

JSD220 型变速器后盖铸件裂纹缺陷分析与改进

刘德旺,葛赛赛
(陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造分公司,陕西 宝鸡 722409)

摘 要:JSD220 型变速器在服役过程中后盖铸件会出现裂纹,甚至开裂现象,最终导致变速器功能失效。针对这个问题,从材料的化学成分、力学性能、金相组织以及断口的铸造缺陷等方面综合分析,排除以上相关因素。运用有限元方法对该产品的结构设计更改前、后的结构强度做了对比分析,优化了铸件结构设计。结果表明,改进后的后盖铸件整体强度明显提升,得到了市场实际批量验证,基本消除了 JSD220 型变速器后盖铸件因裂纹导致的失效现象。工艺改进后,后盖铸件装机服役效果良好。

关键词:压铸件结构强度;加强筋;有限元分析
中图分类号: TG292 文献标识码: A 文章编号: 1000-8365(2020)05-0469-05

Analysis and Improvement of Crack Defect of JSD220 Transmission Rear Cover Casting

LIU Dewang, GE Saisai
(Foundry Branch, Shaanxi Faust Automobile Transmission Group Co., Ltd., Baoji 722409, China)

Abstract: During the service of JSD220 transmission rear cover casting will crack or even crack, resulting in the transmission function failure. In order to solve this problem, the chemical composition, mechanical properties, metallographic structure and casting defects of the fracture were analyzed comprehensively, and the above related factors were excluded. The structural strength before and after the structural design of the product was compared and analyzed by finite element method, and the structural design of the casting was optimized. The results show that the overall strength of the improved rear cover castings has been significantly improved, which has been verified by the actual batch in the market, and the failure phenomenon caused by cracks in JSD220 transmission rear cover castings has been basically eliminated. After process improvement, the service effect of rear cover casting machine is better.

Key words: die casting structural strength; rib plate; finite element analysis

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司是一家以生产重型汽车变速器、分动器、取力器和各种汽车齿轮及其铸、锻件为主的专业化龙头企业。随着汽车轻量化的不断发展,越来越多的卡车变速器壳体铸件正在由笨重的铸铁材料升级为比重相对较轻的铝合金材料,在这个大趋势下,我公司亦设计开发了系列相应的铝合金系列变速器。

1 产品及技术要求

1.1 产品简介

JSD220 型变速器后盖见图 1(基本信息):
外形尺寸:515 mm×345 mm×95 mm。
平均壁厚:6 mm。

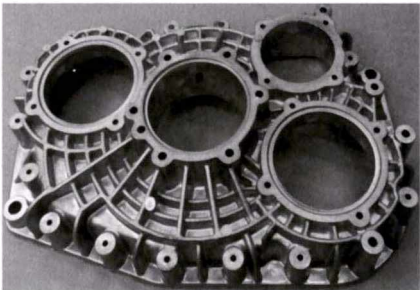


图 1 JSD220 型变速器后盖
Fig.1 JSD220 transmission rear cover

材质:ADC12。
单重:7.8 kg。

1.2 铸件的成分及力学性能要求

材料按照 JIS H 5302-2000 标准执行,其化学成分及力学性能见表 1,表 2。

1.3 铸件外观及无损检测要求

铸件外观表面光滑、完整,不得有冷隔、裂纹、气孔等缺陷。X 射线检测按照标准 ASTM- E505 检测。

收稿日期: 2020-02-25
作者简介: 刘德旺(1963-),陕西蒲城人,工程师,主要从事镁、铝合金材料及压铸模具、工艺等研究方面的工作。
电话: 19991466876, E-mail: 925840206@qq.com

表1铸件化学成分要求 $w(\%)$

Tab.1 chemical composition requirements of casting

Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Zn	Ni	Ti	Sn	Pb	Al
9.6~12	2.2~3.5	0.55~0.9	≤0.5	≤0.3	≤1.0	≤0.5	≤0.3	≤0.2	≤0.15	余量

