

氧在炼钢中的应用

И.П. 巴尔金院士編

科学出版社

氧在煉鋼中的應用

(論文集)

И. И. 巴爾金院士 主編

王景韜 胡壯麒 賀潛菊 譯

科 學 出 版 社

1957

內 容 提 要

本書是蘇聯科學院副院長巴爾金院士主編的一本關於平爐煉鋼法中氧氣應用的論文集，這些論文主要是根據蘇聯一些研究機構和“鐮刀與鎚子”工廠共同所作的工業試驗寫出的。文中總結了蘇聯學者在這方面多年來的研究成果，不僅在理論上，並且進而對實際應用上都有詳盡的敘述。特別是證實了“綜合供氧法”較其他的吹氧法具有很多的優越性。書中也對吹氧時鋼液的氧化性，熔池中的主要脫碳部位以及對煙塵形成的問題都有論述。

目 錄

冶煉過程中應用氧氣的意義及一些特點·····И.И.巴爾金	(1)
平爐廢鋼法中氧氣的應用·····К.Г.特魯賓	(5)
“鑷刀與鏈子”工廠強化平爐過程中氧氣的應用·····	
·····И. Я. 巴爾茲達因, В. П. 童科夫	(13)
應用富氧空氣時的平爐熱工作(廢鋼法)·····	
·····М. А. 格林科夫, В. И. 米特卡林內	(32)
利用氧氣強化碱性平爐過程的幾個理論問題·····	
·····Е. В. 阿布羅西莫夫	(50)
平爐熔池吹氧時鋼液的氧化性·····В. А. 庫德林	(58)
平爐熔池中脫碳反應進行的主要部位·····	
·····Е. В. 阿布羅西莫夫, В. А. 庫德林	(69)
用氧氣冶煉的鋼的質量·····И. И. 安舍列斯	(89)
平爐通氧時煙塵形成的問題·····Ю. В. 克拉科夫斯基	(110)
在電爐中應用氧氣冶煉不銹鋼的新生產技術·····	
·····Я. М. 伏克西次基	(122)

冶煉過程中應用氧氣的意義及一些特點

И. П. 巴爾金 (Бардин) 院士

在燃燒及氧化過程中，增加氧氣的濃度是強化高溫工藝過程的一個有力的因素。因此，近十年來蘇聯開展了關於平爐、轉爐及電爐冶煉生產中應用氧氣及富氧鼓風方面的科學研究工作和工業試驗工作。

幾年來，蘇聯科學院的一些研究所及黑色冶金工業部與冶金工廠合作研究了冶煉過程中如何掌握氧氣的問題，擬定並研究了新的工藝制度。

這本關於平爐廢鋼法中氧氣應用問題的論文集是根據莫斯科“鑼刀與鎚子”鋼廠所做的工業試驗來的。

冶金學的發展原是由於應用空氣作鼓風。在天然狀態下空氣中僅含 21% 的氧（按體積）。現有的氧化和還原過程理論的建立即基於此。在工業規模上應用氧氣濃度高的鼓風在不久前仍受着工業上生產純氧的水平不高所限制，因而，一直拖延未能應用。以前所用的化學法及電解法製氧僅能滿足醫學上、實驗室及消耗氧氣比較少的特殊生產領域內的需要。祇有在克勞得 (Клод)、林德 (Linde)、皮克捷 (Пикте) 等人所進行的壓縮液體空氣、然後分餾其各組分的試驗成功之後，才可能生產出大量的氧氣，且其價格低廉，可用於像冶金工業這類的生產領域中來。

現在，生產氧氣的技術大大地改善了，而且在各方面都有了進展，生產的技術過程也簡化了。利用 П. Л. 卡皮查 (Капица) 院士的強大機組系統，生產率可達 10000 米³/小時，而且僅用 6 大氣壓力，代替了以前那樣效率低的設備中所用的 220 大氣壓和大量中

