

影响烧结矿强度的因素分析

吕殿明 (河北钢铁邯钢集团公司生产制造部, 河北 邯郸 056000)

摘要: 影响烧结强度的原因也是多方面的。比如烧结所用的矿石种类及特性、矿粉表面形态和粒度组成、化学成分及碱度、熔剂与燃料的质量与分布、料层厚度、返矿粒度及数量、混合料透气性等等, 都是烧结过程中影响矿体强度的重要原因。由此可以发现, 要想改善烧结矿强度指标, 也需要从多个方面入手。本文对影响烧结矿强度的各种工艺因素, 及改善烧结矿强度的相关技术措施进行了探讨。

关键词: 烧结矿; 强度质量; 影响因素; 分析

0 引言

作为高炉炼铁的主要生产原料之一, 烧结矿的强度指标一直是影响高炉炼铁的关键。生产实践表明, 粒度均匀、粉末少、强度高的烧结矿有利于改善高炉内布料的均匀性, 获得良好的料柱透气性, 从而提高高炉冶炼的效率和产率。随着高炉大型化的发展, 大容积高炉对于烧结矿强度指标的要求越来越高, 如何改善烧结矿的各种强度性能也成为钢铁企业技术攻关的重点。烧结是通过高温加热的方式, 使粉状物料发生颗粒黏结和再结晶, 并获得致密体的过程, 其中会发生一系列的物理化学反应。因此, 影响烧结强度的原因也是多方面的。比如烧结所用的矿石种类及特性、矿粉表面形态和粒度组成、化学成分及碱度、熔剂与燃料的质量与分布、料层厚度、返矿粒度及数量、混合料透气性等等, 都是烧结过程中影响矿体强度的重要原因。由此可以发现, 要想改善烧结矿强度指标, 也需要从多个方面入手。本文对影响烧结矿强度的各种工艺因素, 及改善烧结矿强度的相关技术措施进行了探讨。

1 影响烧结矿强度的主要因素分析

1.1 矿粉及其基础特性的影响

赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿、褐铁矿这四种铁矿石是烧结生产中常用的矿粉原料。由于其成分的不同, 因而其烧结后的成品矿的强度也是有所差异的。比如赤铁矿中 Fe_2O_3 含量较高, 在烧结过程中可生成较多的铁酸钙, 有助于提高烧结矿的强度; 磁铁矿中以 Fe_3O_4 为主要成分, 在烧结过程中需要一定的氧化气氛才能氧化为 Fe_2O_3 和 FeO , 因而生成铁酸钙的含量较少; 菱铁矿中含有较多的 CO_2 , 烧结加热时 CO_2 被分解析出, 致使其出现较大的体积收缩进而影响到矿石的强度和成品率; 而褐铁矿则由于含铁量较少, 且基本以铁的氢氧化物状态存在, 因而其矿粉组织结构较为疏松, 堆密度较小, 烧结矿的强度也较差。由上述分析可知, 不同矿种烧结成品矿的强度由高到低依次为: 赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿和菱铁矿。即便是赤铁矿, 也会由于其 Fe_2O_3 含量的不同而导致成品矿强度的不同。

1.2 矿粉表面形态及粒度组成的影响

铁矿粉的粒度对于其在烧结炉内分布的均匀性和烧

结矿的结晶过程都有很大的影响, 是关系烧结矿强度的重要因素。不同矿粉的粒度组成是不一样的, 并影响到制粒效果。对于铁矿粉而言, 8mm 以上粒级所占比例应 $< 5\%$, 超过 5% 时就会引起返矿比例升高和生烧质量变差。0.25~1mm 的准颗粒是影响混合料透气性和制粒效果最大的粒级, 其在矿粉中的比例越低越好, 一般不应超过 22% ; 0.25mm 以下的小粒级矿粉虽然有利于分布的均匀性, 但会影响混合料的透气性和成品矿强度, 因此其比例应严格控制, 一般要求 $< 30\%$ 。矿粉的表面形态与结晶过程有关, 因此也会在一定程度上影响制粒和烧结矿强度。比如呈片状的矿粉其制粒效果就比较差, 应严格限制其最高配比。