表2铸件的力学性能指标

Tab.2 Mechanical properties of castings

抗拉强度 /MPa	伸长率(%)
240	1

表3 JSD220型后盖铸件开裂部位统计

Tab.3 Statistics of cracking site of JSD220 rear cover casting

开裂部位	a	b	c	d	e	f	其它	合计
数量	0	16	9	2	11	5	4	47
开裂部位占比(%)	0	34.04	19.15	4.26	23.40	10.64	8.51	

2 问题现象描述

2016年度,共计报损后盖1141件,全年平均PPM值为100.4,给公司造成损失约223.5万元。通过拆解2017年3月份小循环所有失效后盖发现,该型后盖失效52件,其中铸件开裂47件,占比90.4%,且铸件开裂造成变速器漏油,给客户形成不良印象,损害公司形象,且给客户和公司均造成经济损失。变速箱后盖开裂失效典型照片如图2。

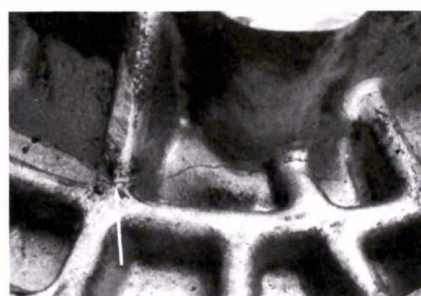
针对上述47件开裂后盖,我们对其不同的开裂区域进行了统计分析(开裂区域分布图见图3),结果见表3。

3 铸件裂纹原因分析

3.1 铝合金化学成分

我们对其中5件开裂铸件进行了化学成分检测,结果如表4。

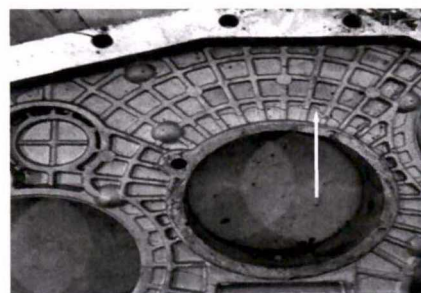
上述5件铸件的化学成分均合格,且我公司在生产过程中均严格执行熔化工艺,铝液成分检测均符合要求,故可排除因铝合金化学成分不合格导致



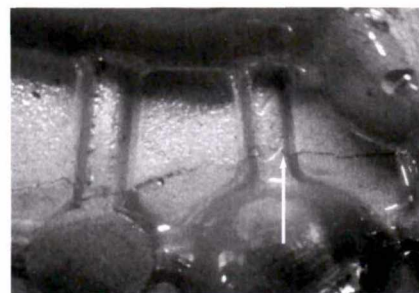
(a)b区域裂纹



(b)c区域裂纹



(c)b区域内侧裂纹



(d)e区域内部裂纹

图2 裂纹部位形貌

Fig.2 Crack position morphology

表4 开裂铸件ADC12铝合金化学成分追溯表 $w(\%)$

Tab.4 Chemical composition tracing table of cracked casting ADC12 aluminum alloy

元素	Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Zn	Ni	Ti	Cr	Sn	Pb	检测
结论	标准	9.6~12	2.2~3.5	0.55~0.90	≤0.50	≤0.30	≤1.00	≤0.50	≤0.30	-	≤0.20	≤0.15
样件1	10.8	2.71	0.75	0.25	0.24	0.94	0.06	0.05	0.02	0.04	0.06	合格
样件2	10.9	2.53	0.66	0.20	0.18	0.95	0.08	0.04	0.02	0.03	0.05	合格
样件3	10.7	2.91	0.70	0.26	0.20	0.95	0.06	0.04	0.03	0.03	0.05	合格
样件4	10.7	2.42	0.82	0.27	0.21	0.87	0.05	0.04	0.02	0.05	0.04	合格
样件5	10.1	2.46	0.83	0.30	0.20	0.80	0.05	0.05	0.02	0.04	0.05	合格



图 3 开裂区域分布图
Fig.3 Crack zone distribution

开裂的可能性。

3.2 力学性能

追溯上述 5 件对应压铸件 ADC12 铝合金批次,辅助试棒力学性能检测结果如表 5。

表 5 力学性能 ADC12 铝合金压铸件
Tab.5 Mechanical properties of die casting of ADC12 aluminum alloy

