

石家莊市圖書館  
加電室藏  
1955.11

# 炼铁文集

第 1 輯



冶金工業出版社

# 煉 鐵 文 集

第 1 輯

燒結 焙燒 造球

冶金工業出版社

# 目 录

|                                    |                          |     |
|------------------------------------|--------------------------|-----|
| 1. 生产熔剂性燒結矿的理論与实践                  | Д. Г. 霍赫洛夫和В. Я. 米列尔     | I   |
| 2. 熔剂性燒結矿的性能                       | И. И. 高利德計捷因和Н. С. 赫罗姆欽科 | 22  |
| 3. 自熔燒結矿的还原性对高爐工作的影响               | А. М. 班內赫和А. Г. 聶亞索夫     | 41  |
| 4. 高爐产量、焦比和燒結矿碱度的关系                | И. В. 斯特拉什尼科夫等           | 55  |
| 5. 燒結用燃料的粒度、爐料的透气性<br>及真空度对燒結过程的影响 | А. М. 巴尔芬諾夫              | 67  |
| 6. 刻赤矿石的自熔性燒結矿之生产及其在高爐中的冶煉         | И. В. 拉斯波洛夫等             | 84  |
| 7. 生产高碱度的熔剂性燒結矿时黄鉄矿渣的采用            | Л. И. 列文等                | 99  |
| 8. 用煤气燒結法生产燒結矿                     | А. К. 魯德科夫               | 111 |
| 9. 降低燒結設備停工率的途徑                    | Д. П. 普利迪金等              | 116 |
| 10. 克里沃洛格細粒鉄精矿的燒結                  |                          | 128 |
| * * *                              |                          |     |
| 11. 鉄矿石在管式迴轉爐內磁化焙燒的經驗              | П. А. 塔齐因科和А. Г. 格拉西莫夫   | 178 |
| 12. 焙燒矿石中强磁性氧化鉄的稳定性                | П. А. 塔齐因科               | 193 |
| * * *                              |                          |     |
| 13. 用鉄精矿制造球团矿                      | В. М. 維邱金                | 201 |
| 14. 用精矿和碎矿制取球形团塊                   | Ф. М. 巴贊諾夫               | 222 |
| 15. 焙燒时团塊强化的机理                     | А. Н. 波赫維斯涅夫等            | 235 |
| 16. 鉄精矿生球的焙燒理論和实践問題                | В. М. 維邱金                | 247 |
| 17. 鉄矿和精矿粉的成球                      | Н. А. 雅尔霍                | 263 |
| 18. 細碎鉄矿石的成球                       | И. В. 古賓                 | 273 |

## 生产熔剂性燒結矿的理論与实践

在低温下进行燒結过程是順利的获得優質熔剂性燒結矿的基本条件，即在把石灰石和矿石磨碎得很細而利于全部石灰形成易熔的鉄酸鈣的情况下，燃料的消耗量并不增加。

烏拉尔鋼鉄研究院

技术科学 副博士 И. Г. 霍赫洛夫

教授 В. Н. 米列尔

轉向熔剂性(自溶性)燒結矿的使用就可改善高爐熔煉的技术經济指标，并且也可以強化燒結过程，特別是在燒結赤鉄矿时。

但是目前熔剂性燒結矿的生产仅在馬格尼多哥尔斯基鋼鉄公司才是掌握得成功的。显然，这應該是說明对这种燒結矿的生产过程缺乏足够清楚的与精确的了解也就缺少改善产品質量的調节的可能性。

到目前为止，关于石灰对鉄矿石燒結过程的作用方面还遇到各种常見的錯誤观念。

因此之故，我們在烏拉尔鋼鉄研究院作了相当的广泛的研究以确定制作熔剂性燒結矿燒結的过程的特点。

### A. 石灰与爐料組成物的相互作用

到目前为止所得到的熔剂性燒結矿和普通燒結矿相比，在儲存时都有很大的破坏傾向，并且具有較小的机械强度。

为了改善熔剂性燒結矿的机械性質在大多数情况下都采用爐料中增加含炭量之法以提高燒結層中的溫度。人們認為，即使在石灰石磨得不够細的情况下这也会促使反应不完全的氧化鈣数量

