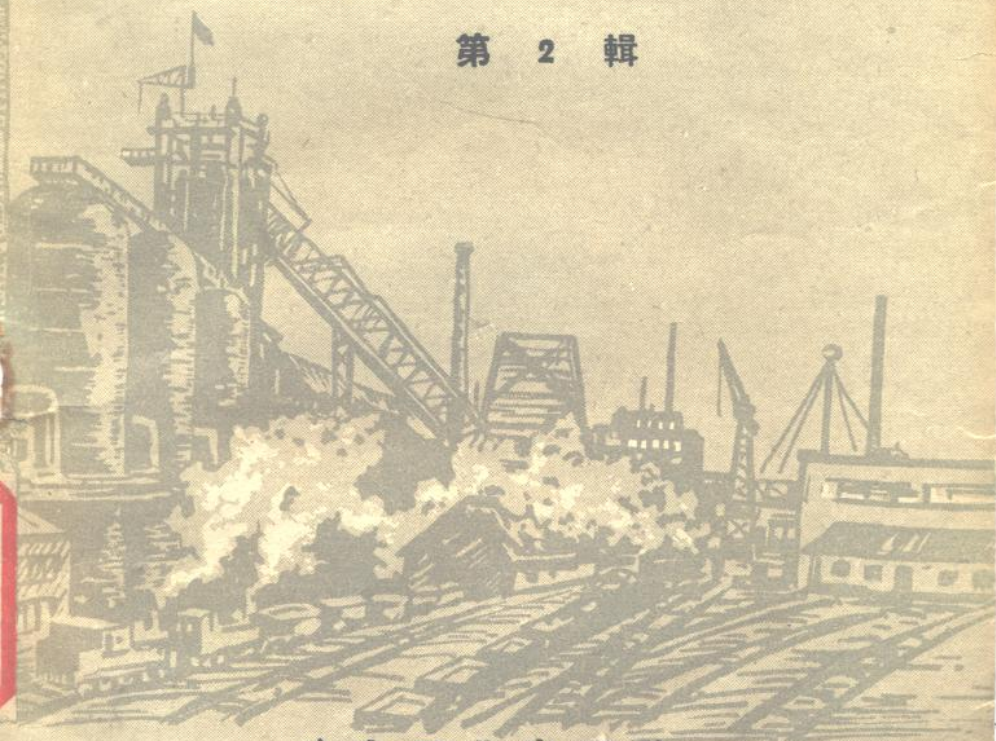


炼铁文集

第 2 輯



冶金工业出版社

76.21
241.7
2-1

炼 鉄 文 集

第 2 輯

高 圧 操 作

ZK553/02

冶金工业出版社

炼铁文集 第2辑

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲45号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店发行

1960年1月第一版

1960年1月北京第一次印刷

印数 3,042 册

开本850×1168 1/32 123,000字 • 印张5 $\frac{12}{32}$ •

统一书号15062·2031 定价0.70元

出版者的話

这些年来，在党的正确领导下，随着社会主义建设的飞跃发展，我国在炼铁工业方面，也取得了很大的成就。学习国外经验，特别是苏联的炼铁先进经验，在提高我国高炉生产技术和丰富我国广大炼铁工作者的知识等方面起了很大的作用。

为了更好地结合我国实际情况，选择介绍国内外炼铁先进科学技术成就，和便利读者选购，我们准备将国内外炼铁技术资料尽量按照不同专题，以“炼铁文集”的形式陆续编辑出版。

炼铁文集第一辑已出版，其内容包括铁矿石的烧结、焙烧和造球等方面的技术文章。本书（第二辑）内容介绍苏联高炉高压操作的经验，对于我国炼铁工作者有一定参考价值。

这个工作，我们还刚刚开始，尚缺乏经验，为了促进我国炼铁工业的不断发展和更好地满足广大读者的需要，我们热忱希望全国广大炼铁工作者对“炼铁文集”的内容和编排、印刷上提出意见和建议，并热烈欢迎供给我们以丰富的稿源，以便逐渐地把它办成一个受广大读者喜爱的读物。

