压力机热模具磨损分析及改进策略研究

闫 峰,王泽波,庄梦龙,刘 涛,尹 忠

(包钢冶金渣公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要:文章综合分析了热压块生产线压力机热模具的磨损原因,开展对热模具降温措施的研究,设计提出了一种压力机的压制组件冷却装置,降温效果明显,可以有效地避免热模具因长时间接触高温物料,导致自身温度过高,产生强度大幅降低的问题,延长热模具的使用寿命。

关键词:压力机热模具;冲杆寿命;模具寿命;热模具降温

中图分类号:TG315.6 **文献标识码**:B **文章编号**:1009 - 5438(2025)06 - 0060 - 05

Wear Analysis and Study on Improvement Strategies for Hot Mold of Press Machine

Yan Feng, *Wang Zebo*, *Zhuang Menglong*, *Liu Tao*, *Yin Zhong*

(*Baotou Steel Metallurgical Slag Co.*, *Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region*, *China*)

Abstract: In the paper, it is introduced a kind of cooling device for pressing components of press machine is designed and proposed by comprehensively analyzing the reasons of wear for hot mold of press machine in the production line of hot briquette iron and studying the cooling measures of hot mold as well as cooling effect is obvious, with which the problem that temperature of hot mold is so high that strength is significantly decreased caused by long - time contact with high - temperature materials could be effectively avoided and service life of hot mold could be increased.

Key words: hot mold of press machine; service life of drill drift; service life of mold; cooling of hot mold

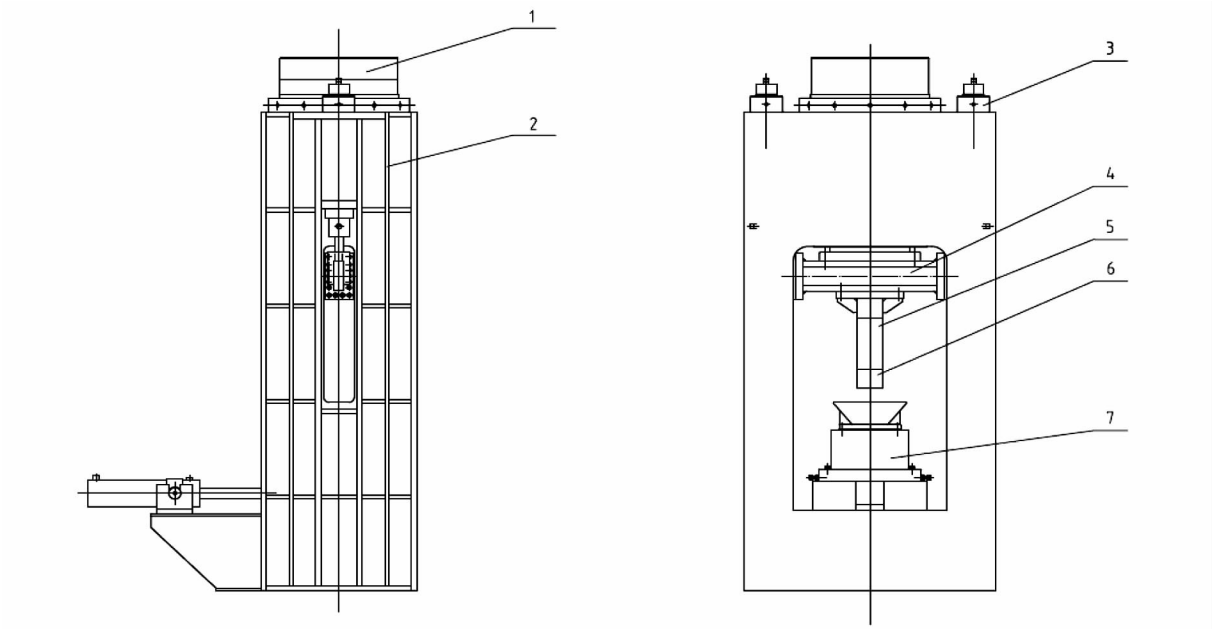
包钢冶金渣公司主要负责包钢(集团)公司内钢铁渣的资源回收利用,粒子钢热熔压块的生产工艺是对钢渣中铁的回收再利用的一种处理方式。生产原料选取从钢渣中提取的颗粒钢、粒子钢等小粒径含铁物料,经过高温熔融压制成型后的热压产品用于炼钢。在提高钢渣资源利用价值的同时,降低了炼钢工业成本,减少了钢渣排放量和堆存量。在粒子钢热压块生产过程中,压力机是关键设备,压力机的热模具(压力机的冲杆冲头和压力机的模具衬套)在生产过程中起到了压制物料和辅助成型的作用。在压制过程中,压力机热模具的受力面存在磨损以及形变。在达到寿命极限后,需对热模具进行更换,压力机热模具在生产中需平均每个月更换一次。在更换过程中需人工对热模具进行拆装,增加劳动强度、难度及材料备件损耗等;更换时需停止压块,影响热压产品产量,影响热压块生产线的达产与稳产。