减少，因为它化合成矽灰石 ( $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ ，熔化温度 $1544^\circ$ )，多矽钙石 ( $3\text{CaO}, 2\text{SiO}_2$ ， $1478^\circ$ )，正矽钙石 ( $2\text{CaO}, \text{SiO}_2$ ， $2130^\circ$ )，矽酸三钙 ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ， $1900^\circ$ )，钙橄榄石 ( $\text{CaC} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ) 和更复杂的一些矿物 [ $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ] ( $\text{Ca} \cdot \text{Mg}, \text{Fe}) \text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ，钙铁辉石  $\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ]。

因为二氧化矽与石灰的化合物的最低熔化温度为 $1478^\circ$  (多矽钙石)，那么靠石灰与二氧化矽化合而得到烧结所必需的液相就需要在料层中发展高温，即是要增加燃料的消耗量。

大家知道，在三相系统中  $\text{FeO} - \text{SiO}_2 - \text{CaO}$  具有那些点，其相适应的化合物的熔化温度仅为 $1030^\circ$ 。但是在烧结过程的条件下氧化铁的形成也需要相当高的温度。

这样一来，在爐料中加入石灰石时矽酸钙或复杂的非矿石矿物的形成，就与料层中需要发展高温相关联，这就恶化烧结条件。结果降低烧结矿的强度与还原性及设备的生产率。在增加燃料消耗量以制作熔剂性烧结矿的同时就可能恶化硫的烧除并增加进入烧结矿的燃料灰份的数量。

在作提高碱度的烧结矿时由于石灰石磨细得不够就使正矽钙石 ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) 形成，它在 $675^\circ$ 时由 $\beta$ 相转变成 $\gamma$ 相并增加体积10%，这就加速烧结矿在空气中储存和冷却时的破坏作用。

石灰与二氧化矽化合的同时它与氧化铁形成化合物是可能的，这正如从圖1所指出的  $\text{CaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$  体态圖表看出的一样 [1]。

在这个体系中具有三个矛盾的熔化物， $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ——铁酸二钙， $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ——铁酸一钙和  $\text{CaO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ ——二铁酸钙。钙的铁酸盐在相当低的温度时就熔化，例如单铁酸钙——在 $1216^\circ$ ，而二铁酸钙——在 $1230^\circ$ 。 $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{CaO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3$  共熔体的熔化温度则降低到 $1195^\circ$ 。

在研究粉末混合物  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{SiO}_2$  的燒結時, М. Я. 奧斯特羅烏霍夫確定了鉄酸鈣的形成對燒結和熔化進程有巨大的影響[2]。在研究固相中  $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ;  $\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$  形成的相對速度時  $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  的速度最大而  $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$  的最小(1949A. C. 別勒日諾依, 圖2)。

因之在複雜的混合物中, 例如由3或4種組成物, 這正如燒結料層中具有的一樣, 開始應該形成鉄酸鈣, 而後就是它的矽酸鹽。

在作熔劑性燒結時鉄酸鈣形成是因為它的熔化溫度低, 可以促使燒結過程的溫度水平顯著的降低, 從而也促使它的指標改善。

但是當爐料中加入石灰石時赤鉄礦與  $\text{CaO}$  相互作用形成鉄酸鈣只有在燒結料層中所發展的溫度不超過  $1350^\circ$  的情況下才有可能。在燒結氧化礦石的紅鉄礦和褐鉄礦, 以及假像赤鉄礦的篩下物時, 在這個溫度下能保持  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 在燒結磨碎得很細的(0—6毫米)磁精礦時, 在這樣的溫度下, 由於磁鉄礦的氧化可以形成赤鉄礦。

