

转炉車间 正常生产的经验

冶金工业出版社

PDG

出版者的話

本書是根據去年鋼鐵研究院石景山鋼鐵公司工作組的總結編成的。這一總結包含許多經驗，對於新轉爐車間的正常生產頗有參考價值。

本書適用於轉爐車間工作人員閱讀，對於大學生和中等專業學校的學生也有參考價值。

目 录

一、側吹礆性轉爐的修砌與安裝.....	1
二、轉爐烘爐操作.....	14
三、吹煉操作對轉爐爐齡的影響.....	24
四、礆性轉爐爐襯壽命的提高.....	33
五、轉爐車間化鐵爐的生產.....	50
六、轉爐鋼的澆注.....	73
七、新建轉爐車間機電設備的正常運轉.....	87

一、側吹碱性轉爐的修砌与安裝

目前大部分爐子的損壞原因不是因全部爐衬被蝕薄，而是因為局部嚴重的損壞而被迫停爐。

根據這種情況，正確的選擇爐形、耐火材料及改善砌磚方法是提高爐齡、節約耐火材料的重要措施之一。

石鋼3噸側吹轉爐由於在砌爐及其他方面的一些改進，故使爐子壽命顯著提高了。1958年11月下旬到12月初平均爐齡由10月份19爐提高到56爐以上，最高達82爐。

(一) 爐子的一般情況

1. 耐火材料：石鋼砌爐用的衬磚依其形狀、尺寸來分共有12種，其中除風眼磚用焦油鎂砂打結外，其他各種磚均用焦油白云石打結。其主要化學成分列於表1。

表 1

石鋼爐衬耐火材料的化學成分

材 料 名 稱	MgO	CaO	SiO ₂	FeO·O ₂	Al ₂ O ₃	灼 減
鎂 砂	86.24	6.5	3.9			
白云石(鎂研院分析)	28.22	58.05	5.05	1.78	5.5	
白云石(石鋼分析)	20.54	56.29	6.84		4.52	1.63

2. 爐衬主要尺寸及其砌磚：

爐子的主要尺寸及其形狀見圖1。

爐底用三層磚砌成，最下層是65公厘的粘土磚，中間為一層65公厘的焦油白云石磚，最上層為230公厘的大塊焦油白云石磚砌成。

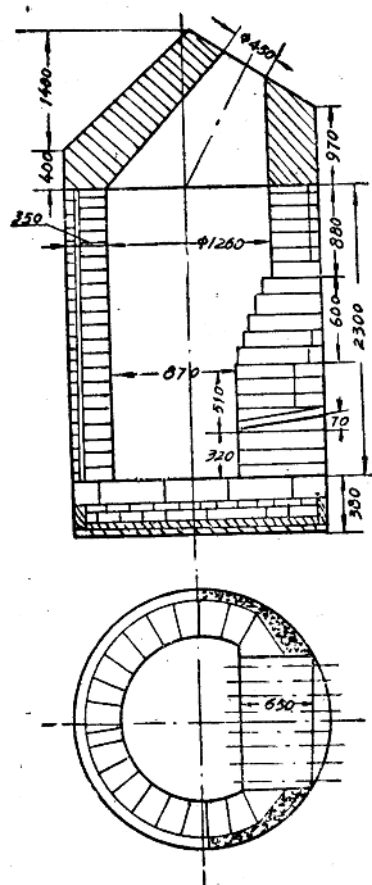


图 1 30 吨侧吹碱性转爐

全部爐牆除風眼上下 11 層用大方磚砌成外，其他部分均用 290 公厘扇形磚砌成（現在試驗採用 350 公厘）。在方磚與扇形磚接頭處用大、小三角磚分層交錯砌築。由於磚形設計上存在着問題，所以砌每一層磚要添加 3 塊 60 公厘的薄板磚。

砌築爐襯時，除了風眼磚用鹵水鎂砂粉濕砌外，其餘全部爐襯都採用干砌。最初爐襯進行濕砌，用鹵水鎂砂粉作漿，因為白雲石磚很容易水化，經過使用後磚縫的侵蝕很嚴重。為了克服這種現象，故將所有爐襯磚改為干砌，用鎂砂粉填縫。使用結果表明，干砌磚縫比磚本身還耐侵蝕，而且使用過的爐襯粘結的很好。這主要是在烘爐和冶煉時爐襯磚的焦油有一部分沿磚縫往外跑，當遇到鎂砂粉後將其爐襯磚及鎂砂粉焦結在一起。至於磚縫比磚本身耐侵蝕的原因可能因為磚的邊部比中間的含礆多一些，抗渣性強些。