目 录

1. 高爐高压操作的理論……………И.П.肖米克 …… 1
2. 高爐高压操作經驗……………И.И.卡尔达謝維奇等 …… 9
3. 高压煤气的淨化操作……………М.Н.安楚波夫 ……42
4. 料层中鉄的氧化物在高压气
相下的还原……………А.С.杜馬列夫和П.А.潘留申…………46
5. 高压操作对生鉄化学成分的
影响……………В.Л.包克雷什金…………64
6. 采用高压爐頂操作时爐缸的
操作过程……………В.Ф.貢恰罗夫…………79
7. 高爐高压操作技术的掌握……………В.П.謝尔巴科夫 ……97
8. 爐頂煤气压力为 0.8 計示大气压
的高爐操作……………П.Ф.謝尔盖也夫和Н.И.瓦西利欽柯 …… 113
9. 爐頂煤气压力为 1 个計示大气压以上的
高爐操作……………В.П.昂諾波利因科和В.Н.斯达尔申諾夫… 131
10. 爐頂煤气压力达 1.1 計示大气压的
高爐操作……………В.П.昂諾波利因科等… 137
11. 爐頂煤气压力达 1.3 計示大气压的
高爐操作…Е.Г.捷捷列瓦尼柯夫和В.Н.安德罗諾夫 …… 157

高爐高压操作的理論

И. П. 肖 米 克

高爐的高压操作到現在已經成为现实中的問題了，因为在这一方面已取得了很丰富的經驗。

1915年俄国工程师叶斯曼斯基 (П. М. Есманский) 第一次在俄国的一种刊物上发表了有关应用高压操作的想法的文章。但他的文章发表后，在当时并未引起人們的广泛重視。

在40年代工程师考洛勃夫 (И. И. Коробов) 在苏联南方第聶伯尔彼得洛夫斯克 (Днепропетровский) 工厂又开始应用了高压操作，自此以来高压操作就有了很大的进展，取得了很大的成績。不过，考洛勃夫在应用高压操作时并不知道叶斯曼斯基过去这种应用高压操作的观点的。

十五年来，高压操作已被正式推广应用，并取得了丰富的經驗。

实行高压操作以后所見的效果是：

- (1) 爐子产量大大增加；
- (2) 爐尘量大大减少；
- (3) 焦比有若干程度的节省。

現在主要的是来討論一下高压操作的理論基础。下面就分別討論关于增加产量、减少爐尘量和节省焦比之原因。

一、高爐产量的增加

在40年代当时考洛勃夫所处的情况是高爐产量已受到了很大的限制。限制的因素已不是还原过程，亦不是其他因素，而是气体动力学上的問題。高爐已不能接受更大的风量，假若风量再有增加，則爐子立刻就会产生悬料，产量就反而会降低。

从高爐各不同高度上取固体和液体的样品进行分析的结果，証明氧化鉄至爐腹部分已几乎完全还原了。由此可見，还原过程至爐腰已基本完成了。这一事实証明：至今还原过程在高爐是完全来得及完成的，因而还原过程不是限制爐子冶炼强度增加的因素。

既然气体动力学过程是限制高爐冶炼强度增加的因素，那末如何解决这一矛盾呢？也就是如何来减少爐料所受到的煤气上升浮力的作用而能增加风量呢？增加煤气压力是增加实际风量（按重量計算）的一个办法。原因是：

$$P_r - P_k = \Delta P \dots \dots \text{压力差}$$

式中 P_r —— 爐缸內煤气的压力；

P_k —— 爐喉中煤气的压力。

如果风压增加，煤气比重也就随之增加。当容积不变时按重量計算的送入爐子的风量就增加了。

如果重量风量不变，則容积风量就减少。当把爐喉煤气压力提高以后，压力差 ΔP 变小，这就使爐料所受到煤气上升浮力作用减小，因此，就可以增加风量而不必担心爐子会不会接受得了。

奥斯特洛烏哈夫 (М. Я. Осмоухов) 曾經作过实验研究，研究到底可以把风量增加多少倍，而压力差 ΔP 則达到原先的数值。

奥斯特洛烏哈夫之文章原載苏联 [鋼] 杂志1954年第十期。現在簡單介紹一下他的研究結果。

奥斯特洛烏哈夫得出下列一些公式：

$$\frac{G_2}{G_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.56} \quad (1)$$