因此, 在制作熔劑性燒結時所形成的鉄酸鈣的數量是依燒結過程的溫度水平而定。

直到目前為止, 許多專家都認為, 石灰石的加入因為必須補充耗用於它的分解上的熱量, 故必需相伴的

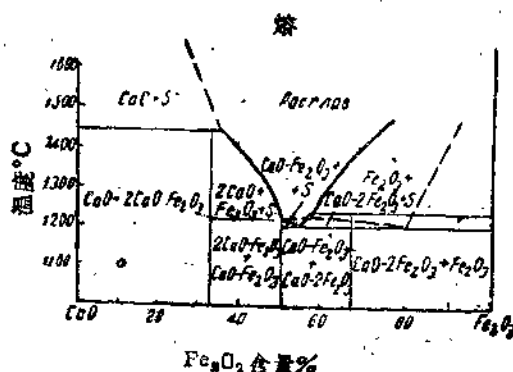


圖1  $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$  體態圖表

注: Pacp 熔體。

增加炭素的消耗量。这种意見是錯誤的，因为石灰石的加入大大地改变了其他项目的热量消耗，正如表1中普通的与熔剂性的燒結矿試驗的比較資料所指示的一样[3]。

根据我們的資料，由于易熔化的鉄酸鈣的形成，克里沃洛格礦石与石灰石混合的燒結溫度約降低 $150^{\circ}$ 。結果大大地減小了消耗于預热材料到燒結溫度的热量（燒結矿的含热量）。此外，因为熔剂性燒結矿中 $\text{FeO}$ 的含量比普通的降低了（約8%），也就減少了消耗于 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 部份还原的热量。

根据这些項目上的节省，以及鉄酸鈣形成的实际热效应，就补偿了消耗于石灰石分解的热量还有余。

用克里沃洛格礦石的每噸燒結矿之热量消耗 表1  
(考虑到热量的还原)， $10^3$ 卡

| 消 耗 的 原 因                                                   | 燒 結 矿  |         |
|-------------------------------------------------------------|--------|---------|
|                                                             | 普 通 的  | 熔剂性的*   |
| 燒結矿含热量                                                      | ** 522 | *** 448 |
| 水份蒸發的热量                                                     | 68     | 68      |
| 外部的热量損失（包括被燒結台車帶走的热量）                                       | 69     | 69      |
| 高氧化鉄还原的热量（扣除微觀鉄形成的热量）                                       | 64     | 55      |
| 石灰石分解的热量（扣除 $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 形成的热量） | —      | 67      |
| 总 計                                                         | 723    | 707     |

\* 碱度为1.1—1.2 ( $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ )。

\*\* 在 $1400^{\circ}$  时。

\*\*\* 在 $1250^{\circ}$  时。

在燒結过程中由于从加入爐料的石灰石中迅速的分泌出气体促使体积收縮的增加；因此需要适当地更大的發展联接的液相，同时得到的燒結矿的结构，照例比普通的熔化更多及孔更粗大。

在这些理論的前提下，我們研究制作熔劑性燒結礦的實驗結果●。

因為燒結過程與液相的形成有關，那麼決定燒結時液相形成條件的礦石軟化溫度對燒結機操作的技术經濟指标以及對燒結礦的質量就顯示出特殊的影响。

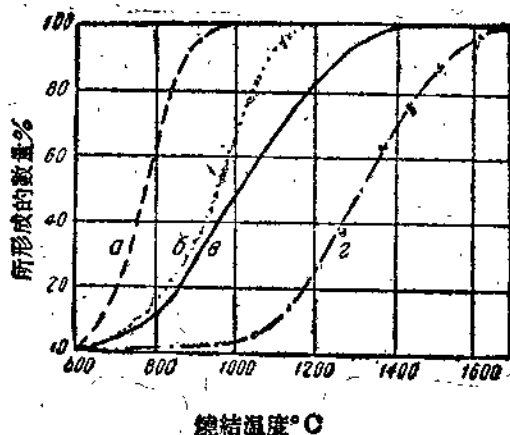


圖2 鐵酸鹽及鈣和鎂的正磷酸鹽的形成與燒結溫度的關係

(A.C. 別勒日諾依1949)

A— $\text{Ca}_3\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ; B— $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

B— $\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ; Г— $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$

### Б. 石灰對鐵礦石軟化過程的影响之研究

軟化的狀態是根據瓷軸沉入於裝滿被研究的粉末料層內的時間和深度來確定的原料粒徑為0—1毫米，而後慢慢地與均勻地加熱。

所研究的原料的軟化溫度和化學成份列於表2。

在圖3比較了恩古勒遜礦山的克里沃洛格礦石及其混入4和12%的石灰煅燒的石灰石時的軟化溫度曲線；加入4% $\text{CaO}$ 時這種礦石的開始軟化溫度從1375降低到1175°而終了則從1420降低