現用的轉爐風眼磚是由焦油鎂砂打結成的。風眼角度為 7°，共 8 個風眼，直徑為 45 公厘，長 650 公厘。石鋼自從開爐以來，曾採用過多種風眼磚（見表 2），根據目前使用情況來看焦油鎂砂磚，既製造方便又能耐用。

表 2

曾經用過的風眼磚及其使用情況

種 類	風眼磚長	爐 齡		
		最 高	最 低	平 均
鹵水鎂砂風眼磚（打結）	460	23	12	21.33
唐山燒結鎂砂風眼磚	560	42	18	20
焦油白雲石風眼磚	480	31	11	21.33
焦油鎂砂風眼磚	480	41	26	32.2
焦油鎂砂風眼磚	650	82	31	47.1

當風眼磚加長為 650 公厘時，爐襯磚的壽命又成為薄弱環節。在不減小爐膛斷面積的基礎上加厚爐襯磚，是有其一定的實

用意义的。因此考虑拟把爐衬絕热砖取消，空位用焦油白云石砖填充。这样不仅使爐衬加厚了，而且也可以改善爐衬的冷却条件。根据实践证明，这样做对鋼水温度的影响并不显著。不过也还得考虑爐龄过高时，散温太快的缺点。也可以考虑用一层石棉板絕热。

(二) 爐子损坏情况的分析及改进措施

表 3

11月份以来爐子损坏情况

风眼砖 长,公厘	日 期	三角砖 类 别	平 均 爐 龄	损 坏 部 位				
				风眼	风眼 上部	风眼 两侧	軸下	其他
480	11月上旬以前	480	32.1	9	6			1
650		480	47	6	3	2	2	2
650	11月下旬以后	650	56.3	3	3	1	4	2

由表 3 指出直到目前为止，因为爐衬普遍变薄到不能使用的只占极少数，而大多数是因为局部衬砖被侵蚀过重而损坏。据一系列的观察結果。可能有下面一些情况。

1. 风眼砖的损坏：

选择合适的风眼砖的长度是节约爐衬耐火材料，提高爐龄的一个关键問題，根据統計，每炼一爐鋼风眼砖一般被侵蚀10公厘左右，而爐衬衬砖只损失3~4公厘。根据这个数字計算，在用480公厘的风眼砖时，当风眼砖被全部侵蚀完了，爐衬还有120~150公厘。根据这种情况，合理的加长风眼砖是必要的，但是在爐壳已經确定了的情况下，无限制的增加风眼砖的长度必然会使熔池短径过小，相应地引起爐衬其他部位的严重损坏。

使风眼砖的寿命能很好的与爐衬寿命相配合，除了增加风眼

长度以外，更重要的是应从减少风眼砖侵蚀速度上着手。风眼砖的侵蚀速度除了与冶炼制度、烘爐方法有关外，风眼砖的砌筑及爐子的安装情况对其影响也很大。

(1) 风眼高低不平的影响：在观察风眼砖的侵蚀情况时发现，由于风眼砖摆的不平，有高有低，因而在最后剩下的风眼砖长短不齐，有时风眼高的剩下多，有的相反。这种现象可能是与吹炼深浅有关：有的爐子吹炼得较深，所以较低的风眼吹的更深。这样低的风眼，侵蚀速度就比较快。与此相反，有的爐子吹炼较浅，这时较高的风眼更高，甚至吊吹，这时较高的风眼的侵蚀速度也要加快。总之，由于风眼的高低不一致造成侵蚀速度不同。

(2) 爐子安装不正的影响：在观察爐子的侵蚀情况时发现，由于爐子两軸不在一个水平面上，使较高的一侧风眼侵蚀的速度比另一侧多。这是因为吹炼軸高的一侧风眼，成吊吹，因此侵蚀速度就要快。此外，由于这个原因使軸高的一侧爐衬的侵蚀速度也比较大。

(3) 风眼砖的氧化的影响：焦油鎂砂风眼砖在高温时主要以焦化（或石墨化）碳为“骨架”粘結在一起，因而它有很好的高温机械性能及抗渣性。

有些爐子的风眼砖曾經采用干砌。烘爐时砖縫的鎂砂粉容易被吹走，因此在冶炼过程中，含水空气窜到砖縫中，使风眼砖及爐衬砖的鎂砂及白云石被水化。在一定的温度下（ 300° 以上），碳质“骨架”被氧化（见图2），使风眼砖成为松散状态，因而大大降低了其化学侵蚀及机械冲刷的性能。这些爐子风眼砖寿命一般只能达到35爐左右。

