

提高压射冲头铸件质量及其寿命的措施研究

殷松林

安徽光华铝业集团公司 安徽安庆 246400

摘要：压射冲头是采用砂型铸造的球墨铸铁件，内部易产生缩孔、缩松、气孔等缺陷，机械加工后表面会呈现组织疏松现象。在压射冲头试制初期，产品的使用寿命平均仅为半个班次（每个班次12h）。采取改善铸造及熔炼工艺后，产品内部组织致密，机械加工后正品率达98%以上。与此同时，对产品外表面的感应淬火工艺进行了改进，使基体金相组织转变为片状马氏体，表面硬度得到提升，单件使用寿命均在一个班次以上。

关键词：压射冲头；铸造工艺；熔炼配方；硬度

Research on measures to improve the quality and service life of injection punch castings

YIN Songlin

Anhui Guanghua Aluminum Industry Group Co., Ltd., Anqing 246400, Anhui, China

Abstract: The injection punch is a ductile iron component cast in sand mold, which is prone to defects such as shrinkage, porosity, and porosity inside. After machining, the surface will exhibit a loose structure. In the early stage of trial production of the product, the average service life of our branch company's product was only half as hift(12 hours per shift). After improving the moliding and melting process, the internal structure of the product is dense, and the rate of pualified products after machining is over 98%. At the same time, the induction hardening process on the outer surface of the product was improved, resulting in the transformation of the matrix metallographic structure into flake-like martensite, and the surface hardness was further improved, with a single piece service life of more than one shift.

Keywords: injection punch; casting process; melting formula; hardness

1 序言

压射冲头是压铸机上的易损件，工作时其前端面与高温液态金属接触，外圆与压室内圆密封并产生摩擦直线运动，外圆磨损量达到一定程度后需要提前更换，因此压射冲头要有足够的力学性能及高温耐磨性能^[1]。

在试制过程中，由于压射冲头内部组织疏松、表面淬火硬度较低，所以造成其使用寿命偏短。为

此，我公司采取了优化铸造工艺、调整炉料配方，以及改进淬火工艺等措施，取得了显著成效。

2 压射冲头结构、加工工艺、技术要求

压射冲头外形为圆柱形（见图1），材质选用QT500-7。

虽然产品结构相对简单，但品种繁多，目前我公司已生产的型号及主要结构参数见表1，铸件毛坯最小尺寸为13mm。



a) 成品 b) 毛坯

图1 压射冲头外形

表1 各种压射冲头（毛坯）的主要参数

型号/mm	外形尺寸/mm	重量/kg	外圆壁厚/mm	端面壁厚/mm
$\phi 50 \times 80$	$\phi 54 \times 84$	0.98	13.0	19.0
$\phi 60 \times 80$	$\phi 64 \times 84$	1.52	18.0	20.0
$\phi 70 \times 90$	$\phi 75 \times 95$	1.90	18.5	20.0
$\phi 80 \times 90$	$\phi 85 \times 95$	2.78	20.5	23.0
$\phi 90 \times 90$	$\phi 95 \times 95$	3.34	22.2	23.0
$\phi 100 \times 90$	$\phi 105 \times 95$	4.04	22.5	23.0

压射冲头加工工序为：毛坯铸造→机械加工（外圆留0.2mm磨削余量）→外圆表面感应淬火→精磨外圆→检测、涂防锈油、包装入库。

压射冲头主要技术要求：球化等级二级，表面粗糙度值 $Ra=1.6\mu m$ ，外圆表面淬火硬度 $\geq 45HRC$ ，淬硬层深度 $\geq 1.5mm$ 。

3 生产中存在的质量问题及原因分析

3.1 生产中存在的质量问题

原铸造工艺生产的压射冲头毛坯，在机械加工后，壁厚的中心部位常出现缩孔或缩松现象（见图2），对成品进行外圆硬度检测时，硬度值在38~48HRC，且数据波动大，其中70%的检测点达不到标准要求，使用寿命仅为半个班次。



图2 原工艺局部缩孔

3.2 质量问题的原因分析

铸件的缩孔或缩松主要出现在内浇道附近的铸件内部，根据铸件顺序凝固理论，此部位的铁液最后凝固，因得不到有效的补缩而形成铸造缺陷。分析缺陷产生原因主要是造型工艺不合理，不符合铸件成形理论，因此必须对分型面进行重新选择，对浇冒口进行重新设计^[2]。