● 除作者外，還有Ю. А. Гурдяков, В. А. Шамакин, В. И. Мичкарева, З. А. Шостаков, В. Ф. Шеромов, 和Н. В. Клеверов參加進行研究。

到 $1398^{\circ}$ ；当加入12%CaO时开始的软化温度（ $1175^{\circ}$ ）保持不变，而終了則降低到 $1220^{\circ}$ ，即降低了 $200^{\circ}$ 。

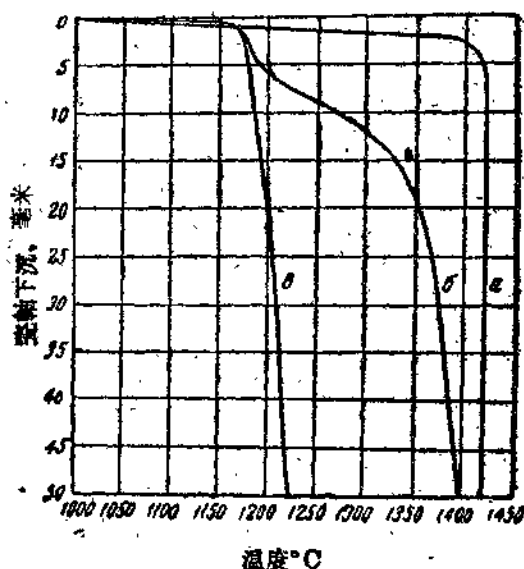


圖3 克里沃洛格矿石(恩古勒退矿山)加入石灰对软化温度的影响

A—純矿石，B—加入4%的CaO，  
B—加入12%的CaO

如赤铁矿石，甚至反而有些升高。終了软化温度的降低也比赤铁矿加入石灰时少得多。

把石灰加入含 $\text{SiO}_2$ 仅2%的富磁选精矿中，在磁铁矿缺乏氧化的条件下，液相形成的温度沒有降低（圖5），这是由于这种精矿中缺乏游离的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，成为铁酸钙的成分。

岩石研究指出，磁铁矿的软化产物是由銳角的不規則形式的磁铁矿碎片和玻璃条带以及由玻璃分离出的橄欖铁晶結骨架所組成。

把石灰加入“布尔什維克”矿山和捷尔任斯基矿山的矿石中时也得到同样的結果。

在圖4里列举出純的維索柯哥尔斯克干磁选精矿及加入石灰时的软化温度曲线。石灰加入磁选精矿中不仅不降低开始的软化温度，

所研究的材料的氧化温度与化学成分

表2

| 材 料           | 化 学 成 分 % |       |                  |       |      |       | 氧化温度, °C         |      |
|---------------|-----------|-------|------------------|-------|------|-------|------------------|------|
|               | 前         |       |                  | 后     |      |       | 开 始              | 终 了  |
|               | Fe        | FeO   | SiO <sub>2</sub> | CaO   | Fe   | FeO   | SiO <sub>2</sub> | CaO  |
| 維萊柯哥斯京干磁选精矿:  |           |       |                  |       |      |       |                  |      |
| 没有加石灰         | 57.0      | 21.3  | 7.4              | 2.6   | 55.0 | 25.00 | 13.04*           | 2.5  |
| 加入7.5%CaO     | —         | —     | —                | —     | 50.0 | 27.20 | 13.23            | 10.9 |
| 維萊柯哥斯京湿磁选精矿:  |           |       |                  |       |      |       |                  |      |
| 没有加石灰         | 67.0      | 25.2  | 2.0              | 1.07  | 65.0 | 26.30 | 6.4*             | 1.0  |
| 加入4.3%CaO     | —         | —     | —                | —     | 62.0 | 26.90 | 10.26            | 5.7  |
| 加入12%CaO      | —         | —     | —                | —     | 57.0 | 19.36 | 8.0              | 11.8 |
| 捷尔任斯基矿山的烧结矿石: |           |       |                  |       |      |       |                  |      |
| 没有加石灰         | 51.3      | 1.1   | 14.86            | 没有    | 54.0 | 8.82  | 15.7*            | 没有   |
| 加入2%CaO       | —         | —     | —                | —     | 53.0 | 6.67  | 14.0             | 1.7  |
| 加入12%CaO      | —         | —     | —                | —     | 48.0 | 1.19  | 13.0             | 11.2 |
| 恩夫德还矿出的烧结矿石:  |           |       |                  |       |      |       |                  |      |
| 没有加石灰         | 55.98     | 1.56  | 17.28            | 没有    | 56.0 | 11.28 | 16.0             | 没有   |
| 加入2%CaO       | —         | —     | —                | —     | 53.5 | 6.81  | 16.2             | 3.7  |
| 加入4%CaO       | —         | —     | —                | —     | 48.5 | 1.35  | 15.1             | 11.3 |
| 用克里沃洛格矿石的烧结矿: |           |       |                  |       |      |       |                  |      |
| 普通的           | 56.4      | 24.98 | 16.0             | 没有    | 55.2 | 25.81 | 17.0*            | 没有   |
| 熔剂性的          | 50.7      | 11.29 | 14.2             | 19.04 | 50.1 | 10.70 | 15.2             | 10.0 |