为了防止氧化和水化，风眼砖采用卤水鎂砂湿砌，并在风眼砖内加上铁管。这样，一方面可以防止氧化，同时也可使其少变形。但是，铁管不宜过厚，最好是用薄白铁皮制作，因为厚了，

在冶炼过程中会氧化产生氧化铁，使局部耐火材料熔点降低，侵蚀加速。在实践的过程中常发现喇叭状风眼砖残余，其原因我们分析主要是过厚的铁管被氧化。把风箱内的砖用铁板保护好（见图3）。为了防止空气与砖接触，经过改进后风眼砖的氧化与水化现象基本避免了，风眼砖的寿命普遍提高到55爐以上。在使用过程中发现，当铁板和砖之间接触愈严密，则保护的愈好。

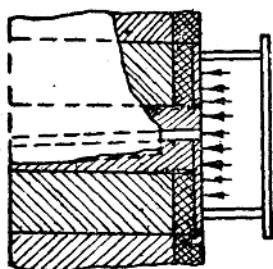


图2 风眼砖的氧化情况

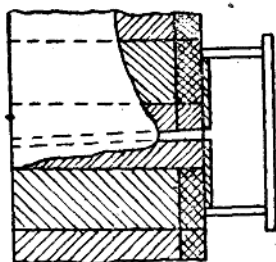


图3 防止风眼砖氧化的办法

2. 风眼上部的损坏:

根据多爐的统计来看，爐子的一般损坏情况如图4。水力学模型試驗指出，后墙的损坏的主要原因是在破沸騰期渣子在后爐墙处上下扰动，这种扰动随着风压增大，吹炼深度增加而加大，（见图5）。

：为了防止这里的损坏，可以采用双排风眼，这样可以减少风眼附近鋼渣的扰动。石鋼为此采用双排风眼，其构造如下：主排风眼八个 $\phi 45$ 公厘角度为 7° ，二排风眼六个 $\phi 20$ 公厘角度为 0° ，两排风眼之间的距离180公厘。根据試驗的結果証实，风眼上部的损坏情况大大減輕了，而且风眼的寿命也显著地提高了，达到60爐时风眼还有50公厘，而該爐爐龄过去最高只达到52爐。