收稿日期:2025 - 09 - 19

作者简介:闫 峰(1989 -),男,辽宁省铁岭市人,工程师,现从事钢渣深加工综合利用工作。

1　热模具发生磨损的可能性

粒子钢热压块生产线所用压力机为 YR－1600T 压力机，压力机的易损件热模具位于压力机主体内（见图 1）。压力机主体为框架式机架，上下横梁、两侧立板及加强筋焊接成一个封闭机架。由于横梁及立板全长进行了加厚，这样提高了机架的受力状态，减小了压力机工作时的弹性变形。主油缸作为一个上下运动的部件和动梁、压杆、冲头刚性连接完成对物料的压制过程。动梁利用四根专门设置的立柱导向，导向精度高。快速缸采用对称外置式，置于压力机主体两侧，和压制阀组联接，主要完成快下、回程及辅助慢下、脱块的功能。



1－主油缸；2－机架；3－快速缸；4－动梁；5－压杆；6－冲头；7－模具

图 1　压力机主体

粒子钢热压块生产线压力机压制系统，见图 2。在生产中，需进行周期性的压制动作，热模具包含压力机的冲杆冲头和压力机的模具衬套。热模具中的冲杆冲头起到了压制物料的作用；热模具中的模具衬套起到了辅助成型的作用；热模具与物料间存在较强的相互挤压作用。通过观察热模具冲杆部分发生磨损和形变后（见图 3），对物料的压制力消减；模具的易损部位为模具衬套内侧（见图 3）。在磨损到一定程度后，对物料的辅助成型效果减弱。当热模具中的冲杆部分无法满足对物料的压制力，衬套对物料的辅助成型效果减弱至压块形状不再是圆柱形时，热模具便不能满足使用条件，此时需对其进行更换。因此分析热模具发生磨损的可能性，并找出应对之策便显得尤为重要。

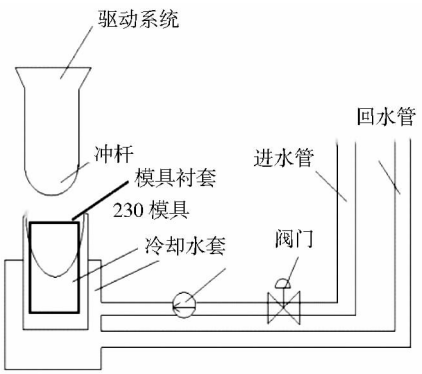


图 2　压力机压制系统示意图

1.1　设备对热模具磨损的影响

在生产过程中，粒子钢热压块生产线压力机的热模具起到了压制物料和辅助压块成型的作用。压力机热模具之一的冲杆磨损发生在压制物料过程

中,热模具需直接与高温热压原料接触。伴随着生产线的连续运转,高温物料对冲杆持续加热,压力机冲杆的温度随之升高,冲杆的强度降低,造成压力机冲杆在使用过程中变形。压力机热模具之一的模具衬套磨损发生在物料成型过程中,冲杆对高温热压原料形成挤压力,将压力传递至模具上。同时,模具需直接与高温热压原料接触。伴随着生产线的连续运转,虽然压制过程是周期性的,但是高温物料对模具的持续加热,以及压力机冲杆对模具传递来压制力的持续作用,模具的强度降低,形成磨损。压力机热模具仅依靠冷却水套进行降温,不足以维持长期稳定运行。