成品表面硬度值不达标，与经表面感应淬火后获得的金相组织有关。铸件的化学成分构成与淬火工艺的选择是关键，不同的元素含量直接影响铸件内部金相组织与机械加工性能，同时选择合理的淬火工艺是使产品达到技术要求的最终手段。

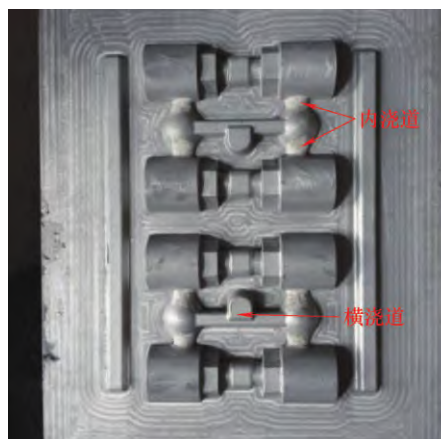
4 改进措施与生产验证

4.1 铸造工艺的改进与验证

由于产品的缩孔或缩松现象是铸造工艺选择不合理造成的，因此将造型模具由原工艺的水平分型、侧注方式（见图3）改进为垂直分型、顶注方式



a) 上模



b) 下模

图3 原工艺

(见图4)，并设置了顶部冒口，彻底消除了产品内部缩孔或缩松等缺陷^[3]。

改进铸造工艺后，铸件组织致密，无缩孔与缩

松现象，铸件正品率达到99%。以 $\phi 60\text{mm} \times 80\text{mm}$ 压射冲头为例，工艺改进前后铸造工艺参数变化见表2，改进后铸件毛坯外观如图5所示。

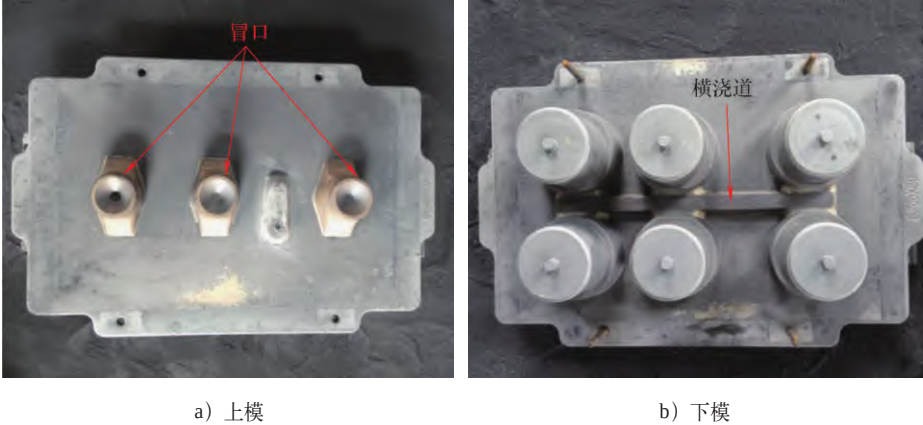


图4 改进工艺

表2 $\phi 60\text{mm} \times 80\text{mm}$ 压射冲头铸造工艺参数 (mm)

工艺	浇注系统形式	直浇道	横浇道	内浇道	冒口
改进前	水平侧注	$\phi 35 \times \phi 40 \times 110$	$18 \times 20 \times 15$	$18 \times 25 \times 15$	$\phi 40 \times \phi 50 \times 70$
改进后	垂直顶注	$\phi 40 \times \phi 45 \times 110$	$25 \times 30 \times 15$	$18 \times 30 \times 15$	$\phi 50 \times \phi 55 \times 70$

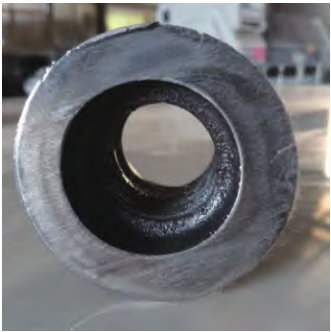


图5 改进后铸件毛坯外观

4.2 熔炼配方的改进与验证

铸件材质牌号为QT500-7，改进前采用的熔炼

配方见表3。

经炉前化验与炉后检测，得到铸件毛坯的化学成分与力学性能见表4。

从表4可看出，毛坯基体珠光体含量偏低，将导致感应淬火后基体中马氏体含量较低。为此，经公司研究决定，在保持产品中C、Si含量不变的前提下，将炉料中的锰铁每炉增加4kg，同时每炉增加2kg纯铜，进行多次试验。改进后的熔炼炉料配方见表5，经检测后，产品化学成分与力学性能见表6。

