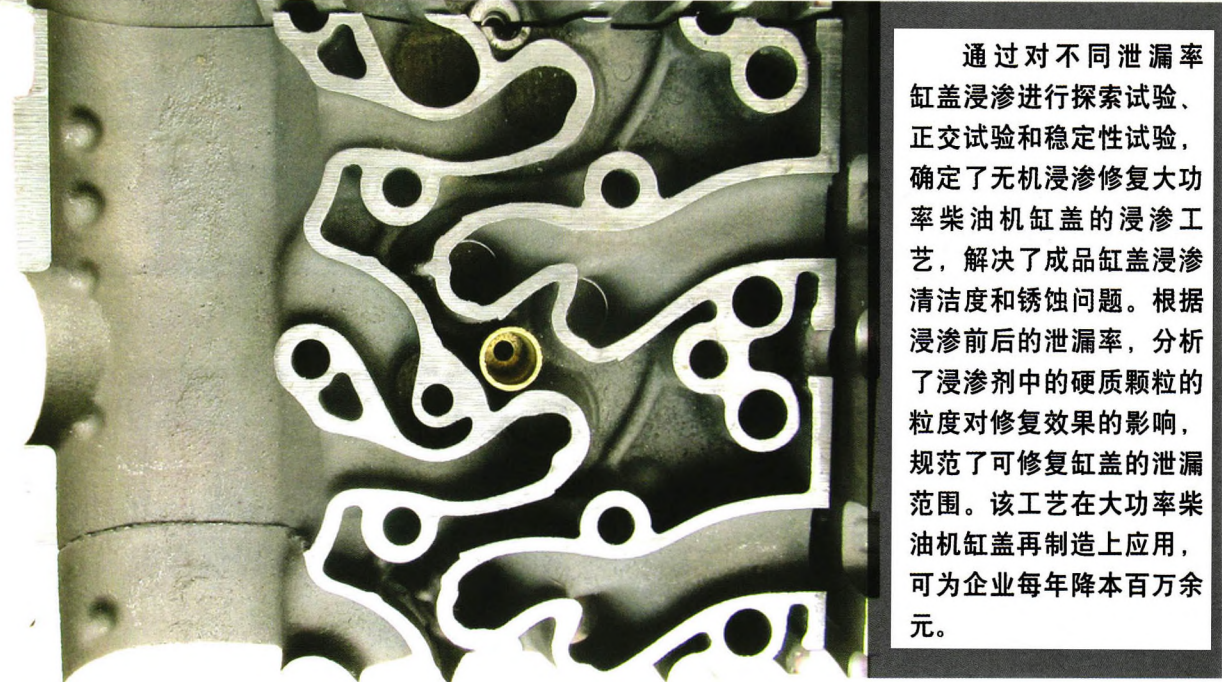


无机浸渗在大功率柴油机缸盖的应用

□ 一汽解放汽车有限公司无锡柴油机厂/马静芬 廖顶松



汽车发动机再制造是实现循环经济“减量化、再利用、资源化”三原则中再利用原则的重要途径，也是实现废旧产品循环利用的关键措施。浸渗工艺是发动机再制造的一个重要组成部分，该工艺于20世纪60年代开始研究，目前国外浸渗技术应用面不断扩大，尤其是有机浸渗处理，如日本几个大汽车公司在发动机生产中把铸件浸渗作为一道不可缺少的工序。浸渗工序一般

都放在毛坯或半成品阶段进行，我国一汽、东风、重汽、上海大众等企业也都有应用，轿车发动机缸盖为铝合金材质、均采用有机浸渗。无机浸渗成本低，污染少，设备简单，有一定的实用价值和显著的经济效益。但我国对其抗振性、清洁度、防锈及可修复缺陷条件等实用性细节问题研究甚少。无机浸渗剂的主要成分是硅酸钠即水玻璃和少量的其他添加剂，而硅酸钠本身无

毒害。在整个浸渗过程中，除了少量残余浸渗剂会随着清洗的水排入污水箱外，不产生其他废气和废物，不会对环境产生污染。为此，提出无机浸渗在大功率发动机再制造缸盖上应用，对快速推进绿色再制造项目具有现实意义。