热模具产生磨损的设备方面原因有:①高温物料对冲杆的持续加热;②冲杆自体降温能力不足;③热模具材质耐磨性不够。



图 3 热模具发生磨损及形变

1.2 原料对热模具磨损的影响

热熔压块生产工艺线以处理钢渣为主(见表 1),热压生产原料的选取主要有钢渣粒子钢,辅助添加水渣米铁、颗粒钢及其他含铁粒钢,从表 1 中的数据可以看出,粒子钢是钢渣或钢渣精粉经过水洗球磨提取的含铁物料,粒径 0.8 ~ 18 mm,含铁量 85% 以上;颗粒钢为钢渣经过破碎、磁选、筛分后提取的粒径小于 20 mm,含铁量 70% 以上的物料;米铁为水渣回收铁经过干选提纯后提取的铁颗粒,粒径小于 5 mm,含铁量大于 90%。

表 1 热压原料检测分析

试验名称	TFe/%	粒径/mm
粒子钢	≥85	0.8 ~ 18
颗粒钢	≥70	≤20
米铁	≥90	≤5

粒子钢热压块生产过程中,压制物料为高温物料,表面处于熔融状,质地较硬。热模具需要直接与高温高硬度物料进行接触。在压制过程中,随着热模具的温度升高,热模具的强度随之降低,压力机热模具的使用寿命随之减少。在生产中,需进行周期性的压制动作,热模具与物料间存在较强的相互挤压作用,造成热模具伴有不同程度的磨损。热模具达到使用寿命后,对物料的压制力减弱,这时就需要对热模具进行更换。因此,在加热炉内,对小粒径物料熔融程度较高,对大颗粒物料只有表面熔融,内部未熔融部分硬度较高,是造成热模具磨损的原因之一。

1.3 热模具钢材选择对热模具磨损的影响

压力机热模具的冲杆和模具衬套采用的是 H13 钢,表 2 给出了 7 个试样的室温拉伸和高温拉伸试验结果。根据试验结果,得出优质 H13 钢屈服强度及抗拉强度随温度的变化规律见图 4。

表 2 优质 H13 钢的高温力学性能

试样代号	环境温度/℃	屈服强度/(N·mm^{-2})	抗拉强度/(N·mm^{-2})
1	25	1 537	1 601
2	400	1 360	1 490
3	550	1 070	1 200
4	600	890	945
5	650	685	760
6	670	490	535
7	700	255	315

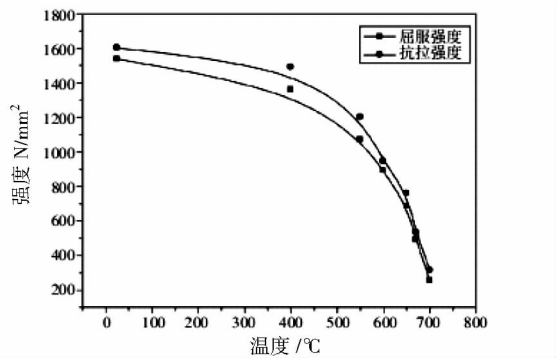


图 4 优质 H13 钢高温拉伸性能

从表 2 中的数据可以看出,在室温下优质 H13 钢抗拉强度达到 1 601 N/mm^2。随环境温度的升高,优质 H13 钢的抗拉强度随之降低,环境温度达

到 600 ℃以上时,强度降低。当环境温度升高至 700 ℃时,优质 H13 钢抗拉强度降低至 315 N/mm^2,屈服强度降低至 255 N/mm^2。粒子钢热压块生产线压力机的热模具承受高温(750 ℃ ~ 850 ℃)作用,热模具温度可达 400 ℃以上,最大压制力可达到 385 N/mm^2 以上。