間階段的壓力。如果在小的不完善的設備中生產 1 米³ 氧氣要消耗 5 瓩小時的電能，則在近代的巨型裝置中，電能消耗率可減少到以前的 1/10 以下。

如果考慮到冶金工業中各個不同的生產過程中的氧氣消耗量的大小和生產規模，則可以說冶金工業是氧氣最大的需要者。例如，從含量為 2—3% 的礦石中煉出 1 噸銅或鎳，整個冶煉操作中約消耗 5000 米³ 的氧；由含鐵 50% 的礦石煉 1 噸生鐵需要 500 米³ 氧，再把生鐵煉成鋼需要達 50—60 米³ 氧。還應該說明一下，這些數據歸納得並不精確，它只能表示出所需氧的數量級。此外，尚應注意到這些數據是氧氣的總消耗量。當提高鼓風內氧氣濃度時，對於工業用氧的要求不僅決定於鼓風中氧的富集程度，而且也決定於工業氧的純度。在現代的生產規模下，甚至於在少量地增加鼓風中的氧濃度（達 25—30%）時，例如強化高爐生產的情況，也需要在個別冶煉廠中設置一個生產率達每小時 4 萬—5 萬米³ 的氧氣站，以生產純度 97—98% 的工業用氧。對於平爐及轉爐過程來說，所需要的氧氣站設備生產能力要小得多，但是這種氧氣站的掌握及經濟合理地使用尚需科學試驗機關及工廠本身做大量準備工作。

應用富氧鼓風或用工業氧氣代替空氣並不需要創造一套原則上完全新穎的過程，而僅需增加某些反應的速度。

舊的技術過程雖然有多少年來所積累的豐富經驗及產品（例如熟鐵）質量等上的優點，但它不能與新法競爭，因為新法可以保證生產具有前所未有的高度生產率、大量生產及產品價格低廉。

在生產中推廣應用上述提高氧濃度的技術過程，現在已遇到而且將來仍要遇到許多困難。應用富氧鼓風或用工業氧氣，就必須擬定一些新的生產機組結構、工藝設備及動力設備或一些相應的改裝。這樣就需要大量投資建設氧氣站，並且通常都會使整個工廠的經濟負擔過重，並且也需要把輔助工段及設備改建以適應

生產率的提高。氧氣做爲一個有力的強化過程的因素，祇有當有了相適應的生產準備工作以後才能在生產上起作用。由於製造氧氣的技術還不完善，所以氧氣的價格還很貴，以致在某些生產中會使產品成本增大。在個別火法治煉過程中，耐火材料的使用問題也沒有研究好。

冶金過程可以分爲兩種類型——氧化和還原過程。從技術觀點上來說，還原過程就是使金屬自礦石中分離出來，如自氧化物中分離出鐵，自氧化物及硫化物中分出銅等。當燃料中的碳燃燒或硫氧化而達到一定溫度，並形成足以激發還原反應及金屬熔化所需的熱時，此過程即可進行。生鐵精煉成鋼的過程主要是氧化過程，它可以歸納爲獲取必要的熱量及溫度，以保證爐料中無用的元素能被氧化成液相。

如上所述，冶金過程的理論是依據實際應用大氣中的氧氣於反應中來研究該過程中上面二類型反應如何進行的。此外，我們現在的知識水平主要還限於反應的熱力學上，而決定過程進行總速度的動力學的研究尚處於啓蒙階段。而且，改變鼓風中氧的含量，或將空氣換成工業純氧會在相當大的程度上改變某些反應進行的性質及速度。不應該把冶金過程的物理化學想像爲彷彿其中所有的問題都會像一次方程式那樣解出來。應該考慮到當溫度及氧的分壓改變了時，過程的物理化學變得相當複雜，並且這個過程的物理化學已經不能用一次方程式來表示，而是用二次或更高次方程式表示。因此，爲了要解釋及計算高速過程，必須尋找一些新的方法來表示其規律並適用於新的進行條件。

我們來研究一下在煉鋼過程中應用氧氣的基本特點之一。

平爐法和轉爐法煉鋼在過程的速度上和廢鋼的利用上都迥然不同。在平爐中，鋼中雜質的氧化主要是通過“渣-鋼”相來進行的。而在轉爐中，却直接通過鼓風中的氧氣及鋼進行的。當把工業氧通入鋼液中或用氧氣濃度大的鼓風通入特殊結構的平爐熔煉

室時，氧氣的濃度達 70% 以上時，雜質氧化速度接近於轉爐過程所有的速度。在轉爐過程中，用工業純氧鼓風或用富氧空氣鼓風，可以增加過程的速度，同時並造成新的熱制度，可以大大提高廢鋼利用率。應用氧氣可使這兩種不同的生產方法互相接近。此時它們的共同特點便是反應速度高到可以把它們看成為新技術的過程。