浸渗原理与工艺

浸渗处理主要为浸渗剂的渗透和固化过程，其渗透过程是借助于

液体与固体之间的浸润现象和毛细现象，通过一定的压力和特殊处理使浸渗剂渗入铸件的微孔中，并利用浸渗剂对金属的物理化学吸附作用以及浸渗剂本身的粘性使浸渗剂保持在微孔中。浸渗的固化过程主要是水玻璃型浸渗剂的脱水形成固体SiO₂的过程，其中的固体超细粉末金属氧化物随着硅酸一起固化，形成以超细粉末为骨架的100%的化学填料使微孔密封。

浸渗处理分为前处理、浸渗和后处理三个阶段，前处理是指将待浸渗处理的零件再浸渗处理前先进行脱脂、清洗和烘干，保证浸渗处理时的零件表面没有油渍和水分；浸渗处理将零件装入浸渗罐中进行密封抽真空，以充分排除罐内及工作孔隙处的空气和微尘，利用压差动力及罐内负压吸入浸渗剂，再进行二次抽真空保压和加压保压使浸渗剂压入零件缺陷部位；后处理将

零件经过沥干后在清洗槽中对零件表面残余的浸渗剂进行清洗和防锈，再放入固化炉中进行固化处理。

本次试验通过采购采用ST-1浸渗剂，其主要参数见表1。

浸渗工艺试验

1.可修复范围探索实验

很多参考文献说明，浸渗修复的缺陷主要限定在某一缩孔孔径范围以内，但在实际操作时这种设定是无法实施的。因此需要寻找一种可操作性强的方法挑选出可修复的缸盖，避免不可修复的缸盖占用物料和物流资源以及可靠性不足的问题。为此，从缸盖的原始泄漏量、压水时的气泡特征进行分析和试验，试验结果详见表2。

试验结果表明，压水试验时有轻微间隙性气泡或连续性针状气泡的缸盖是可以浸渗修复的，这类铸

件的泄漏率一般小于100mL/min，当大于该值时，其泄漏状态多为连续性柱状气泡。为了保证修复的可靠性，在实际操作时仍然选用泄漏率≤100mL/min，且泄漏状态为轻微间隙性气泡或连续性针状气泡的缺陷缸盖，除此之外，没有影响缸盖质量的其他缺陷存在。

2.清洁度试验

本试验样本均为成品状态，缸盖修复后需满足清洁度要求，且各表面不能有锈蚀现象，而铸铁材质在常规的大气环境中十分容易生锈，为此，进行了几种清洗和防锈方案来防止锈蚀的产生，试验浸渗缸盖均为单件吊装逐个清洗，试验采用防锈液浓度为4.5%。结果见表3。

试验表明：方案3较为适宜。无论是常温吹干还是自然晾干，缸盖表面都出现了不同程度的锈蚀情

表1 ST-1浸渗剂主要参数

参数 型号	Fe含量 (质量分数，%)	水不溶物含量 (质量分数，%)	比重 (20℃) /g·cm ⁻³	Na ₂ O含量 (质量分数，%)	SiO ₂ 含量 (质量分数，%)	模数 (M)
ST-1	≤0.02	≤0.20	1.318~1.342	≥7.0	≥24.6	3.5~3.7

表2 原始泄漏量、泄漏状态和修复后的泄漏量的关系（单位：mL·min⁻¹）

	浸渗前泄漏量	漏气状况	浸渗后泄漏量	一次浸渗效果
探究试验	99.14	多处间隙气泡	0.77	合格
	89.02	连续性细柱气泡	15.07	不合格
	59.12	连续性针状气泡	1.52	合格
	129.31	连续性针状气泡	0.86	合格
	148.12	连续性水柱气泡	50.11	不合格
验证试验	≤100（40个）	连续性针状或间隙气泡	≤10	100%合格