	抗拉强度 /MPa	伸长率(%)
标准	240.00	1.0
1#	280.14	1.6
2#	251.22	1.8
3#	264.01	1.7
4#	275.53	2.1
5#	263.23	1.8

以上力学性能数据显示合格,故材料的力学性能影响到后盖压铸件的开裂可能性概率较小。

3.3 铸件内部铸造缺陷

追溯各批次铸件 X 光记录,符合标准。对出现

裂纹缺陷部位的铸件做 X 光探伤,未发现裂纹区域有铸造缺陷;对开裂的铸件进行观察,裂纹源断口清晰致密,无明显的铸造缺陷,相关照片如下图 4。

3.4 金相组织

在图 4 断口 A 处取金相试样,金相组织如图 5 (a)图所示,图 5(b)是标准的 ADC12 铝合金金相组织照片,对比左、右金相组织可以看出,金相组织无异常,组织由 $\alpha(\text{Al})+(\alpha+\text{Si})$ 共晶+少量 Al_2Cu +少量 $\text{Mg}_2\text{Si}+\text{AlFeMnSi}$ 组成。

3.5 铸件设计结构强度

JSD220 铝合金压铸件后盖主轴承孔部位为受力较大处,估计该产品在设计阶段对该部位的受力及强度设计未做到足够关注,导致该零件主轴承孔周边存在多个应力集中点,上述应力集中点在复杂的工况或受冲击时极易出现裂纹并导致开裂,进而使得变速器总成失效。

4 铸件结构改进

4.1 结构改进

根据铝合金压铸件壁厚与强度对比(如图 6、表 6)可以看出,增加壁厚对提高压铸件的强度无正面影响,因此,只能转向到通过加强筋的合理布置来达到提高铸件强度的目的。基于此提出以下改进方案。

深色表示延长并加高的筋,图 7。

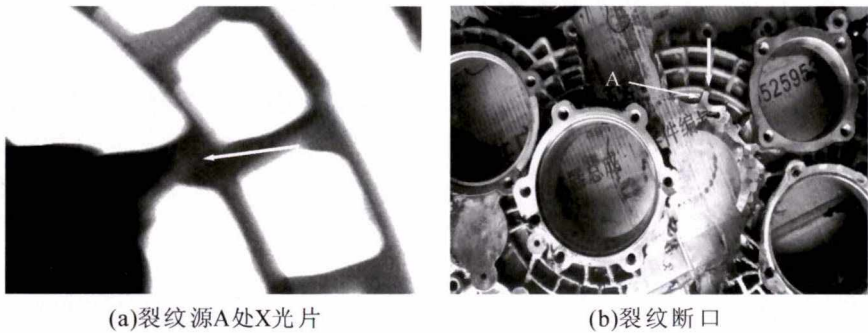


图 4 铸件断口及 X 光片
Fig.4 Casting fracture and X-ray film

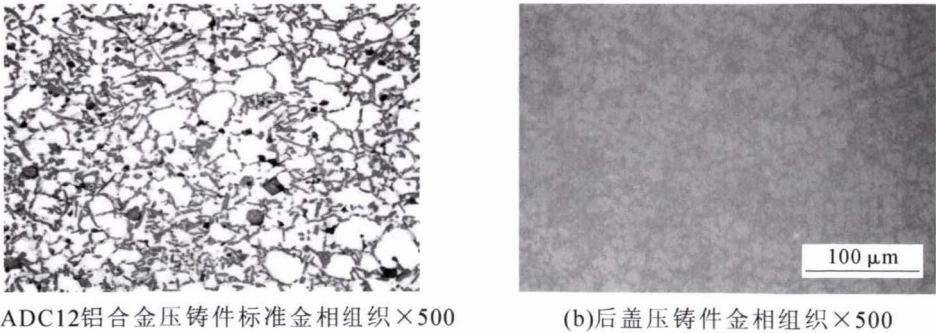
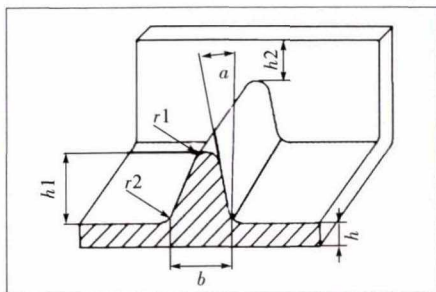