式中 G_2 —— 高压操作后鼓风的重量；

G_1 —— 高压操作前鼓风的重量。

$$P_2 = \frac{P_{k2} + P_{\phi 2}}{2} \quad (2)$$

式中 P_2 —— 高压操作后高爐內的平均压力;
 P_{κ_2} —— 高压操作后高爐爐喉中的压力;
 P_{ϕ_2} —— 高压操作后高爐风口帶之压力。

$$P_1 = \frac{P_{\kappa_1} + P_{\phi_1}}{2} \quad (3)$$

式中 P_1 —— 高压操作前高爐內的平均压力;
 P_{κ_1} —— 高压操作前高爐爐喉中的压力;
 P_{ϕ_1} —— 高压操作前高爐风口帶之压力。

或写成

$$P_1 = P_{\kappa_1} + \frac{\Delta P_1}{2} \quad (4)$$

$$P_2 = P_{\kappa_2} + \frac{\Delta P_2}{2} \quad (5)$$

($\because \Delta P = P_F - P_{\kappa}$)。

在某一定的工厂中，就可以根据上述公式計算出在压力差 ΔP 不变的条件下所增加的鼓风的重量。

奥斯特洛烏哈夫以一个苏联东方工厂之高爐作例进行了計算。其計算如下：

爐喉压力	增加风量，%
$P_{\kappa} = 1.4$ 绝对大气压	10%
$P_{\kappa} = 2.0$ 绝对大气压	25%
$P_{\kappa} = 5.0$ 绝对大气压	100%

奥斯特洛烏哈夫的計算只是根据气体动力学方面出发，而其他任何条件均保持不变。当然，其中 $P_{\kappa} = 5.0$ 绝对大气压这一点現今尚未应用，現在 P_{κ} 只达到 2.0 绝对大气压。

在目前來說，限制高爐增加鼓入风量的因素是气体动力学方面的因素，而不是物理化学方面的因素。然而，进一步的发展也可能使物理化学方面的因素成为限制的因素。

必須說明，奥斯特洛烏哈夫之公式只是一种实验式，只能用来近似地計算。他的实验方法是在实验用的圓筒中放入块度整齐

— 4 —

的原料，而实际的高爐則与此不同，高爐不是圓筒形的，所用原料块度亦不是整齐的，另外还有其他許多不同的地方。然而終究实验情况仍是近似于高爐情况的，可以把其結果用来作理論上的解释。

高压操作后产量增加之原因从理論上分析有下列几方面：

(1) 高压操作后增加了实际的风量。奥斯特洛烏哈夫之公式就說明了这一点。但是在实际上由于鼓风机能力的限制，高爐中 P_k 不能达到5.0絕對大氣压；

(2) 焦比可以有若干程度的节省，因此产量亦有若干增加。然而，焦比并不是說是可以节省的，有时它可能相反，也即反而会有所增加，此时产量增加就只有前一个原因了。

关于焦比可以节省之原因下面再談。

二、高爐爐尘量的減少

如果高压操作后，风量（按重量計算的）未增加，焦比又未有降低，那末高压操作带来的唯一的好处就只有爐尘量的减少了。

爐尘量減少的原因是鼓风和煤气的比重增加，其容积相应縮小，因此煤气流速減少了，而煤气气流在爐喉部分时速度之減少必然会引起爐尘量之減少。爐尘量之減少亦会使爐子产量有所增加。但一般这一增加产量的可能因素并未考虑进去。

三、焦比之降低

高爐实行高压操作以后焦比降低之原因有：

(1) 經实验研究結果証明，在其他一切条件一定之情况下，煤气压力的增高能使鉄矿石还原的速度增加。如果上述实验是正确的話，那末在低溫帶之矿石还原速度增加，因此間接还原度就增加，而直接还原度則減少，这样焦比就可以有一些降低。

(2) 反应 $2\text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{C}$ ，当压力增加时反应向右，即