\* 氧化后二氧化硅含量升高是由于瓷釉和坩埚部份被侵蚀所致。

加入石灰的磁鉄矿軟化产物也由磁鉄矿碎片和带状鈣鉄石及鈣橄欖鉄 ( $\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) 的条带所組成的。

加入石灰石的赤鉄矿軟化产物主要包含單鉄酸鈣，促使这种矿石的軟化溫度急剧的降低。

磁鉄精矿，特别是貧的其軟化溫度曲綫表現的比篩出的紅鉄矿更陡一些。这是由于磁鉄精矿中有天然的易熔矽酸盐和矽酸鋁——長石、石榴石、輝石、斜長石，綠帘石等等所致，其中某些东西的熔化溫度到  $950-1250^\circ$ 。

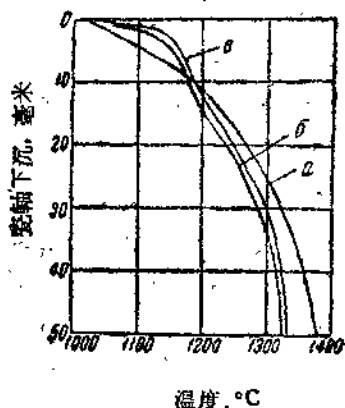


圖4 加入石灰对維索柯哥尔斯克干磁选精矿軟化温度的影响

a—純精矿，b—加入15%生石灰石，  
c—加入7.5%焙燒石灰石 ( $\text{CaO}$ )

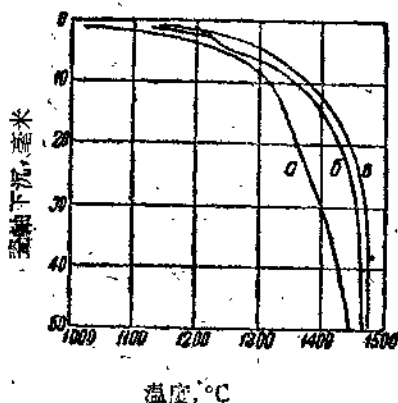


圖5 加入石灰对維索柯哥尔斯克濕磁选精矿軟化温度的影响

a—純精矿，b—加入7.27%生石灰石，  
c—加入4.3%焙燒的 ( $\text{CaO}$ )

許多克里沃洛格矿石开始軟化溫度都高，这妨碍制造坚实的燒結矿所必需的液相的形成，因此加石灰石于赤鉄矿石中（克里沃洛格的）就不仅能够改善燒結矿質量，而且也增加燒結設備的生产率。