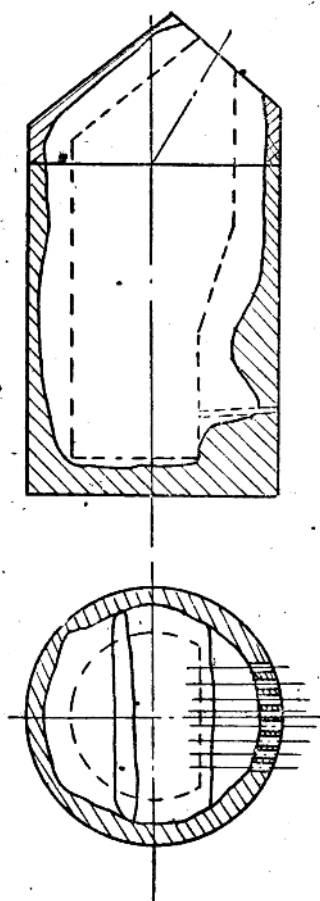


图 4 爐子的一般損壞情況

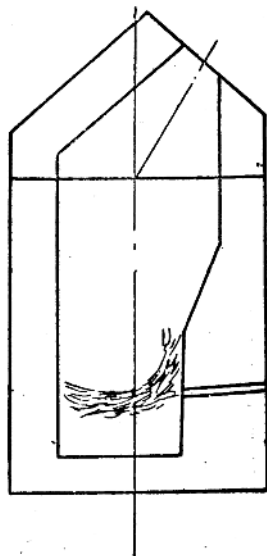


图 5 吹煉時鋼渣對爐
的冲刷情况

根据观察爐口小的爐子（爐口 $\phi 400$ ）其风眼上部的侵蝕比大爐口（ $\phi 500$ ）严重（见图6）。

这主要是因为爐气出口的阻力大，增加了爐內的渦流。这种說法可用另一个现象来証实，曾經有一次爐口安偏了，其损坏

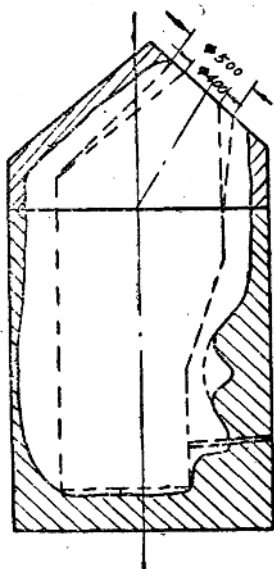


图6 爐口尺寸对爐衬侵蝕情况的影响

后在爐口偏向的一側爐衬侵蝕的比較均匀，而在另一側于风眼以上300~500公厘的水平面有一道深达80公厘的沟，而其位置与小爐口的侵蝕位置相符合。

如表3所示，在11月上旬以前损坏部位在风眼上部（见图7）占的比重很大。这可能有两个原因，第一个原因是在那段时间内采用的风压高，一般在230公厘水銀柱左右，据文献記載，爐气在爐內的运动如图8。可以想象，风压愈大，对风眼上部的冲刷愈厉害，一直到最后还冲刷。在现在的冶炼中风压已經降低到150~200

公厘水銀柱。在爐齡的前期，发现有挖坑现象，而后随爐膛逐渐增长，又因为风压較以前低，所以冲刷大大減弱。因此在最后此坑被冲刷平。

第二个原因是經常吹負角度。如图9所示，在以負角度吹炼时，鋼渣的扰动有冲刷风眼上部的作用，而且有掏坑的作用。因此，这也可能是造成这里侵蝕严重的现象。

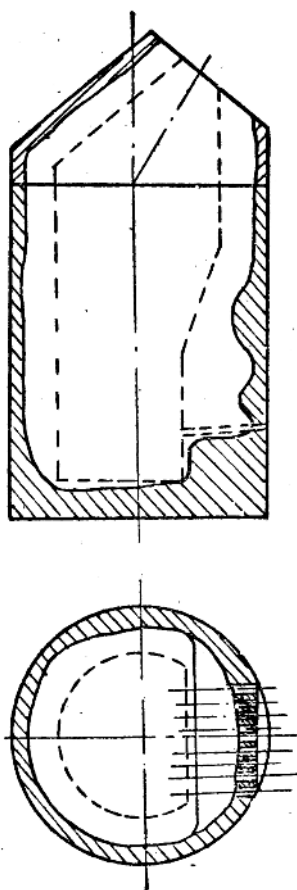


图 7 11月上旬以前爐衬的侵蝕情况

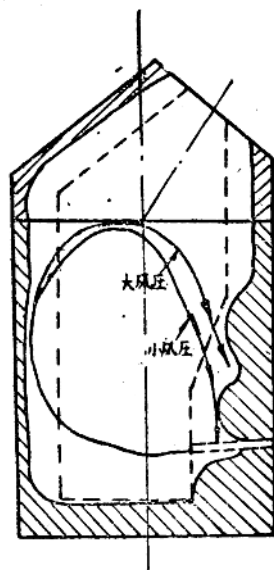


图 8 在不同风压下，
爐內气流的冲刷情况

3. 风眼两侧的损坏：在风眼两侧的爐衬砖，一方面因为两侧涡流的冲刷，另一方面在风眼砖改长后，其拐角处的三角砖沒有相应加长，而且空隙中的填料打的不紧，所以当爐衬被侵蝕到虛綫位置时，凸处就会被烧穿（见图10）。根据这种现象把三角砖加长到 650 公厘后处，烧穿的现象基本上被消除掉。