在用氧氣來強化平爐燃燒室的燃燒過程，及用氧來吹煉鋼液的實際應用中，證實了雖然在保持耐火爐襯上有很多困難，但是，應用氧氣可以大大增加熱量向鋼液中的傳導，加速冶煉過程，並且在經濟上也證明是正確的。

平爐廢鋼法中氧氣的應用

技術科學博士 К. Г. 特魯賓(Трубин)教授

在鋼的生產中，氧氣首先應用於轉爐，後來才用於平爐中。蓋士(Геш)工廠利用氧氣來強化焦爐煤氣的燃燒過程的試驗以後，未能得出這種方法是否適用的一定結論，顯然，那是由於氧氣經過了蓄熱室才通進去的緣故。

按本文作者的想法，將氧氣通入燒重油的平爐熔煉室中去的試驗首先是在“紅色索爾摩渥”(Красное Сормово)工廠於1933—1934年間由 В. В. 阿爾希波夫(Архипов)進行的。同時，在“鑼刀與鏈子”工廠進行了將氧氣經過蓄熱室通入的試驗。當時即確定了本法的優越性。

最初的試驗既沒有解答氧氣火焰對鋼的質量影響問題，也沒有解答此法的經濟價值問題，因為氧氣火焰對耐火材料損耗的影響以及對成本的影響不可能在短期使用中計算出來。

系統地有組織地研究氧氣在燒油平爐中的應用是在1945年才開始的。該研究是在 И. П. 巴爾金院士的總的組織領導之下在“鑼刀與鏈子”工廠(莫斯科)及在本文作者與技術科學博士 М. А. 格林科夫(Глиников)教授的技術指導之下進行的。一直繼續到1950年。該工作是在以斯大林命名的莫斯科鋼鐵學院的研究工作者與學生們合作進行的，並與工廠的技術人員及工人合作完成了氧氣在生產中的應用。

最初在10噸爐進行試驗，很快就換到30噸爐上去進行，以後又改在另一車間的70噸爐上試驗。最初試驗時，爐子的選擇是根據下列原則，即在造成高溫爐焰時，用重油做燃料且並不需要對爐

子的結構作任何改變(這樣就有利於區別此種燃料與氣體燃料的不同處)。爲了試驗技術方案,選擇廢鋼法也不是偶然決定的,在這種過程中,燃燒的加強可以得到最大的效率指標。爲了要證實上述各點,只要回憶一下典型的廢鋼法或其變化形式——增碳法(карбюраторный вариант)的基本特點就足够了。

- 1) 裝料-熔化期的時間可達整個冶煉過程所需時間的 75%;
- 2) 加入大量冷料而使熔煉室劇冷;
- 3) 由於生鐵百分比低,故爐料難熔,特別是在用增碳法時。

在廢鋼法中,由於上述特點,爐子生產率主要取決於裝料-熔化期的時間。因此,儘最大可能縮短該期的時間是煉鋼工人的基本任務,且縮短它不致引起任何鋼質上的不良影響,而相反的是裝料-熔化期縮短可引起鋼中氣體減少,如果有含硫氣體時,使鋼中所吸收的硫量減少。

應用氧氣加強燃料的燃燒的方法

現在我們不僅只從理論上計算,而且也有了豐富的經驗來證明應用氧氣加強平爐熔煉室中燃料的燃燒可以得到很高的高溫效果。經驗證明利用這個效果於裝料-熔化期,可以使爐料的熔化過程大大加速。由於火焰與爐料的溫度差很大,故可以保證熱傳導的強烈程度高,並且因爲爐子的耐火材料被爐料及不時地打開爐門所冷卻,所以對耐火材料來說,在這個時期也沒有危險。祇有當爐料熔化以後才有危險。因此,在已熔化的瞬間立即停止加強燃燒或在熔化完後停送氧氣,不僅是從上述觀點邏輯推理的結果,而且也是由過程進一步進行的操作條件所得出的結果。

氧氣火焰的高度高溫效率,不僅縮短熔煉時間,而且減低燃料的相對消耗;由於這個效果是以降低消耗於惰性的氮的熱量爲基礎的,這一點由燃燒溫度的理論計算式即可看出:

$$T_{\text{理論}} = \frac{Q_x + Q_\phi - q_{\text{分解}}}{\delta (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO} + \text{N}_2)},$$