沉积出之炭黑量增加。反应向右进行增加之结果，一方面是使煤气中的 CO_2 含量增加，另一方面是沉积出的炭黑可以再次利用。煤气中 CO_2 含量增加和 CO 含量之降低说明煤气利用改善了，因此焦比就可以有所降低。

(3) 由于炉子产量的增加，单位生铁之热量损失就减少了，因为冷却水带走之热量及辐射损失热量等这些因素主要决定于时间和表面积的大小，它们几乎与产量无关。

当然，这一因素不可能使焦比有很大的降低。

(4) 在高压操作时，炉子工作顺利了，管道行程的发生少了，这样煤气的化学能和热能的利用就会改善。但这一因素只能用来解释在高压操作时是顺行的情况与在常压操作时是不顺行的情况这二者相比较时的焦比应有所降低。如果高压操作后，炉况反而不顺，则焦比反而会有所提高。

以上这些原因在实际应用上，由于炉喉压力 P_k 一般增加不多，只达到 $0.8 \sim 1.0$ 计示大气压（表压），因此，焦比降低亦就不会很多。因此，那种认为在高压操作以后，焦比可以大大降低的说法是没有根据的。（ $P_k = 0.8$ 表压是长期应用过的，而 $P_k = 1.0$ 表压则只是短期试验过的）。

某些高炉工作者认为，增高煤气压力能改善煤气气流在断面上的分布，煤气可以到达在常压操作时所不能到达的地方，因此，煤气化学能和热能的利用就改善了。这种说法我是完全不同意的，因为煤气分布改善之原因不是压力增加，而是压力差的增加。例如，在圆筒中放一堆矿石，由下部鼓风。如果只是下部之鼓风压力增加，而上下两端之压力差并未有增加，则煤气分布就没有理由说可以改善。相反，如果只是增加了风压，而风量未作相适应的增加，则此时煤气分布将变坏，边缘煤气将过分发展。这种现象与慢风操作时所产生的现象是一样的。

以上我这种看法只是个人的意见，在出版的刊物上尚未见到过，但我这种看法是有事实根据的。例如，在马格尼托哥尔斯克

工厂有三座高爐一同进行了高压操作，爐子的工作時間长短如下（包括一次中修時間）：

常压操作的爐子……………3.5~4年；

高压操作的爐子……………2~2.5年。

这一数据是在1954年召开的全苏高爐工作者會議上該厂提出的报告中談到的。

高压操作的爐子，其工作時間所以短是由于煤气压力增高以后风量（按重量計算）未相适应地增加，因此，边缘煤气就过分发展，以至使爐身部分砖墙寿命大为縮短。

又如在庫茲涅茨克工厂的报告中提到，如果高压操作后不相应地增加风量，則边缘煤气会过分发展。

在1955年「鋼」杂志第十期关于查波罗什工厂的情况的文章中歇尔巴科夫（В.П.Щербаков）也指出，高压操作时，如果风量不相应地增加，則边缘煤气将过分发展。

爐身砖墙为何在这种情况下容易损坏呢？其原因在于：高压操作按重量計算的风量未有增加，鼓风容积以至煤气容积减小，因而气流速度变小。而气流速度之减少就引起在气流分布上过分集中于边缘部分，过分发展的带有灰尘的煤气气流的强烈作用引起爐身砖墙很快损坏。

为何在煤气的总流速減小的情况下仍会使砖墙容易损坏呢？

这一問題表面上好像是矛盾的。

下面我就这一問題談談我的看法，但这一意見我在苏联并未发表过，只是与个别同志交换过，不知在你們中間会有多少人支持我的意見。

我的解释如下：

由图1可見，在正常操作时。接近边缘之一小地段內通过

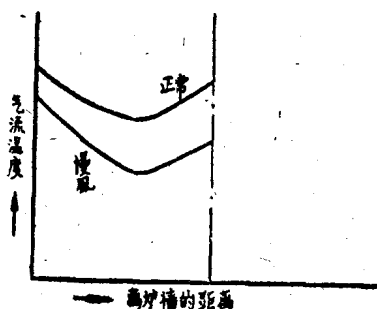


图1 爐身气流速度之分布

的煤气量只占全部的30%，而在高压操作（未相应地增加风量就与慢风操作的情况一样）时，则占60~70%。焦炭燃烧时所放出之热量原来是作为供给全部原料用的，而高压操作（未相应地增加风量）以后，爐身边缘煤气量相对地比边缘之原料量就大得多，因此边缘矿石吸热就特别多。在这种情况下边缘料輕和煤气的温度均上升了，以至大量的煤气的热量除传给爐墙以外，再没有其他物质可以吸收这样大量的热量，因此，爐身砖墙温度大为增加，砌砖软化。软化后的砌砖就很容易为强烈的带有灰尘的煤气气流所冲坏。