1.3 碱度的影响

不同碱度的烧结矿, 其矿物组成以及强度、质量也会有所不同。经转鼓检验发现, 烧结矿强度质量与碱度呈显著的正相关, 高碱度对于改善烧结矿强度的作用是显而易见的。因此, 生产高碱度烧结矿应是烧结生产中必须坚持的原则。

1.4 铁矿粉化学成分对烧结矿强度的影响

除了碱度之外, FeO 、 MgO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 等化学成分均对烧结矿强度有一定影响。

1.4.1 SiO_2 、 FeO 对烧结矿强度的影响

烧结过程中在低于 1200°C 的温度条件下, SiO_2 、 FeO 会以液态的形式, 对未熔化的矿物质进行包裹和集中, 从而将散料变为块状的成品矿。因此, 混合料中的 SiO_2 和烧结矿中的 FeO 含量对烧结过程及成品矿强度的影响是很大的。当混合料中的 $\text{SiO}_2 > 5\%$ 时, 烧结矿强度会有所改善, 但冶金性能会变差; 而当 $\text{SiO}_2 < 5\%$ 时, 烧结矿则会因缺乏液相包裹物而变得松散, 使强度下降。为了满足不同比例 SiO_2 条件下对烧结矿强度的要求, 可通过适当增减 C 含量, 以达到调节成品矿 FeO 含量和控制成品矿强度的目的。

1.4.2 MgO 对烧结矿强度的影响

一定含量的 MgO 是烧结矿中所必须的, 有利于改善高炉冶炼的脱硫效果和高炉内炉渣的流动性。但是由于在烧结过程中 MgO 容易与 Fe_3O_4 反应, 并阻碍 Fe_2O_3 的形成, 影响烧结矿的冷强度。因此, 烧结矿中 MgO 含

量并非是越多越好。生产实践表明,烧结矿中的 MgO 每增加 1%,还原性和冷强度就会分别降低 5% 和 3%。 MgO 熔点可达到 2799°C ,远高于烧结矿中的其他成分。因此,烧结矿中 MgO 较多的话,必然会导致烧结炉能耗的增加和结矿强度的降低。如何确定烧结矿中的 MgO 含量,则需要综合考虑烧结矿的成分等因素。

1.4.3 Al_2O_3 对烧结矿的影响

一定量的 Al_2O_3 是生成铁酸钙的必要条件。通常要求烧结混合料中的 Al_2O_3 含量在 1%~2% 范围内,最有利于高碱度烧结矿中铁酸钙成分的生成。 Al_2O_3 属于难熔矿物,其熔点可达到 2040°C 以上,在烧结过程中只能在玻璃相中析出,并因此而影响烧结矿成品矿的还原粉化指数和冷强度。因此, Al_2O_3 既是影响烧结矿冷强度的重要因素;也是形成高强度烧结矿的必要条件。应严格控制烧结混合料中的 Al_2O_3 含量。

1.5 燃料对烧结矿强度的影响

燃料对烧结矿强度的影响主要来自于燃料的种类、粒度和固定碳含量等因素。大量的生产数据表明,燃料的固定碳含量高、灰分低,则燃料的热值也较高,会有利于改善烧结矿的强度和降低能耗。此外,燃料的粒度也是影响烧结炉烧结过程的重要原因。合理的燃料粒度既有利于改善混合料的透气性,同时也有利于燃料的均匀燃烧,改善烧结炉的加热状态。较为合理的燃料粒度组成, $< 3\text{mm}$ 粒级的比例应 $> 90\%$;较大的粒度比例应控制在 10% 以下。如果 $> 3\text{mm}$ 的粒度比例较高的话,会导致燃烧的不均匀和产生偏析,会影响烧结矿成品率和强度;如果该比例过高的话,则会因燃料颗粒过细和燃烧过于迅速而导致燃烧层高温保温时间较短,进而影响到铁酸钙成品矿强度和生成比例。