表3 不同清洗与固化方式的锈蚀试验（单位：min）

方案	流水清洗时间	防锈清洗时间	固化形式	效果
1	4	2	压缩空气吹干	较多锈蚀
2	2	2	室温自然晾干20h	少量锈蚀（孔）
3	2	2	先吹干盲孔与气道积水，再放入固化炉	无锈蚀

况，主要是因为是在流动清水中清洗的时间过长，而由于缸盖结构十分复杂，其内腔和盲孔在浸防锈液之后常常积水严重，提供了长时间的氧化生锈环境。

浸渗试验缸盖抽样解剖结果为，整个缸盖的水套腔、铜套孔等部位没有发现残留的浸渗剂，缸盖的内外表面均没有锈蚀情况出现，如图1所示。缸盖的清洁度检测结果为323.3mg，符合本厂缸盖的技术要求。



图1 整个缸盖的水套形状

3.正交优化试验

为了更好地获得缸盖浸渗后抗振性、耐温性和清洁度，在参考浸渗剂厂家提供的工艺参数基础上进行4因素3位级的正交优化试验（见表4）。

试验结果显示，对结果影响最大的是A抽真空后的保压时间，其次是D缸盖的原始渗透率、C固化时间和B加压后的保压时间。由于

待修复的缸盖的原始泄漏率不作为工艺参数设定，上述组合方案中较好的工艺参数为A3B2C3，即第1次抽真空和第2次抽真空后的保压时间设定为20min，加压后的保压时间20min，固化时间2h效果较好。

因此，浸渗优化工艺为：抽真空（-0.095MPa）→保压（≥20min）→进液→抽真空（-0.095MPa）→保压（≥20min）→卸压（0 MPa）→加压（+0.5MPa）→保压（≥20min）→退液。

4.稳定性试验

为了验证上述工艺参数实施后的工艺稳定性，一次性选择31个缸盖分6个批次连续进行浸渗处理，对修复的缸盖经过压水试验，其检测值全部在10mL/min以下，符合产品对缸盖泄漏率的要求，缸盖浸渗前后泄漏率如图2所示。

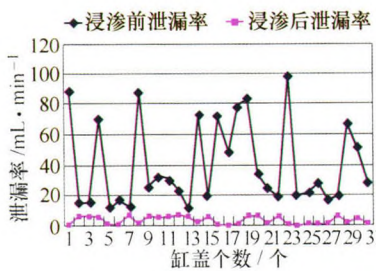


图2 缸盖浸渗前后的泄漏率对比

5.试验新发现

经浸渗修复后的缸盖泄漏率主要集中在0~2.0mL/min和5.0~

7.0mL/min两个区间段，如图3所示。

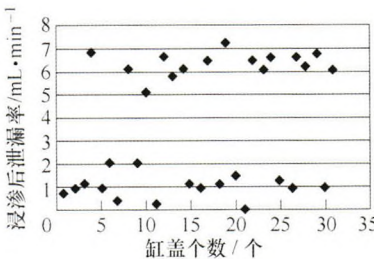


图3 缸盖浸渗后的泄漏率分布

不同的原始泄漏率区间段，修复后的平均泄漏率也并非原始泄漏率越小修复后的效果越好，修复效果与微缩孔的大小、浸渗剂的密度等影响有密切关系，在原始泄漏量较小时表明微缩孔较小，当浸渗剂中的水不溶物颗粒大于其孔径时，其中的硬质颗粒物便难以进入，主要浸渗进入的是水玻璃溶液，脱水后就会形成相对较大的间隙。随着原始泄漏率的增加，当孔径逐渐增加到以进入微缩孔的主要为浸渗剂中的硬质颗粒时，修复后的水玻璃脱水而形成的间隙将会最小；而当原始泄漏率继续增加到一定值时，随着微缩孔孔径的增加，修复后的泄漏率将慢慢增大，直至难于修复。前后选用了两个批次缸盖，不同原始泄漏率样本进行试验，两次浸渗后泄漏率分布曲线相当吻合，如图4所示。