优质 H13 钢在 600 ℃条件下仍然具有 945 N/mm^{2}的抗拉强度和 890 N/mm^2 的屈服强度,优质 H13 钢的高温力学性能保证了压力机热模具在高温和高压环境下具有很高的强度。即使在 600 ℃高温环境下仍然具有一定的强度,保证了压力机热模具在挤压过程中的连续工作能力及稳定性[1]。当环境温度升高至 700 ℃时,H13 钢抗拉强度降低至 315 N/mm^2,屈服强度降低至 255 N/mm^2,低于热模具最大压制力 385 N/mm^2。因此,热模具材质 H13 钢在 600 ℃以下可保证压力机热模具在高压过程中的连续工作能力。

压力机热模具磨损的原因为①加热炉对小粒径物料熔融程度较高,对大颗粒物料只有表面熔融,内部未熔融部分硬度较高;②高温物料对冲杆的持续加热;③冲杆自体降温能力不足;④热模具材质 H13 钢在 600 ℃以下可保证压力机热模具在高压过程中的连续工作能力。

综合分析原料、设备及材质,目前造成压力机热模具磨损的原因主要集中在高温物料对冲杆的持续加热和冲杆自体降温能力不足的问题。

2　对热模具降温措施的研究

2.1　运用 TRIZ 分析

针对生产工况温度高,温度与金属屈服强度成反比的关系,开展对冲杆冷却装置的研究。通过运用 TRIZ 创新理论进行分析,发现高温粒子钢对冲杆的有害作用是通过形成热力场来显现的,而自体降温是无法形成足够抵御热力场的物质的。因此急需寻找一种可以形成降温场的物质,来抵消或者削弱原有热力场。继续使用 TRIZ 创新理论中的物场模型来分析,找到一种方法来形成降温场(见图 5),直接引入外部降温场。

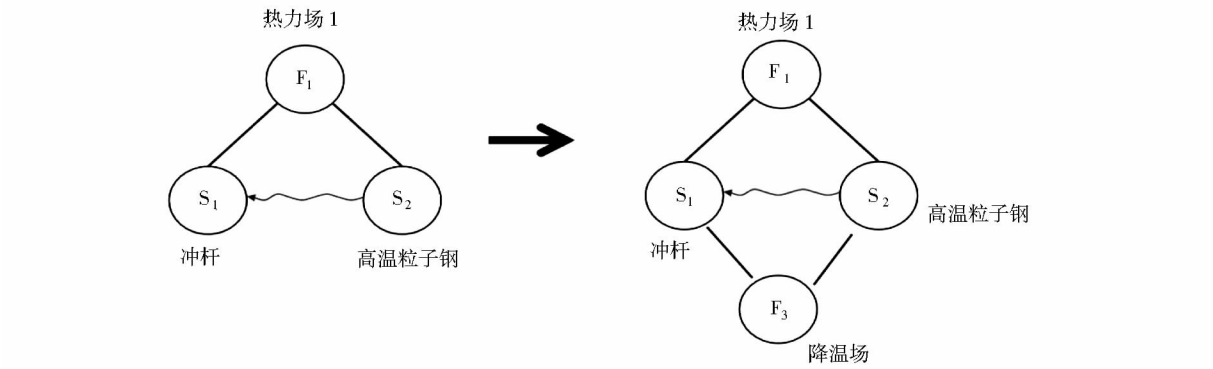


图 5　引入外部降温场

2.2　设计压力机的压制组件冷却装置

通过以上原因分析,设计出了压力机的压制组件冷却装置(见图 6)。通过此装置为热模具增加外部降温场,抵御热力场,此种压力机压制组件冷却装置是通过喷淋管对压制组件进行降温,提高降温效果。在冲杆的位移方向上设有接近开关,冲杆上升到最高位置时,控制电路的接近开关触点闭合,通过中间继电器及交流接触器对管路上的阀门及增压泵进行自动控制。喷淋管(见图 7)同步对冲杆进行降温,当冲杆下降离开接近开关时,接近开关触点断开,停止冷却,保证压制的正常进行[2]。