1.6 熔剂对烧结矿强度的影响

烧结中所添加的熔剂主要为石灰石、生石灰等,其质量主要取决于其中所含的 CaO 的比例。质量好的石灰熔剂所含 CaO 应大于 80%,其 $< 3\text{mm}$ 的粒度所占比例应 $> 90\%$ 。熔剂中大粒度所占比例较高的话,其分解和消化速度较慢,会影响到混合料的制粒及烧结过程的透气性。相比于石灰石,生石灰消化后为极细的胶体颗粒,其表面积要远大于石灰石。而且生石灰制作的胶体颗粒混合料也具有较好的强度、粘附性和活性度,不容易在布料和烧结过程中被破碎,且易于粘附在核心的周围,进而改善混合料透气性;此外,生石灰所形成的胶体颗粒物还会与其他组分产生粘附作用和固液相反应,从而防止一些游离态化合物的生成,从而改善烧结矿的质量和强度。从上述分析可知,提高混合料中的生石灰配比是有利于改善烧结矿强度质量的,但是应合理控制其比例和活性度。

1.7 返矿粒度和数量对烧结矿强度的影响

返矿粒度和数量是烧结生产中影响烧结矿强度的最容易被忽视的因素。数量过多、粒度较大的热返矿会导

致混合料制粒效果的下降和水分的波动,继而影响到成品矿的强度,使成品矿粒度变小。一般而言,只要返矿总数量不超过 30%,返矿粒度不大于 5mm。基本不会对成品矿强度带来影响。

1.8 矿物组成对烧结矿强度的影响

烧结混合料中,不同的矿种及其矿物组成均会对烧结矿强度产生影响。因此,烧结生产应通过对各种因素和操作参数的控制,得到合理的矿物组成。从不同矿物组成的强度指数来看,铁酸钙的强度指数最高,其次是 Fe_3O_4 和 Fe_2O_3 。但由于 Fe_3O_4 不易被还原,因此生成更多的铁酸钙和 Fe_2O_3 对于改善烧结矿强度是比较有利的。

1.9 主要工艺操作对烧结矿强度的影响

工艺操作对烧结矿强度的影响主要有以下方面:一是料层厚度。料层厚度直接影响烧结的固体能耗和成品矿强度。一般来说,随着料层厚度的增加,烧结矿强度会提高,固体能耗会下降。因此烧结生产应遵循强化制粒、改善料层透气性和增加适当料层厚度的工艺原则。二是配碳、配水方面。正常情况下,应将配碳控制在 3.3%~4% 范围;配水应随料层厚度的增加而下降,最终获得低 FeO 、高强度的成品矿。三是点火操作。对于高水化程度的褐铁矿粉烧结,适宜的点火温度为 $950^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$;对于一般的赤铁矿和磁铁矿矿粉,适宜的点火温度为 $1050^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$;对于 Al_2O_3 含量较高的矿粉烧结,则应适当提高点火温度。四是改善混合料的透气性。混合料粒度大小、水分、抽风负压等因素是影响混合料透气性的关键性因素,工艺操作也应从这些因素方面入手。应在严格控制混合料粒度大小,保证混合料透气性的条件下,选择一个与之相适应的抽风负压,尽量保持低负压操作。此外,抽风负压与机速也是两个相矛盾的因素,要提高成品矿强度就需要降低机速和抽风负压;而要追求产量,就需要提高机速和抽风负压。如何操作就取决于企业的生产需要了。

2 结语

综上所述,影响烧结矿强度的因素非常多。总的措施就是要优化配矿,坚持高品位、低 SiO_2 的配料措施;坚持高碱度、低碳、厚料层、低 FeO 、低 Al_2O_3 、低 MgO 的原则。工艺操作方面则要保证厚料层、强化制粒、布好料、点好火、低负压等具体措施。

参考文献:

- [1] 张李斌,段家华,付永丽,彭婕,李超.低碱度烧结矿的冶金性能分析[J].中国化工贸易,2014(1).
- [2] 侯向东.影响烧结矿强度的因素及对策[J].科技研讨,2002(2).
- [3] 张士举.烧结过程中液相形成及其对烧结矿质量影响的研究[D].贵州:贵州大学,2010.
- [4] 刘福泉,王树立,顾爱军.烧结矿强度和粒度组成影响因素分析[J].炼铁技术通讯,2009(4).