿透的裂口,裂口表面乾淨,有時呈氧化色
溫 裂 縫	鑄件中的穿透的或未穿透的裂口,在熱處理或氣割時形成的

表 3 第三類缺陷的說明

缺 陷 種 類	特 徵
黏 砂	鑄件上粗糙不平的表面,是由製型材料和金屬氧化物相熔結而成,或由於金屬滲到型壁裏而形成的

缺 陷 種 類	特 徵
冷 隔	鑄件中的穿透的或未穿透的有圓邊的縫隙和陷凹,是由過早冷凝的未融合在一起的金屬流所形成
夾 砂	鑄件表皮上不深的溝凹,其上浮蓋着一金屬塊,該金屬塊和鑄件本體間幾乎完全被型砂層片所隔離開,其間僅有窄條金屬相連
節 瘤	鑄件表皮上各種形狀和大小的生成物,是金屬的,或是金屬與型砂層片或包留物相雜而成
結疤和沖積層	鑄件表皮上的薄膜,由氧化物和長期與金屬流相接觸之處的型砂所組成
氧化和灼傷	鑄件表皮上不正常的金屬氧化層,熱處理時形成的

表 4 第四類缺陷的說明

缺 陷 種 類	特 徵
脹 砂	鑄件表皮上大小和形狀不等的筋和突出物(非圖紙上規定的),位於分型面地帶或型的各個部分間的間隙中
澆 不 足	鑄件輪廓殘缺不全,乃由於澆注時金屬未將鑄型充滿或自型中洩出所致
尺寸和重量不合格	鑄件的尺寸和重量大於或小於圖紙上規定的
歪斜和厚差	鑄件的某部分對另一部分發生移動,或空穴和孔對鑄件外輪廓發生移動,因而造成鑄件壁厚 的不一致
變 形	鑄件尺寸和形狀的歪曲,是在鑄件不均勻收縮或熱處理時所形成的應力影響下形成的,或起因於模的變形
機械損傷	在打箱、去除澆口、排氣孔和冒口、鑿修、清理、矯正、搬運等時,鑄件的完整性受到破壞

表 5 第五類缺陷的說明

缺 陷 種 類	特 徵
化學成分不合格	化學元素的含量較規格規定者增多或減少
宏觀結構和微觀結構不合格	結構組成的大小,形狀,組織,分佈等與規格或標準上規定者有出入
物理機械性質不合格	鑄件金屬的物理機械性質指數低於規格上規定的
鑄鐵鑄件的白口	存在於鑄件某些部分上的堅硬區域,這些區域不能被施以機械加工,其斷口表面光亮,證明在鑄鐵中有自由滲碳體存在着

第二章 孔穴

孔穴是最常見的一類缺陷，這類缺陷大多在鑄件的機械加工過程中才顯露出來。最普遍的是氣孔，對於鋼鑄件來說還有砂眼和縮孔。

因此，有必要更細緻地探討孔穴的生成原因及其防止方法。

3 氣孔

在工廠的實踐中有時把氣孔叫做氣泡、氣窩、叢生氣孔等。爲了劃一起見業經標準確定爲一個統一的名稱——氣孔，這一名稱將使用於以後的敘述中。圖1是一個例子；表明一個存在有大量氣孔的鑄件剖面。

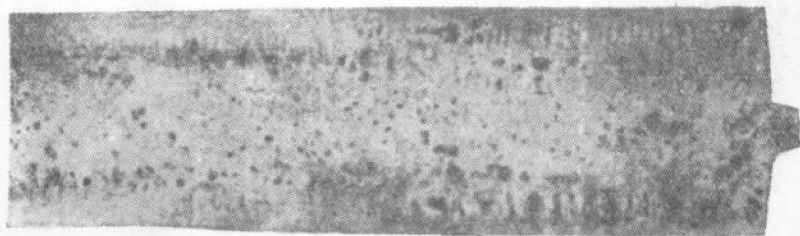


圖1 有氣孔的鑄件剖面

篩狀叢生孔(氫氣孔)是氣孔的一種，一般發生在鋼鑄件中，是一些具有光滑表面的長形細孔，位於深度爲2~3公厘處，有時以極細的溝道通至鑄件表面。篩狀叢生孔普通是在鑄件進行熱處理並去除氧化皮的表面層之後才顯露出來。

生成原因 鑄件中產生氣孔的原因是由於鑄件凝固時在其內部存在着超過在該條件下金屬所能溶留的大量氣體。過剩的氣體會在凝固過程中從金屬中析出，如果析出的氣體數量很多時，那末就有一部分氣體來不及逸出鑄件之外，因而就生成了氣孔。