在表1中列出了一些馬格尼哥尔斯克、庫茲涅茨克和查波罗什等工厂多年未积累起来的实际数据，这些数据是现今文献中所没有的。

表 1

苏联若干工厂实行高压操作后各项指标的变化

次序	项 目	馬格尼托哥尔 斯克工厂	庫茲涅茨克工厂		查波罗什工厂		
			一号爐	三号爐	三号爐	三号爐	四号爐
1	爐喉压力 P_k (表压)	0.6—0.8	0.5	0.6	—	0.45	0.49
2	产量增加, %	3—6%	9.4	6.3	7.7	6.0	4.5
3	焦比降低, %	3—5%	2.1	0.0	6.2	1.2	0.7
4	爐尘量减少, %	35—40%	—	—	57.0	30.0	8.0
5	焦炭一昼夜消耗量增加, %	—	6.9%	6.1%			
6	CO ₂ 在爐喉煤气中的含量	12.9%代替了以前的11.8%					

在馬格尼托哥尔斯克工厂中高爐实行高压操作以后，风量几乎未有增加，产量的增加是由于爐尘量减少而来的。风量未有多大增加之原因是在高压操作前已经差不多是用尽了鼓风机的能力，在设计时所留的设备，风量早已用掉。焦比稍降之原因是由于风量稍稍增加了一些，虽然其增加量并不太多。

查波罗什工厂高爐上爐尘量的减少对不同爐子之所以不同是

因为所用原料也不相同。二号爐以前的爐尘量本来就多，达到250公斤/吨生鉄，而在其他的一个高爐上本来就較少。經驗証明：如果原先之爐尘量多，則高压操作后之減少量要多；反之，原先就較少，則減少量也較少。

由表1的这些数据可以看到：实际高爐在实行高压操作以后产量的增加比由奥斯特洛烏哈夫的实驗公式計算得出的要少得多，其原因是原先爐子已經用尽了鼓风机之鼓风能力。因此，今后之任务是进一步供給高爐以新的能力更大的鼓风机，要求这样的鼓风机能供給的鼓风压力既高而风量又多。当然，上面列出的数据是长期积累的平均值，因此，产量增加和焦炭消耗量降低的数量仍是相当可观的。

現今苏联几乎每一个工厂都已有高压操作的爐子了。这些爐子的实际工作也都証明高压操作以后爐况順行了，爐尘量也减少了。

高爐高压操作經驗

工程师 И.И.卡尔达謝維奇科学技术碩士 Л.И.斯列普索

娃和Н.Е.西道罗夫

1954年9~11月間，曾在馬格尼托哥爾斯克冶金联合企业、庫茲涅茨冶金联合企业、查波羅什鋼厂、亞速鋼厂和捷尔仁斯基冶金工厂組織了研究、總結和运用高压高爐操作先进經驗的厂际研究組。

参加研究組工作的有：馬格尼托哥爾斯克冶金联合企业、庫茲涅茨冶金联合企业、新塔吉尔冶金工厂、車里雅賓斯克冶金工厂、亞速鋼厂、查波羅什鋼厂、克里伏罗格鋼厂、捷尔仁斯基和基洛夫工厂炼鉄車間的工长、机械师和工程技術人員以及中央黑色冶金科学研究院，烏拉尔和烏克蘭金屬研究所以及国立冶金工厂設計院列宁格勒分院的科学工作者^①。