## B. 用各种矿石作熔剂性燒結矿的条件之研究

在研究时，熔剂性燒結矿是用磁鉄精矿与篩出的紅鉄矿及褐

铁矿来作的。

在表3中列举出原精矿和筛出物，以及石灰石和焦粉的性質。

所得到的燒結矿进行过仔細的研究和在强度，塊度，气孔率 and 还原性上的試驗，还原性是根据M. A. 索可諾夫教授的方法用35毫米的塊子来測定的[4]（用篩出的紅鉄矿和褐鉄矿作的燒結矿也在900°时于CO气流中經過一小时而檢驗过还原性）。

### 1. 磁鉄精矿燒結的結果

在进行这些試驗时变化过：石灰石的粒度和它的数量，精矿的粒度和爐料中燃料的消耗量。

石灰石粒度从0—3升高到0—6毫米时减低燒結矿的强度并助長其破坏的傾向。企圖用增加爐料中含炭量来补偿石灰石磨碎的不足，其结果是使燒結矿强烈地熔化和一氧化鉄的升高，而后的特征是还原性的降低和脆

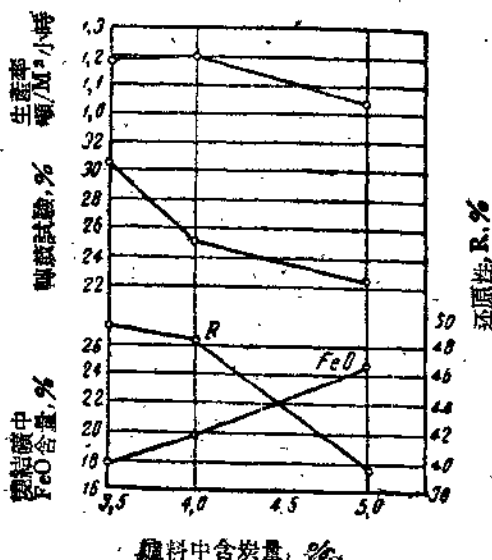


圖6 爐料中含炭量对熔剂燒結矿的还原性R，其中FeO含量和轉鼓試驗（試驗后小于5耗的数量），以及对设备生产率的影响

性的增大。同时含炭量增加了，燒結設備的生產率也降低了。

在製造熔劑性燒結礦時，爐料中含炭量的升高也正如作普通燒結礦時一樣，要引起料層中更高的溫度的發展及產品更強烈的熔化。同時增加燒結礦的脆性並降低它的還原性。同時燒結設備的生產率減低（圖6）。

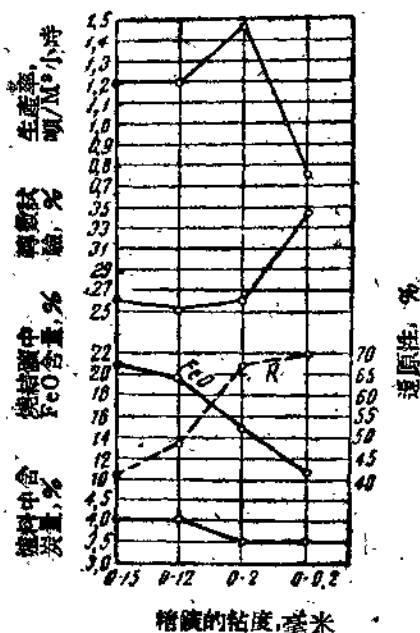


圖7 磁鐵精礦的粘度對熔劑燒結礦的質量與燒結過程指標的影響

磁鐵精礦破碎的粒度對熔劑性燒結礦的質量與燒結過程的指標的影響可用圖7的曲線來表示：磁鐵精礦破碎粒度的上限從15降至2毫米，也正如作普通燒結礦一樣，促使燒結礦的強度和還原性提高。同時使設備的生產率提高並使燒結過程的燃料消耗量降低。