表4 因素位级表L9（34）

因素 位级	抽真空保压时间A/min	加压保压时间B/min	固化时间C/h	渗漏量D/mL·min ⁻¹
1	10	10	1	11~29
2	15	20	1.5	30~59
3	20	30	2	60~100
备注	(1) 试验真空度≤-0.095MPa，加压压力0.5MPa，固化温度设定为100~110℃，2次抽真空保压的时间设定为相同。 (2) 待浸渗的缸盖泄漏率均≤100mL/min，并相应的分为3个区间。			

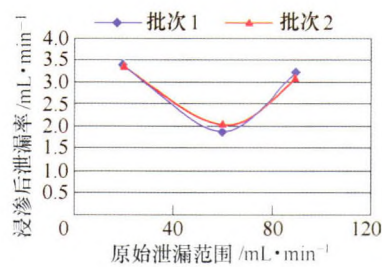


图4 缸盖浸渗后泄漏率的分布曲线

应用效果

为了验证浸渗修复缸盖的工艺可靠性，分别对原泄漏位置为螺栓孔和气道的3个缸盖浸渗修复，经1 000h耐久试验，所有修复的缸盖全部通过了考核，缸盖修复前后以及耐久试验前后的泄漏率的检测值

见表5。

表5 耐久试验后的缸盖泄漏率
(单位：mL·min⁻¹)

机型	泄漏位置	原始泄漏	修复后的泄漏	耐久试验后泄漏率
F	螺栓孔	98.55	9.24	2.07
F	气道	58.62	0.95	6.44
L	气道	19.17	0.37	5.48

浸渗修复的缸盖在再制造柴油机中已陆续装机使用，截止到目前，第1只浸渗修复的缸盖装机运行已超过两年，至今未见有相关质量问题反馈。

结语

浸渗缸盖的修复范围主要限

定在试漏检测时只有轻微间断性气泡或连续性针状气泡且泄漏率低于100ml/min的缸盖。大功率柴油机缸盖微缩孔泄漏率≤100mL/min，按优化后浸渗工艺，一次浸渗合格后，能满足使用要求。成品报废缸盖如果通过再制造使用，去除缸盖材料回收成本及一次浸渗成本，以年产6万台缸盖，符合可修复条件的缸盖1%，再制造预计每年可减少损失100万元以上。

实际经济效益与铸造水平有着密切关系，随着铸造水平的提高，这类可修复的资源会减少，可挽回这类损失的经济效益也会随之下降。**AUTO1950**

(上接第25页)



埃马克 VT 2—4 立式车床可以进行非常高效快速的轴类件加工，甚至可以应用到要求极高的切削任务上。

售后都给予了我们极大的支持和配合。” 蒋亦卿表示，“不仅仅是提供方案和设备这么简单，他们总是站在我们立场，和我们一起工作，一起改进设备方案。这一点非常重要，不仅增加了我们彼此之间的信



双环采用埃马克机床生产的齿轮，最大外径可达150 mm，最小外径40 mm。

任和默契，更让我们对未来充满信心。”

蒋亦卿举“断屑”为例介绍，断屑是对在加工过程中出现的很长的铁屑进行处理成为尺寸较短的铁屑的加工处理过程。为此，埃马克

特邀刀具厂商一起到江苏双环实地考察，研究探讨，在埃马克设备基础上很好的解决了这一难题。

“未来，双环集团的发展壮大，离不开先进技术和设备的引入。而埃马克先进的技术不仅仅体现在车床方面，他们还有滚齿机、激光焊接机等设备。先进的技术工艺和高品质的设备，再加上埃马克优质的服务，我相信，双环集团和埃马克之间将会有更多的合作空间和前景。” 蒋亦卿最后表示。

关于江苏双环齿轮

江苏双环齿轮有限公司由浙江双环齿轮集团股份有限公司投资兴建，主要从事高精密齿轮规模化生产工艺研发应用，主要产品为汽车（轿车、重型载货车）齿轮、摩托车齿轮、缝纫机齿轮、电动工具齿轮、汽车和摩托车变速器以及汽摩配件。**AUTO1950**