式中 Q_x = 燃料的發熱能；

Q_ϕ = 燃料的物理熱；

q = 燃燒分解產物所吸收的熱；

δ = 燃燒產物的體積比熱；

$(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO} + \text{N}_2)$ = 燃燒產物的體積數值。

顯然，當其他一切條件不變，而用增加空氣的氧濃度以提高火焰溫度，就會減低氮的含量，而氮是該公式中分母的乘數之一。

在試驗中，急劇地降低燃燒廢氣的體積，已經肯定會產生下列後果：1) 大大降低為惰性氣體所帶走的熱量損失，或者說大大降低燃料的消耗率；2) 減輕氣道設備的工作條件或可在耐火材料使用條件允許的範圍內提高爐子的熱負荷。

在 M. A. 格林科夫及 B. И. 米特卡林內 (Миткалинский) 的文章中研究了用氧氣火焰時爐子的熱操作過程。這裏，我們祇指出一些與之有關的下列經大量試驗證明了的補充的優點，其中還不包括生產率的提高及燃料消耗率的降低。

1. 減少煙道氣，同時也減少從熔煉室帶到格子磚上來的對酸性耐火材料有害的煙塵。

2. 提高裝料-熔化期火焰溫度 (在該期熔煉室的溫度急劇下降)，促使傳遞給鋼液的熱量增加，即提高熔煉室的效率，同時，減少平爐煉鋼過程的起始及終止時的溫度下降，這樣就有利於爐襯的使用。嚴格地控制爐頂的溫度狀況可以保證它不受過熱。用鎢磚代替硅磚的試驗表明，這樣可以打開進一步加強裝料-熔化期過程的溫度制度的道路，因此，也就可以進一步提高過程的技術經濟指標。

3. 減少燃燒產物的體積及被它所帶走的煙塵的數量，可造成蓄熱室格子磚的使用的更有利條件——降低上面數排的溫度及延

緩沉渣過程。

4. 由於火焰的溫度高，可以便利並加速燒結爐底及爐坡的過程。

5. 減少鐵及碳的損失，也就是說，增加鋼液的產量，以及因加速爐料熔化過程，可以降低煉鋼廠的原料中生鐵百分比（因為在這個廠生鐵比廢鋼貴）。氧氣法的這一技術特點有附加的經濟效果，使得我們可以用全部或部分的增碳法來處理難熔爐料。

6. 減少使得熔煉過程遲緩的產生泡沫渣的情況。

7. 便於從渣中還原錳並提高渣的鹼度，並且由於保持鋼液沸騰期（在停止把氧送入噴口及確定了爐子的一般強化係數以後）高的溫度效率而便於鋼液的脫硫及脫磷。

8. 由於在高溫下沸騰期鼓泡強烈，所以鋼液的脫氣較完全並較快，因而提高成品鋼的質量。

使用“噴入”法的缺點是氧氣的消耗率高（約 30 米³/噸），從經濟上看，祇有當氧的價格低廉時才可應用。然而，由美國在大爐子（200 噸）中操作得出的實際經驗，氧氣的消耗係數可降低到 15—25 米³/噸。

利用氧氣切割“死鐵”法

在“鑼刀與鏈子”工廠的實踐中，根據工作人員的建議，用加熱到約 1400° 的氧氣流切碎廢鋼以加速爐料的熔化。

然而，根據下列見解尚不能承認平爐熔煉室利用氧氣切割廢鋼是完善的措施：

1. 當“死鐵”沉入渣的下面，而且凸出於鋼液之上時，切割“死鐵”不但不加速熔化，反而使熔化遲緩，這是因為導熱的條件變壞——不是直接與火焰接觸（“理想”的熔化條件），而是通過導熱不良的渣加熱。

2. 無論用氧或按通常方法不用氧冶煉，在熔化後金屬的溫度

一般都是較低的。

3. 切割“死鐵”時總有極強烈的紅棕色蒸汽形成[參看 Ю.В. 克拉科夫斯基(Кряковский)的文章]，爐頂及爐牆遭受金屬的固體氧化物撞擊，從物理上及化學上都將破壞爐襯。氧化鐵形成多孔的物質落到格子磚上使之結渣並不能被吹風所除掉。