图 5 ADC12 铝合金金压铸件组织
Fig.5 Microstructure of ADC12 aluminum alloy die casting

表 6 筋的设计规范
Tab.6 Design specification of tendons

	结构尺寸	说明
	$b=1\sim 1.4\ h$ $h1\leq 5\ h$ $h2\geq 0.8\ mm$ $r1=(0.5b\cos a\sin a)/(1-\sin a)$ $r2=1/3(h+b)\sim 2/3(h+b)$ $a\leq 3^{\circ}$	b —筋的根部宽度 h —铸件的壁厚 $h1$ —筋的高度 $h2$ —筋端离筋端的高度 a —筋的斜度 $r1$ —筋端部圆角半径 $r2$ —筋底部圆角半径

筋的高度 $h1$ 、斜度 a 和圆角半径 $r1$ 的关系					
$h1/\text{mm}$	a	$r1/\text{mm}$	$h1/\text{mm}$	a	$r1/\text{mm}$
$h1\leq 20$	3°	$\leq 0.527b-0.55h$	$30<h\leq 40$	2°	$\leq 0.518b-0.036h$
$20\leq h\leq 30$	$2^{\circ}30'$	$\leq 0.522b-0.046h$	$40<h\leq 60$	$1^{\circ}30'$	$0.513b-0.027h$

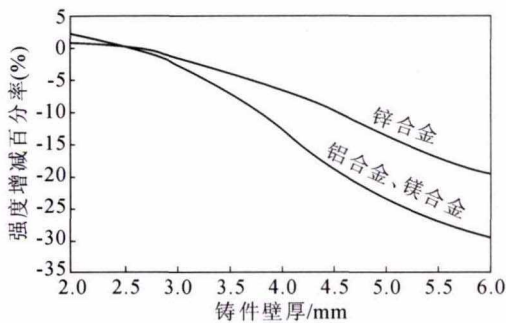


图 6 铸件壁厚与强度对比
Fig.6 Casting wall thickness versus strength

4.2 改进方案对比

根据上述改进方案,我们以极端恶劣工况 10 倍重力加载的情况下,对现结构压铸件与改进后的压铸件几个关键受力点进行了有限元应力结果对比分析,结果如图 8。有限元应力结果统计见表 7。

表 7 有限元应力结果统计汇总表
Tab.7 Statistical summary of finite element stress results

测试点	原结构 /MPa	现结构 /MPa	现结构相比原结构下降百分数(%)
c	277	107	61.4
e	329	196	40.4
b	273	163	40.3



图 7 后盖压铸件改进前后结构对比
Fig.7 Comparison of structure before and after improvement of rear cover die casting

从以上有限元应力结果对比分析可以看出,增加加强筋改进后的壳体,相应部位的应力集中现象明显下降。

5 方案实施及效果

2017 年 9 月开始,改进后的 JSD220 后盖进入小批量验证,改进后的 JSD220 后盖在生产过程中表现良好。目前,该型号的后盖产品已批量投入市场服役,通过市场反馈并跟踪统计,2019 年度该产品全年平均 PPM 值为 52,较 2016 年度降低约 48%,铸件开裂现象得到明显改善,该型号后盖铸件年度 PPM 值见下图 9。

6 结论

(1)利用有限元分析方法对后盖压铸件的结构进行了应力分析,并对其结构进行了针对性的改进,通过优化,使得后盖强度大幅度地得到了提升,同时,也为解决其它压铸件壳体强度不足等问题提供了解决思路。