在燒結磨碎得很細的精礦時（0—0.2毫米），無論加入石灰石與否，由於透氣性

不良常常看到燒結過程不均勻，以致顯著的惡化燒結礦的機械強度（圖7）。

磨碎得很細的精礦與加入石灰石的燒煉其不均勻性是隨精礦中特別細的粉末（小於0.1毫米）數量的增加而增長，也隨爐料中含炭量的增加而增長。

表3 蘇北平原古河網結節作廢結核

| 材                 | 料     | 粒 度 ， 毫 米 ， 含 量 （ % ） |       |       |         |         |                  |
|-------------------|-------|-----------------------|-------|-------|---------|---------|------------------|
|                   |       | +10                   | 6-10  | 3.4-6 | 0.8-3.4 | 0.6-0.3 | 0.4-0.2-0.15-0.2 |
| 雄索柯哥尔斯克磁选精矿粒度，毫米， |       |                       |       |       |         |         |                  |
| —                 | 0-15  | —                     | —     | —     | —       | —       | —                |
| —                 | 0-12  | 26.83                 | 15.20 | 17.87 | 2.80    | 4.09    | 6.19             |
| —                 | 0-2   | —                     | —     | 20.55 | 11.36   | 10.41   | 11.14            |
| —                 | 0-0.2 | —                     | —     | —     | —       | —       | 12.70            |
| 磨出的铁矿             |       |                       |       |       |         |         |                  |
| 14.1              | 赤铁矿** | 17.5                  | 7.3   | 17.1  | 4.3     | 4.6     | 3.3              |
| —                 | 褐铁矿   | 27.25                 | 18.57 | 36.34 | 5.64    | 5.01    | 3.82             |
| 石灰石粒度，毫米，         |       |                       |       |       |         |         |                  |
| —                 | 0-6   | —                     | 23.85 | 41.10 | 4.32    | 2.52    | 1.10             |
| —                 | 0-3   | —                     | —     | 54.54 | 7.27    | 3.73    | 1.77             |
| —                 | 焦粉**  | —                     | —     | 45.2  | 9.0     | 7.1     | 7.0              |

續表 3

|              |              |               |      |   | 化 学 成 份 % |      |      |       |      |                  |                                |       | 堆比重<br>克/立方<br>厘米 |       |      |
|--------------|--------------|---------------|------|---|-----------|------|------|-------|------|------------------|--------------------------------|-------|-------------------|-------|------|
| 0.1—<br>0.15 | 0.07—<br>0.1 | 0.05—<br>0.07 | —    | — | Fe        | P    | S    | FeO   | MnO  | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO               |       |      |
| —            | —            | —             | —    | — | 55.9      | 0.06 | 1.35 | 21.46 | —    | 7.23             | 3.50                           | 2.68  | 1.44              | 0.42  | 2.79 |
| 3.23         | 3.79         | 3.24          | 3.60 | — | 64.13     | 0.67 | 0.70 | 24.88 | 0.99 | 2.68             | 2.40                           | 1.07  | 1.56              | 0.40  | 2.65 |
| 27.20        |              |               |      |   | 65.32     | 0.02 | 0.26 | 25.22 | 0.95 | 2.00             | —                              | —     | 1.16              | 0.44  | 2.68 |
| 11.00        | 27.98        | 7.50          | 23.9 | — | 56.08     | 0.03 | —    | 1.09  | 0.05 | 17.87            | 1.51                           | 0.0   | 0.2               | —     | 2.23 |
| 4.8          | 17.9         | —             | —    | — | 46.90     | 0.09 | 0.02 | 0.0   | 0.84 | 16.91            | 3.96                           | Her   | 0.68              | 10.22 | 1.34 |
| 3.37         |              |               |      |   | —         | —    | —    | —     | —    | —                | —                              | —     | —                 | —     | —    |
| 1.28         | 7.98         | 4.95          | 4.90 | — | 0.48      | —    | —    | —     | —    | 0.33             | 0.07                           | 55.76 | 0.48              | 42.76 | 1.70 |
| 2.15         | 10.28        | 7.30          | 7.10 | — | —         | —    | —    | —     | —    | —                | —                              | —     | —                 | —     | 1.65 |
| 4.8          | 12.3         | —             | —    | — | —         | —    | —    | —     | —    | —                | —                              | —     | —                 | —     | 0.76 |