4. 鐵及其混合物的不可挽回的損失的增加常引起“軟熔”的情況，於是不得不提高爐料中生鐵的百分比，因而引起渣中含鐵量過多並降低鋼液的產量[參看 Е.В. 阿布羅西莫夫(Абросимов)的文章]。無疑，此法對耐火材料使用的影響是特別強烈的。

用氧氣“直接”氧化鋼液法

把貝氏法原理應用於平爐法中，對爐子結構是有矛盾的，此法祇可用於生產沸騰鋼及特別是工業用鐵類型的鋼。

將氣態的氧通入平爐熔池中去可以達到加速氧化雜質的目的，因而，需要把氣態氧看成是通常為氧化雜質所用的鐵礦石的代替物。

因為廢鋼法在正常生產組織中所用爐料的組成如下：即當不要扒渣以脫磷時，可不用鐵礦石，同時鐵礦石的消耗量通常不超過2—3%，因此在這種方法中似乎完全沒有必要用氧代替礦石。

然而，無論是“硬熔”或“冷熔”爐料，都需要校正熔化方法，而且有些情況是要生產含碳很低的鋼，此時就使我們不能忽略這種雖然對爐子有侵蝕但最有效的方法。

把平爐煉鋼速度提高到轉爐法的速度的這個想法是十分誘人的，很久以來這種想法就反映到無數合理化建議中來了，而且已經在許多工廠中實踐過，他們用壓縮空氣吹煉鋼液，這種方法特別被採用於製造阿姆科鐵中。在此措施中，以氧代空氣是很合理的結果。

Н. И. 莫茲哥維(Мозговой)用氧氣吹盛鋼桶中的生鐵的試

驗得出氧氣的消耗率並不高，因而促使工廠的工作人員在平爐過程中採用這種方法。

、直接氧化法的優點祇是在廢鋼法方面有過詳細研究並得出下列結論：

1. 可以大大加速碳的氧化，特別是在碳的濃度低時此法最有成效，祇要看下面的事實就足以說明：如果在一般的生產條件下，把碳量從 0.1% 降到 0.04% 需要約 2—2½ 小時，在“直接氧化”法中所需時間可縮短到 50 分鐘。然而，必須聲明，在含碳量高的情況下，用直接氧化法是否合適，這一點在冶金工作者之間目前還沒有有一致的意見。

2. 直接氧化法是使熔池快速加熱的一個有效手段。此法比加生鐵的舊法的優點就無須解釋了。

3. 直接氧化法在實際扒去脫磷渣方面也有優點。由於鼓泡激烈及因而增加渣與金屬的接觸面積，故可促進磷的氧化加速，並可使渣自動從爐中流出，因之，減輕了煉鋼工人的勞動。

4. 熔池強烈地冒泡，因而有利於熔池的脫硫過程。

5. 強烈地冒泡證實了對熔池氣體的飽和度及非金屬夾雜物的含量也有有利影響[參看 И. И. 安舍列斯(Аншелес)的文章]。

因此，可以斷定直接氧化法能够促進鋼質量的提高，且上述熔池過分氧化的危險也可完全消除[參看 В. А. 庫德林(Кудрин)的文章]。

直接氧化法除去上述優點以外，也還有着重大的缺點，那就是易生成煙塵而損害爐襯(參看 Ю. В. 克拉科夫斯基的文章)。

氧氣的綜合利用法

實驗證明最有效的方法就是同時應用上述各種方法，即所謂的“綜合法”。

在用硅磚做爐頂，用通常的含氧濃度大的空氣(達 26—27%

氧),並在加強裝料速度的條件下,此法可使生產率提高 22—48%,而重油的消耗降低 20%。此時,氧氣的消耗為 32.5 米³/噸鋼。

實驗表明,當空氣中含氧更高並再提高熱負荷時,爐頂的硅磚很快就達到極限加熱溫度了,因而不得不停止向噴口中送氧,而爐料尚未完全熔完。已經肯定,增高爐子的供熱速度必須與規定的裝料速度相適應,而裝料速度是由現有的設備及總的生產組織條件來決定的。