(2)在壳体设计过程中,引入有限元分析,可以大大地缩短壳体的结构设计周期。

(3)在压铸件结构设计时,适当增加筋的数量和

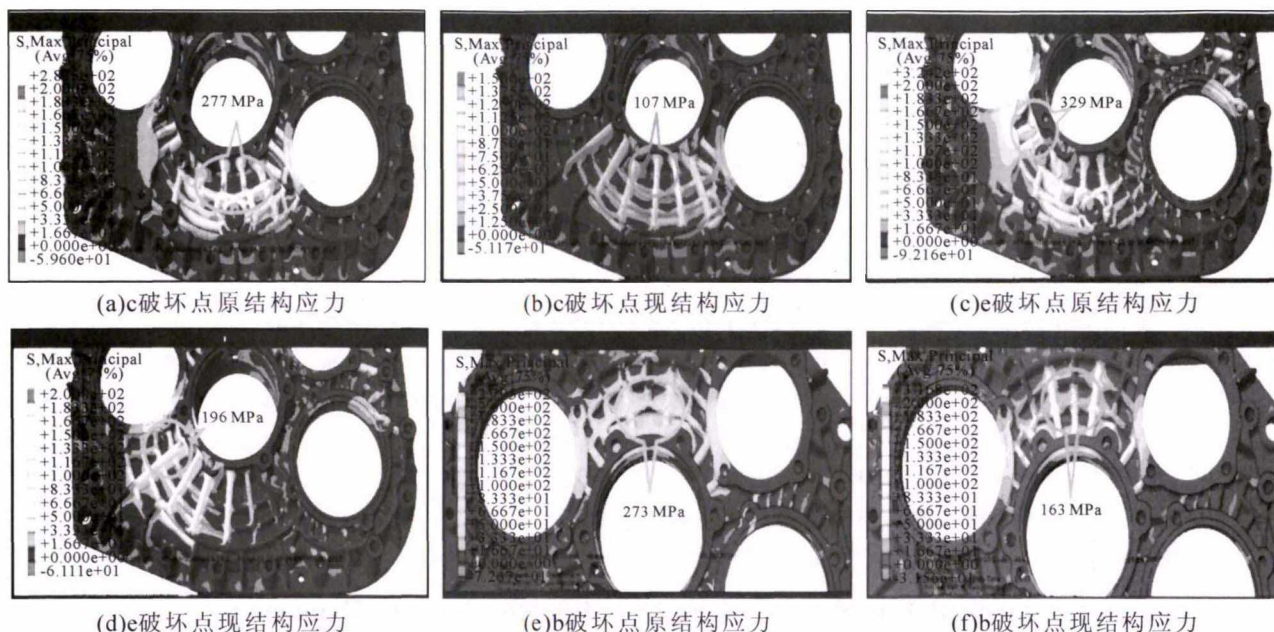


图8 后盖更改前后有限元应力对照

Fig.8 Finite element stress comparison before and after back cover change

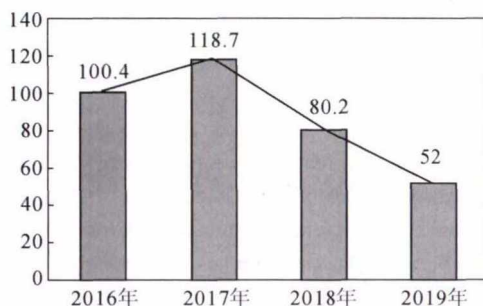


图9 铝合金后盖各年度 PPM 值趋势图

Fig.9 Trend chart of annual PPM value of aluminum alloy rear cover

高度是提高壳体整体强度的有效办法。

参考文献:

- [1] 卢宏远,董显明,王峰.压铸技术与生产[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [2] 杨裕国.铝压铸成型及质量控制[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [3] 吴春苗,邹日荣,曹阳,等.压铸技术手册[M].广州:广东科技出版社,2007.
- [4] 范英俊,姜不居,甘智勇,等.铸造手册(特种铸造)[M].北京:机械工业出版社,2003.

技术资料邮购

《特种铸造生产实用手册》

特种铸造涉及的工艺门类较多,本书紧跟当前铸造行业的发展和生产应用实际,全面介绍了各类型特种铸造的生产技术经验和数据,包括熔模精密铸造、壳型铸造、金属型铸造、铁型覆砂铸造、陶瓷型铸造、离心铸造技术及设备、挤压铸造及半固态成形技术、反重力铸造技术、连续铸造技术及装备、增材制造技术及3D打印在新型工业发展的应用等10部分内容。

特快专递邮购价:179元。

邮购咨询:李巧凤

电话/传真:029-83222071