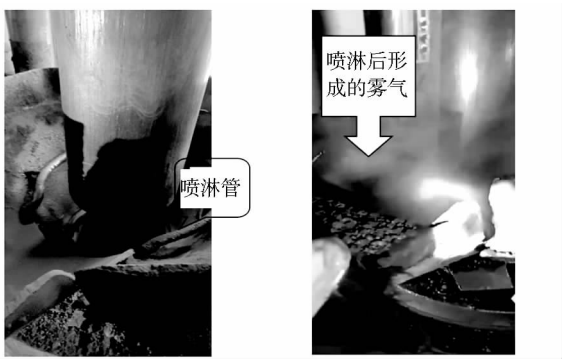


图 6　压力机的压制组件冷却装置

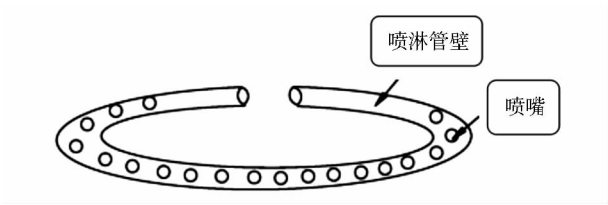


图 7 喷淋管

通过观察喷淋情况,发现在喷淋过程中在对冲杆进行降温的同时,能够对模具衬套有一定程度的降温作用。由于喷嘴是在喷淋管上直接开孔形成,喷淋孔容易被物料堵塞,模具衬套的降温效果受到喷淋角度和喷淋出水流量的限制,因此我们对喷淋的角度和喷嘴进行了改造(见图 8)。改造后,经过试验发现,更改喷淋喷嘴,增大了喷水流量,使得喷雾能辐射范围包含冲杆与模具衬套,在为压力机冲杆降温的同时可以为模具衬套降温。



图 8 喷淋喷嘴改造

经试验发现,通过设计压力机的压制组件冷却装置,增加直接与高温物料接触面的降温措施,可以使热模具温度由之前的 400 ℃降到方案实施之后的 200 ℃,具有明显的降温效果,可延长热模具的使用寿命。更换一次压力机热模具的间隔由 2 000 ~ 3 000 t延长为 8 000 t 以上。

3 效益分析

使用压力机压制组件冷却装置后,取得了良好的经济效益,更换一次压力机热模具,由 2 000 ~ 3 000 t延长为 8 000 t 以上;由平均每月更换一次压力机热模具,更换频率降为 1.5 月,检修 24 h/次。经测算年增创效益 104.79 万元。

压力机压制组件冷却装置的设计与使用,充分证明了其在提高热模具的使用寿命上的价值,具有降低备件费用,延长检修周期,提高设备运行率,提高生产线产量的效果,为企业创造了价值。同时,可降低职工的劳动强度,提高设备的安全系数。此项设计解决了压力机热模具受高温、高硬度物料影响使用寿命的行业共性问题,有推广价值。

参 考 文 献

[1] 马野,冯淑玲,牟风,等. 铝挤压热作模具优质 H13 钢高温拉伸性能研究[J]. 模具制造,2020,20(11):82 -85.

[2] 闫峰,王泽波,尹忠,等. 一种压力机的压制组件冷却装置[P]. 内蒙古自治区:CN202321957059.0,2023 -12 -29.

(上接第 33 页)

5 结论

(1)改造后的废气油缸消除了系统的故障源,运行中状态稳定,无活塞杆位移现象发生。

(2)通过设备改造证明液压传动中相关液压阀的功能改进可以对自动控制设备进行有效的干预。

参 考 文 献

[1] 李培根. 机械基础[M]. 北京:北京机械工业出版社,2009.

[2] 张利平. 液压传动系统设计要点[M]. 北京:北京化学工业出版社,2014.

[3] 上海电视大学. 液压传动与控制[M]. 上海:上海科学技术出版社,1981.

[4] 李壮云. 液压元件与系统[M]. 北京:北京机械工业出版社,2016.

[5] 张海平. 液压螺纹插装阀[M]. 北京:北京机械工业出版社,2015.