用熱穩定鉻鎂質材料代替硅質爐頂,可以大大減少那些限制熱負荷的因素,並且有力地提高爐子操作的技術經濟指標。

在裝料-熔化期將空氣中的含氧量提高到 28—30%,在裝料時熱負荷為 2200—2300 千克重油/小時,在熔化期為 1800—1900 千克重油/小時,在沸騰期為 1100—1200 千克重油/小時,便可使爐子的生產率提高 70% 以上,而熱量消耗率則減少約 20%。

直接氧化法的應用技術

應當指出,將氧氣通入平爐熔池的技術並不與貝氏法原理相適應,而是極簡便的。氧氣的通入是以直徑 $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ " 的鋼管在 5—10 大氣壓下通到渣面下 150—250 毫米深處。鋼管的消耗達 0.5 千克/噸鋼。

由於管子的消耗較大,促使人們另去尋找更完善的通氧方法(如用水冷的噴嘴等)¹⁾。

氧氣在平爐廢鋼-礦石法中的應用

在廢鋼-礦石法(不是廢鋼法)中,當熔池雜質濃度過高時,用直接氧化平爐熔池的方法,配合一定的氧氣火焰在邏輯上是適用的,並可以得到高度縮短熔煉時間的效果。這些雜質在用礦石作

1) 現在,在扎波羅日鋼廠(Запорожсталь)及阿左夫鋼廠(Азовсталь)正在進行水冷噴嘴經過爐頂通入氧氣的工業試驗。

用時，通常要花費很多時間。如果把礦石換為氧氣，則會使鋼的產量降低一些（因為沒有從礦石中還原來的鐵了）。由於這種情況以及氧化物蒸汽的作用對於爐襯壽命的影響，所以可以得出如下結論：如果精煉含液體生鐵百分比高的爐料時，則用雙聯法最為適宜，即用“酸性轉爐及碱性傾動式平爐”連續操作。

應用氧氣於雙聯法中可以使二個設備都以極大的生產效率工作。

平爐生產中應用低級的燃料

在我國冶金工業條件下，研究在平爐生產中用高爐煤氣及發生爐煤氣是否可能的問題是絕對必要的。從計算可知，用富氧空氣來強化這種發熱量低的燃料的燃燒，可以使得許多生產條件下的平爐過程利用這種燃料來進行，而不需要對爐的結構做重大的改變。

特別值得注意的是，把氧氣用於以粉狀燃料操作的平爐中的問題。我們都知道，用這種燃料的障礙就是蓄熱室的格子磚很快就被塵煙及燃料灰結上渣。用氧氣以後就不需要蓄熱，因此煉鋼爐就要改成單向氣流的結構，也就是改變成一種不再叫平爐的爐子了。對待這種爐子的熱損失問題，不僅像對待煉鋼爐的熱損失問題一樣，而且也像對動力設備一樣。

“鑢刀與鎚子”工廠強化平爐 過程中氧氣的應用

工程師 П.Я. 巴爾茲達因 (Барздайн)

工程師 В.П. 童科夫 (Тунков)

關於應用氧氣以強化平爐煉鋼過程的想法是由蘇聯學者和工程師們提出的。首先在工業上實現是在“鑢刀與鎚子”工廠的平爐中。

通過數千爐利用氧氣所冶煉出來的鋼的特殊研究肯定了不論用那一種方案加氧，也不論氧的消耗率多少，氧氣無論對碳素鋼或對合金鋼的質量及性能都無不良影響¹⁾。

以重油作燃料並用固體爐料的平爐廢鋼法中

應用氧氣生產技術的基本方案

由於上述研究結果，“鑢刀與鎚子”工廠擬定了並在工業生產中試驗了下列各種應用氧氣生產技術的基本方案：

1. “噴嘴通入法”——氧氣經過一些噴嘴口送入平爐熔煉室，以使空氣中含氧量增高而加強燃料的燃燒過程及獲得較好的火焰。
2. “切割爐料法”——氧氣在爐料未完全熔化，熔池不呈均勻的鏡面時通入熔煉室；氧氣流以一些特殊設計的、水冷噴嘴送到爐料中未熔部分，以加速其熔化。

1) “鑢刀與鎚子”工廠在所有試驗方案中都採用乾燥的氣態氧；這種氧以運來的液態氧氣化而得到的，氣態氧由氧氣站送來時要經過以水滑潤的壓縮機，因此，其中含有約 3 克/標準米³的水分(編者)。