使鑄件含有多量氣體的原因是由於金屬的質量低劣，或由於不正確的澆注或由於鑄型的缺陷所致。

因劣質金屬所造成的氣孔大都是小尺寸的、具有較圓的形狀並分佈在整個鑄件中。此外，這樣的氣孔往往波及該熔次的全部或大部分鑄件。因不正確的澆注或製型所引起的氣孔多半集中在鑄件的個別部分並位於距離鑄件的外表面或內表面(由泥芯形成的)不遠處。

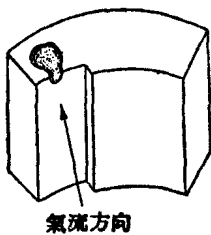


圖 2 氣孔形狀;氣流
來自泥芯(根據依
密爾曼 (Е.В.Им-
мерман))

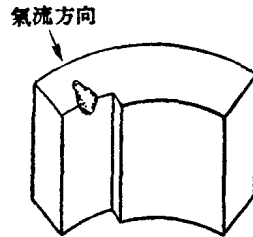


圖 3 氣孔形狀;氣流
來自鑄型(根據依
密爾曼 (Е.В.Им-
мерман))

在未加工過的鑄件表面上，根據外露的穴口(進氣口)可以確定它的生成原因(起因於泥芯或鑄型)。如果孔穴是由泥芯引起的，那末它的穴口就向着泥芯表面，如果是由鑄型引起的，則穴口就朝向鑄型表面。

根據機械加工過程中所發現出的梨形孔穴的位置也同樣可以判斷其是由泥芯引起的或是由鑄型引起的。

狹小的入口接着擴大的空穴說明了這是穴口的截面。所以應在貼近加工部分的那部分鑄型上(在圖 2 的情況下是在泥芯上)尋求這種孔穴的生成原因(圖 2)。假如在加工時在顯露出來的穴眼處有着縮小了的空穴的話(圖 3)，那末這樣的孔穴就是由面向加工方向而來的氣體所造成(在圖 3 情況下是由鑄型引起的)。然而這些特徵有時也還不足以準確地判定缺陷的原因。在這樣的情況下就需要對鑄件的製造過程加以分析，並根據已發生了的違反

正規操作的情況來確定產生廢品的原因。

金屬的含氣量與所重熔的爐料的質量以及熔化進行的正確與否有關。爐料中如存在有銹蝕、大量溶解氣體、潮氣、雪、冰等，就會使金屬對於氣體的吸收厲害起來。像鑄鋼車間中所固有的、經過多次重熔的殘料就含有較多的氮氣和氫氣。因此爐料中的這種殘料含量一般限制到 40~60%。

車間所固有的廢料（澆口、冒口），重熔的次數要比廢機器料多得多，這樣就毫無疑問地會使其遭受到各種雜質，特別是氫氣和氮氣的嚴重“沾污”。在爐料中如不加入這樣的殘料就能降低原爐料中的含氣量，從而有利於篩狀叢生孔的消除。

每逢暖和潮濕的天氣，在空氣中存在有相當多的水蒸汽，所以會促使在鑄件中產生篩狀叢生孔。

劣質的、斷口及表面上有着孔洞的生鐵錠含有大量氣體（圖

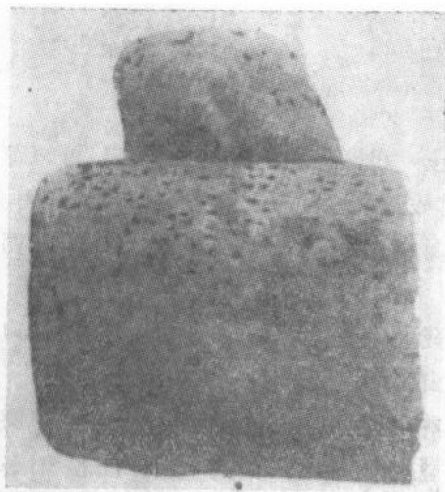
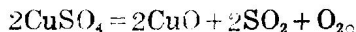


圖4 生鐵錠中的氣孔

4)，它們是在不正常的條件下自高爐中熔煉出來的（例如在風量或風壓過大的情況下）。

未從陰極銅中清去的藍色胆礬（硫酸銅 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）在加熱時會變成白色並析出結晶水來，這種結晶水與赤熱的碳相遇就會在銅的熔化溫度下分解為氫氣（它為熔融的銅所強烈吸收）和氧氣。熔銅

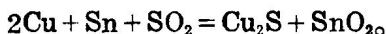
時，無水的硫酸銅按下列反應進行分解：



析出的二氧化硫（ SO_2 ）氣體就會在鑄件中形成氣孔●。

● 二氧化硫也能在此時生成氧化亞銅： $\text{SO}_2 + 6\text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Cu}_2\text{O}$ 。