研究組的参加者了解了上述各厂炼鉄車間的实际操作，并听取了許多报告，这些报告的主要內容包括炼鉄車間作业，高压高爐操作法，設備結構和設備維護。

① 参加厂际研究組工作的有：馬格尼托哥爾斯克冶金联合企业——П.П.米申，B.A.沙斯金，Л.Т.奥尔洛夫，庫茲涅茨冶金联合企业——Б.И.阿什賓，B.A.庫納列夫，新塔吉尔冶金工厂——И.И.普什卡什，B.B.克留齐柯夫，M.A.罗里尼科，車里雅賓斯克冶金工厂——A.K.沙波什尼柯夫，A.A.弗拉基米罗夫，B.A.蓋斯特留克，亞速鋼厂——Л.А.別尼沃達斯基，M.K.瓦西立耶夫，Л.Ф.斯捷申柯，查波羅什鋼厂——П.И.阿斯塔罗夫，И.С.耶姆琴柯，捷尔仁斯基冶金工厂——Н.И.巴賓柯，B.Д.吉齐柯，克里伏罗格斯克鋼厂——A.Б.巴拉諾夫，Ф.И.舍夫琴柯，B.И.克里溫柯，基洛夫工厂——B.M.莫茲高伏依，A.H.尼吉金，中央黑色冶金科学研究院——B.Г.伏斯柯包依尼柯夫，Л.И.斯列普索娃，A.Г.米哈列維奇，烏拉尔鋼鉄研究所——E.M.魯克申，烏克蘭鋼鉄研究所——И.Д.巴舍，H.E.西道罗夫，国立冶金工厂設計院列宁格勒分院——M.И.查普列夫，П.С.科尔基什柯。

研究組在東方工廠由Ф.Ф. 格里高立耶夫(蘇聯黑色冶金部)領導, 在南方工廠由И.Н. 卡爾達謝維奇(捷爾仁斯基冶金工廠)領導。

考察煉鐵車間作業的結果證明, 高爐改為高壓操作能提高高爐的生產能力, 降低焦比和減少爐塵吹出量。

由於高爐操作的條件不同, 爐喉煤氣的壓力提高到0.5~0.7計示大氣壓時, 在不同的工廠內生產能力提高的程度是不同的, 生產能力提高的波動範圍在2~5%之間。捷爾仁斯基冶金工廠在使用新的裝料設備的條件下, 在操作的個別的短時期內, 高爐生產能力的增加達到8~9%。

在馬格尼托哥爾斯克冶金聯合企業焦比降低的最多(2~4%), 該企業在強化高爐操作的同時, 對保證高爐爐況的順利也給予了特別注意, 從而最大限度的利用了煤氣的化學能和熱能。

高爐改為高壓操作時, 爐塵的吹出量降低了30~50%。

爐喉煤氣壓力為0.3~0.4計示大氣壓時, 高爐的操作所產生的有利效果比煤氣壓力為0.5~0.7計示大氣壓時高爐的操作要小, 並且這不僅在生產指示標面, 而且由於煤氣的壓力小, 使大蓋與漏斗接觸的不夠緊密, 在裝料裝置作業方面也是如此。

設備的構造和壽命

調節閥裝置。在所有高壓操作的高爐上, 煤氣管綫的變壓系統都是相同的, 即調節閥裝置位於濕式煤氣洗滌塔的後面。

在大多數的高爐上(庫茲涅茨冶金聯合企業的高爐和查波羅什鋼廠的3號和4號高爐除外)都安設有馬格尼托哥爾斯克冶金聯合企業型式的調節閥組, 它由三個直徑為750毫米的蝶閥, 一個直徑為400毫米的蝶閥和一個直徑為300毫米的自由孔道組成。利用直徑為400毫米的自動閥和直徑為750毫米的遠距離控制的機械化閥來保持高爐在規定的壓力下進行操作。其餘兩個閥用人工控制, 它們通常是關閉着的。

上述系統和調節閥組的裝置是完全正確的。

均壓閥。在高压操作的高爐上，大小蓋之間的空間裝設有兩套均壓閥和放散閥，它們的作用是，往大小蓋之間的空間引入由洗滌塔來的半淨煤氣，以便在大蓋下降之前均衡煤氣的壓力和小蓋下降之前消除煤氣的壓力。