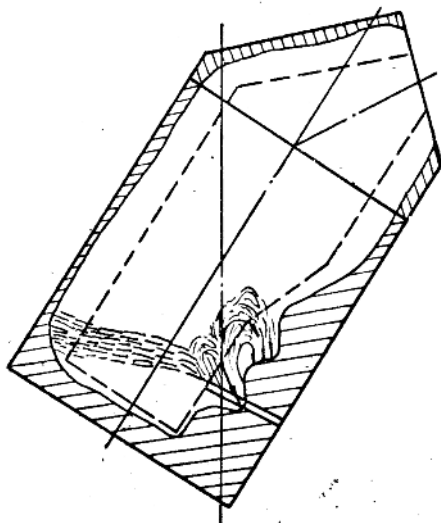


图 9 負角度吹炼时鋼渣对爐衬的冲刷

4. 两軸附近爐衬砖的损坏：

石鋼所有轉爐损坏后，在爐子两侧軸附近的爐衬被侵蝕的非常严重（见图 11），在爐龄逐渐提高的过程中这里愈显得薄弱。

据观察，这里主要是涡流的冲刷，而这里的涡流却与风眼的

分布宽度有关。曾經有的爐子最外边两个风眼被堵塞，結果其两軸附近衬砖的侵蝕量增加了10~20公厘。据此现象可以設想，如果把风眼分布的宽度加宽可能使涡流比现在輕一些，因而可减少冲刷的程度。在此处应采用比白云石耐 FeO 侵蝕的焦油 鎂砂砖砌筑。

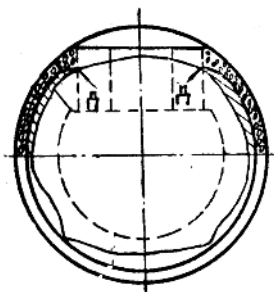


图 10 用短三角砖时风眼砖
两侧砌砖情况

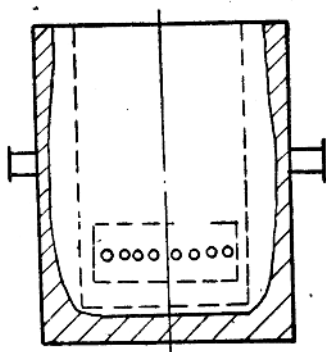


图 11 爐身两侧侵蝕
情况

5. 渣綫的损坏：拉破后等包或打出鋼口时在爐衬上蝕出一
条渣綫。在两軸附近由于上述原因被侵蝕得很薄，再加上渣綫的
侵蝕，曾經发生过漏鋼事故。由于渣綫的位置便于补爐，我們曾
采用了焦油鎂砂热料爐衬。烧穿前將鋼渣倒淨进行投补，待焦油
鎂砂停止冒烟时即装鉄吹炼。在生产中使用效果很好。

根据以上的分析可以基本上找到爐子损坏的原因，根据这些
分析提出如下的建議：

1. 把爐子改为馬蹄形：在风眼砖加长 650 公厘。以后还常。
常因风眼损坏停爐，但是如再加长风眼使其再向熔池延伸会使熔
池短径过分短。这不但会因熔池加深使冶熔時間延长，而且会相

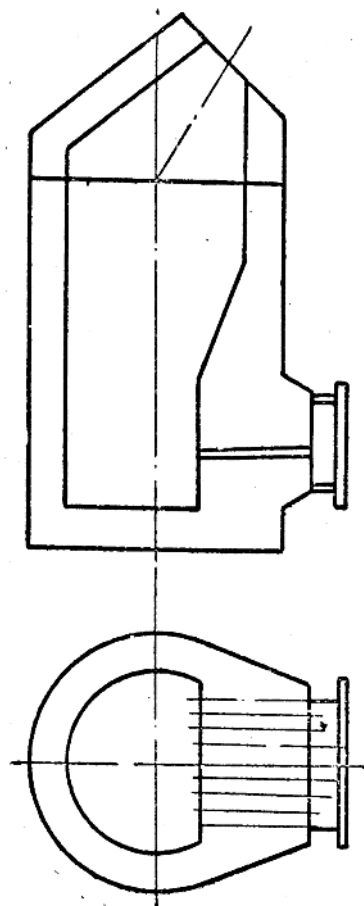


图 12 馬蹄形轉爐

应引起其他部分的损坏。为了能继续加长风眼，故县曾将爐子改成馬蹄形（见图12）。这种爐子使风眼向风箱方向延长，因此就可以不受爐子尺寸的限制。

2. 采用适当大的爐口：前面已叙述过，小爐口（ $\phi 400$ ）会使爐衬侵蚀不均匀。根据生产使用情况爐口加大到 $\phi 450 \sim \phi 500$ 不但可以使爐衬侵蚀比较均匀，而且出鋼温度及噴濺现象并没有显著的变化。

3. 增加风眼个数：如前所述，在风眼分布的长度太短时会引起两軸附近冲刷严重。而在采用 650 公厘的风眼时，风眼砖所在的弦长达1100公厘。因此完全可采用 9 个风眼，这样可能減輕两軸附近的冲刷现象。