对比表4和表6可知，改进后的产品基体珠光体含量明显提高，加上有一定的铜含量，在后序表

表3 每炉（按800kg）熔炼配方 (kg)

材料名称	废钢	新生铁	球墨铸铁回炉料	增碳剂	硅铁	锰铁	球化剂	孕育剂
型号	Q235	Q10	QT500	石墨型	75SiFe	65Mn	C-6KD	75SiFe
重量	280	210	310	12	6.5	1.5	11	6

表4 铸件毛坯的化学成分与力学性能

化学成分（质量分数，%）							力学性能			组织
C	Si	Mn	P	S	Ce	Mg	抗拉强度/MPa	伸长率（%）	硬度HBW	珠光体含量（体积分数，%）
3.72	2.75	0.23	0.03	0.01	0.011	0.045	508	7.5	175	20

表5 改进后炉料熔炼配方 (kg)

材料名称	废钢	新生铁	球墨铸铁回炉料	增碳剂	硅铁	锰铁	纯铜	球化剂	孕育剂
型号	Q235	Q10	QT500	石墨型	75SiFe	65Mn	H96	C-6KD	75SiFe
重量	280	210	310	12	6	5.5	2	11	6

表6 改进后产品化学成分与力学性能

化学成分 (质量分数, %)								力学性能			组织
C	Si	Mn	P	S	Ce	Mg	Cu	抗拉强度/MPa	伸长率 (%)	硬度HBW	珠光体含量 (体积分数, %)
3.75	2.72	0.53	0.03	0.01	0.013	0.048	0.19	502	7.2	210	55

面感应淬火过程中，均能促进与稳定马氏体组织生成，有利于表面淬火硬度的提升^[4]。

4.3 感应淬火工艺改进与验证

为进一步增加淬火后马氏体组织含量、提高成品表面硬度，将感应淬火圈工作时的上升时间与急速冷却时间进行了多次调整试验，当产品表面温度达到850℃左右、冷水冷却速度达到50℃/s以上时，测试的主要技术指标最佳^[5]，具体数据见表7。

表7 淬火工艺改进前后比较

项目	感应圈工作 上升时间/s	表面温度 /℃	急冷时 间/s	表面硬度 HRC	淬火深度 /mm
改进前	35	700	25	33	1.2
改进后	50	850	15	52	1.7

经测试，淬火后的压射冲头外圆表面硬度值均在50HRC以上，淬火深度为1.5~1.8mm，用户使用后的平均寿命为一个班次以上，达到了理想的效果。

4.4 结论

1) 利用铸件顺序凝固原理，调整铸造工艺，采用竖直分型、顶注方式，有效地解决了铸件产品内部的缩孔与缩松问题，保证了铸件组织的致密性，提高了铸件的力学性能。

2) 在熔炼方面，在炉料中增加锰铁加入量，同时添加部分纯铜，使产品中的锰含量达到0.5%以上，珠光体含量稳定在50%以上，确保了后序感应淬火工件表面硬度的提升。

3) 调整表面淬火工艺，提高淬火时产品的表面温度（达850℃），同时提高水冷冷却速度，能得到

理想的片状马氏体组织，使产品表面硬度及淬火深度达到技术要求。

5 结束语

本研究的结果为提高压射冲头的铸件质量提供了重要的理论依据和实践指南，对延长压射冲头的使用寿命具有重要的指导意义。未来的研究工作可以聚焦于进一步提升压射冲头的高温耐磨性能，探究不同的铸造工艺、化学成分配比及热处理工艺对其性能的影响。

参考文献：

[1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册（第1卷）：铸铁[M]. 4版. 北京：机械工业出版社，2021.

[2] 李晨希. 铸造工艺设计及铸件缺陷控制[M]. 北京：化学工业出版社，2009.

[3] 魏沐铭，蔡克成. 球墨铸铁常见缺陷及预防和消除[J]. 中国铸机，1995（1）：39-41.

[4] 胡勇，饶丽，陈国香. Mn、Cu对球墨铸铁组织性能的影响[J]. 兵器材料科学与工程，2012，35（4）：5-7.

[5] 马宝祥. 球铁活塞铸造和热处理工艺研究[J]. 能源技术与管理，2020（4）：163-166.

MW 20241130