\* 未测定。

\* 64%的捷尔任斯基矿山的矿石，17%恩古勒达矿出矿石，和17%“布尔什维克”矿山的矿石。

\*\*\* 灰份11.91%。

当提高精矿磨碎粒度的上限到1毫米或减少其中極毫米細的粉末(小于0.1毫米)的含量到30%时,以及預热爐料或增加其中返矿含量到35%时,不均匀的燒結进程就不見了。

必需指出:用粉磨的或細磨的精矿所作的熔剂性燒結矿在空气中長期儲存或用水澆时并不破坏(犹如用粗磨的精矿所得到的的一样)。

該熔剂性燒結矿的这种良好性質是石灰与三氧化二鉄快速的相互作用的后果,該三氧化二鉄是磨碎得很細的磁鉄矿强烈氧化結果所得到的。随着很好消化的石灰形成了鉄酸鈣就避免游离石灰殘存的可能性。

但是用磨碎得粗的(0—15毫米)精矿作燒結矿时,大部份的石灰以 $\beta$  矽灰石和正矽鈣石的形态而殘留后一种矿物如上所述,在675°时就变更自己的結晶状态并增加体积,使燒結矿破碎成粉末。此外,也能看到未作用完全的石灰夹杂物,这亦促使燒結矿破坏。

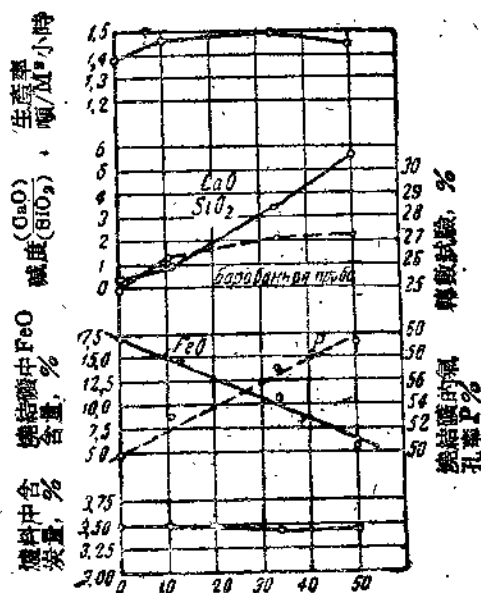


圖8 爐料中石灰石的數量(精矿重量的%)对燒結矿的質量和设备生产率的影响。燒結精矿的粒度为0—2毫米

注: БираБаллая Проба轉数試驗。

在圖8引証了表征燒結礦質量和燒結過程的指標與爐料中石灰石數量之關係的資料。

在試驗中石灰石的數量由0增加到精礦重量的50%，得到相應的鹼度 $\text{CaO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 到5.7的燒結礦。同時在燒結餅中的燒結礦的氣孔率 $P$ 從50上升到59%。這樣高的氣孔率的熔劑燒結礦在轉鼓試驗時破壞成小於25毫米的塊子，但—5毫米的粉末量沒有顯著的增加。

在熔劑燒結礦中儘管一氧化鐵含量低，但它仍具有熔化利害的結構。顯然，在作熔劑性燒結礦時液相是在比較低的——低於 $1350^\circ$ 的溫度下形成的，在這時也同時進行着磁鐵礦的氧化作用。

與普通的燒結礦比較，爐料中石灰石消耗量的增加，並不一定需要提高其中的含炭量。

## 2. 紅鐵礦礦下物的燒結的結果

根據以前用克里沃洛格礦石作熔劑性燒結礦所進行的研究得出結論：在這種過程中必需提高爐料中的含炭量。比如，H.M. 雅苦布柴勒爾和M.A. 勒克拉索夫〔5〕都建議作熔劑性燒結礦時爐料中要保持5.8—6.0%的炭素，而M.B. 魯果夫佐夫和A.A. 舍果夫〔6〕甚至要6—7%，這比用這種礦石生產普通燒結礦時要高得多。

燃料消耗高時所得到的熔劑性燒結礦具有熔化很利害的結構，其特徵脆性增加而還原性降低。在高爐冶煉中使用這種燒結礦並不能給予必要的生產效果。

于克里沃洛格礦石中加入石灰石的結果就能夠顯著的降低燒結溫度，石灰石與赤鐵礦形成鐵酸鈣，可以達到顯著的改善燒結礦的質量和增加設備的生產率。

在圖9里表明了加入石灰石對“布爾什維克”礦山的燒結礦