在錫青銅中，二氧化硫與銅和錫進行下列反應生而成化合物
 SnO_2 :



固體包留物 SnO_2 使青銅的減摩性大為減低。

此外，銅及鎳在電解時吸收大量氫氣(圖 5)。在金屬中加入含有大量氫氣的電解鎳 1~2%，則其所能引入金屬的氫氣，其體積幾與全部金屬的體積相等。

在鑄造蘇維埃宮的構架的銅鋼支撐筋板時，曾因改用含銅的中間合金代替電解銅而使鑄件的孔穴及裂縫缺陷得以消除。

鎳陰極的層片呈淡綠色並含有硫酸鹽

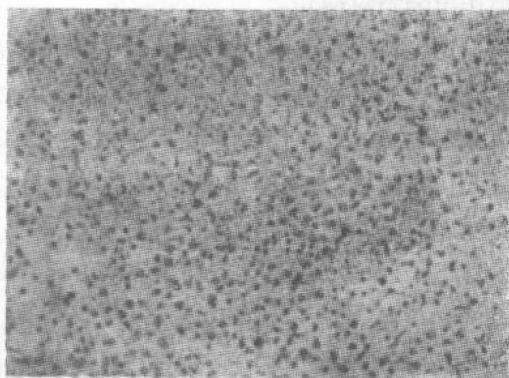


圖 5 陰極銅中的氣孔

和氫鹽。為了避免鑄件產生氣孔起見，應將這樣的陰極預先熔化過。為了同一目的，鎳宜成粒狀。溶於鎳中的氧與存在於鎳中的碳和硫相作用所得到的一氧化碳(CO)和二氧化硫(SO_2)都能在鑄件中形成氣孔。

存放在潮濕處所的鋁錠會受到侵蝕而在其表面上出現一層白色的氧化鋁水化物薄膜，這種薄膜當熔化時就會分解出水來。水又在液體鋁的作用下分解並生成氫氣，這就會在鑄件中造成氣孔。

金屬的熔化過程對於金屬的含氣量發生着很大的影響。熔化期中的重要問題就在於防止吸收從爐氣和加入爐內的熔劑、造渣材料及加入物中而來的氣體，同時也要盡可能地降低金屬的含氣量。

譬如說在熔鋼時，如果使用潮濕的石灰來造渣或加入潮濕的礦石進行氧化期的話，那末就會使鋼的含氫量大為增加。如在爐中

加入大量的未經煨燒的鐵合金（例如熔煉不銹鋼、耐酸鋼或耐熱鋼時所用的鉻鐵）也會發生同樣的現象。

用砂鋼製成的鑄件其含氣量的增大不僅與吸收氮氣有關，而且主要地是與為砂鐵所帶入的氫氣有關。此外，當加入砂鐵時，由於生成矽化物的放熱反應而使金屬立即急劇變熱起來。

因氮化鈦（TiN）具有極高的穩定性，故鋼中加入鈦可將自其中析出的氮氣清除。

熔化任何金屬時，在使金屬長時間停留於液體狀態下而無熔渣或熔劑覆蓋層的情況下，其含氣量會大大增加。

金屬在固體狀態下也能吸收氣體。譬如說，電弧爐中的廢鋼料在熔化階段中，金屬的含氣量會顯著增大；其他金屬也能發生同樣的現象。因此，爐料的熔化應盡可能地快些。坩堝的裝料如裝得不妥當以至使坩堝蓋不能嚴密封蓋在上面的話，也能使塊料吸收氣體的度增大。

在金屬脫氧不足的情況下往往會增大含氣量。例如，留在未脫氧鋼中的氧化亞鐵與鋼中所含的碳能發生下列反應：



此時析出的一氧化碳可能來不及完全自金屬中逸出，結果就在鑄件中形成氣孔。

銅合金鑄件中的氣孔也可能是由於液體金屬凝固時其中的氧化亞銅（ Cu_2O ）和硫化亞銅（ Cu_2S ）發生作用而造成的。

這時析出的二氧化硫（ SO_2 ）不溶於金屬，因此可能生成大的氣孔。

圖 6 是一個銅錠的剖面圖，其尺寸為 $970 \times 920 \times 195$ 公厘，重量為 1.5 噸，因含氣體而膨脹故其高度增加了一倍多。

再如，作者曾發現在一些青銅鑄件的泥芯周圍部分有氣孔生成，泥芯曾塗過含有石墨的塗料。熔化時氧化了的青銅含有鉛的氧化物，在與石墨塗料相接觸的鑄件表面上這些氧化物為塗料中的石墨所還原而析出一氧化碳（CO）。