4. 两軸附近的爐衬砖采用焦油鎂砂砖：据观察可以認為，爐衬的化学侵蚀，主要是氧化鉄，焦油鎂砂砖的耐氧化侵蚀性能比焦油白云石砖好些。如果在这里加以改进，可能解决两軸附近局部损坏的现象。

5. 保証爐身装平，爐口装正：由前面已指出，由于爐軸不平、爐口不正，造成爐衬的局部严重损坏。因此在安装爐身和爐帽时应保証装平、装正。

二、轉爐烘爐操作

烘爐对焦油白云石(或焦油鎂砂)爐衬砖來說,除了使爐衬达到炼鋼所需要的溫度外,更重要的是它也是爐衬砖的燒結过程。而爐衬砖燒結的好坏,直接影响着爐衬砖的侵蝕速度。烘爐的方法很多,冶金工作者各有不同的主張。我們据实际使用的結果認為在生产的条件下快速升溫絕對优越于慢速升溫。

石鋼3吨側吹碱性轉爐就是由于烘爐时采用了快速升溫及其他方面的措施,使平均爐齡由19爐(1958年10月份)提高到55爐(12月上旬)最高达82爐。

(一) 爐衬燒結的原理

焦油鎂砂风眼砖和焦油白云石爐衬砖在低溫状态下是依靠焦油的粘結性把鎂砂(或白云石)粘結在一起的,而在高溫下依靠焦油焦化(或石墨化)形成“骨架”来粘接。这种坚实的“骨架”具有良好的机械性能及抗渣性。

許多文献指出,在燒結砖中残留的碳,尤其是石墨化的碳愈多,爐衬抗侵蝕能力愈强。为了提高砖中的含碳量,首先应設法增加碳的来源。在制砖时可以用回收旧料,增加瀝青的用量,但是如果瀝青太多,在烘爐时会产生坍塌变形,而另外一个很重要的办法就是减少被揮发掉的碳量。过去为了跑水分在爐壳上打有气孔。在采用干砌爐衬时这些气孔就沒有必要。将其堵塞可以避免烘爐及冶炼过程中大量碳份由此处揮发掉。为了避免烘爐过程中更大数量碳的揮发。在烘爐方法上还应更注意。

从瀝青的性质可以知道,爐溫升高到250~300°C左右时揮发物开始揮发;在500—600°C时焦油开始焦化;1400°C开始石墨化。升溫速度愈快,砖中残留碳愈多,烘烤溫度愈高残留碳的石

墨化愈好。

(二) 烘爐中的几个問題

1. 升溫速度：有的資料里主張焦油白云石爐衬烘爐時升溫到 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 時保溫 $3\sim 4$ 小時以後，再慢慢加大送風壓力來提高爐溫。

這種烘爐方法是不適合於焦油白云石爐衬的，因為在 200 多度時焦油磚處於軟化狀態，如在此溫度下保持的時間過長會造成爐衬的剝落，在 300°C 以上時焦油開始揮發，這時揮發分大量往外跑。在這個溫度範圍內停留的時間愈長，則磚中的碳揮發掉的愈多，因此磚的機械性能及抗渣性愈低。

石鋼曾有一個轉爐的爐衬，在烘烤初期不通风，只用木柴烘了三小時，所以在吹煉前就發現爐衬剝落，這個轉爐衬的壽命結果還不到一爐。

由以上敘述可以肯定，烘爐採用慢速升溫對爐衬壽命是有害的。

根據瀝青結焦過程的特性，我們認為，在烘爐時應該在 $3\sim 3.5$ 小時內把爐衬溫度提高到 $1100\sim 1400^{\circ}\text{C}$ ，使其處在結焦處石墨化的溫度。這樣可以使磚的表面很快就形成一層結焦層，可以阻止磚內焦油大量往外揮發，並且可以防止油磚內部軟化狀態磚的坍塌。

採用快速升溫使得爐衬磚的殘留含碳量顯著增加，因而大大提高了爐衬及風眼磚的壽命。

2. 風眼及爐底的烘烤時間：瀝青的焦化（石墨化）程度及結焦層的厚度除與烘爐溫度有關係外，還與烘爐時間有很大的關係；如果能正常的送風，則爐身的烘烤可以保證有足夠的燒結層，但是在通風時風眼周圍的爐衬磚及爐底不能得到很好的烘烤。為了補足這個缺陷，需要專門停風烘烤風眼。如圖1所示，