在馬格尼托哥爾斯克冶金聯合企業和庫茲涅茨冶金聯合企業，均壓閥僅按照大蓋進行工作時往大小蓋之間的空間充填半淨煤氣的基本制度進行工作。

為了改善大蓋和漏斗的工作條件，南方工廠制定了均壓閥的輔助工作制度；採用這種制度時，大小蓋之間的空間處於高压下的時間就會達到最大可能值，也就是說大蓋的均壓閥是在小蓋每次下降後即進行工作。採用這種工作制度時，大蓋漏斗和大蓋在大部份時間內就會從兩面受到同樣的壓力，而小蓋和旋轉布料器的密封裝置以及大蓋拉桿就會處於很壞的工作條件之下。

直徑為 400 毫米的標準均壓閥的工作情況，是令人滿意的。

馬格尼托哥爾斯克冶金聯合企業所採用的均壓閥閥盤的球面形固定，以及閥盤與閥座接觸表面的球面研磨，能使閥的密封性達到良好的程度（圖 1）。

為了依次地切斷均壓閥，查波羅什鋼廠採用了閘板閥，這就

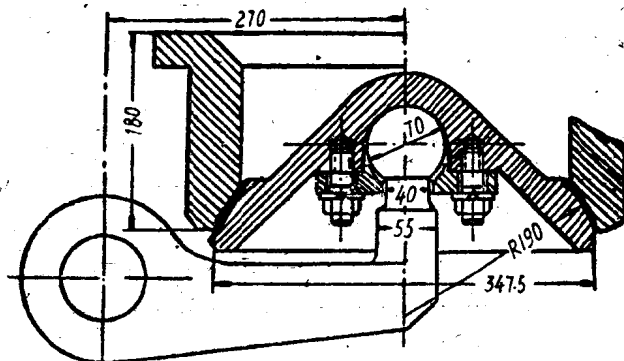


圖 1 均壓閥閥盤的結構（馬格尼托哥爾斯克冶金聯合企業）

簡化和減輕了這一操作（圖2）。

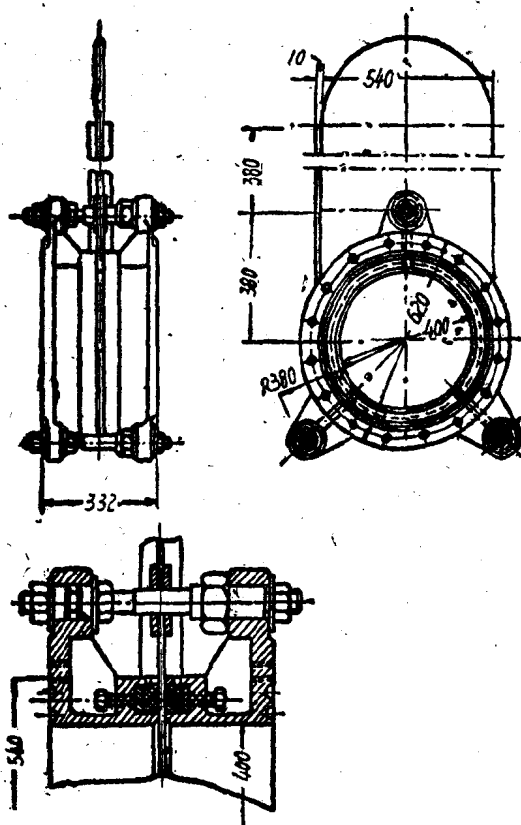


圖2 安在均壓閥前的閘板（查波羅什鋼廠）

為了防止由於空氣被吸入大小蓋之間的空間而引起的爆炸，馬格尼托哥爾斯克冶金聯合企業改進了均壓閥和小蓋的連鎖系統，根據這一系統，放散閥在小蓋下降至200~300毫米時，就會得到關閉的脈沖。為了控制往大小蓋之間供應的蒸汽量，庫茲涅茨冶金聯合企業在往大小蓋之間的空間供應蒸汽的管道上安裝了流量計。

裝料設備。烏拉爾奧爾忠尼啟則重型機器製造廠（УЗТМ）