



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1867817 B

(45) 授权公告日 2010.12.08

(21) 申请号 200480029615.1  
 (22) 申请日 2004.09.30  
 (30) 优先权数据  
 GM695/2003 2003.10.09 AT  
 (85) PCT申请进入国家阶段日  
 2006.04.10  
 (86) PCT申请的申请数据  
 PCT/AT2004/000329 2004.09.30  
 (87) PCT申请的公布数据  
 W02005/033649 DE 2005.04.14  
 (73) 专利权人 AVL 里斯脱有限公司  
 地址 奥地利格拉茨  
 (72) 发明人 K·丹克梅尔  
 (74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
 司 31100  
 代理人 张兰英  
 (51) Int. Cl.  
 G01M 15/00 (2006.01)

及其可靠性分析. 淮南矿业学院学报 17  
 2. 1997, 17(2), 33-38.  
 Denkmayr K, etc..AVL ' s Reliability  
 Engineering Process for Engine Development.  
 Reliability and Maintainability Symposium,  
 2003, Annual. 2003, 455-458.

审查员 杨彬

(56) 对比文件  
 US 6260998 B1, 2001.07.17, 全文.  
 凌家杭 陈道林. 机械零件耐磨寿命

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称  
 用于保证技术零件的可靠性的方法

(57) 摘要  
 本发明涉及一种用于用一测试工序确保技术零件,尤其是内燃发动机和它的零件的可靠性的方法。

A	B	C	D	E	F	G	H	I
负载阵列 汇总项	修改 程度	载荷	风险	等效公里数 的总和 km	2年后的 可靠性	在英公里 数后的 寿命风险 [km]	能证实的 可靠性	从运行 测试得到 的可靠性
活塞环/ 磨损	1	2	2	6,385,400	0.99990	324,900	0.989969	1.00000
气缸头/断裂 气门侧向杆	2	2	4	4,774,000	0.99990	198,200	0.988805	1.00000
气缸头/ 侧座磨损	2	2	4	5,230,000	0.99990	190,800	0.987766	1.00000
连接器/ 摩擦腐蚀	2	1	2	11,942,000	0.99995	290,800	0.994824	1.00000
...	...	...	...	...	...	...	...	...

1. 一种用于用一测试程序确保内燃发动机和它的零件的可靠性的方法,该方法包括下列步骤:

- a) 选择至少一关键零件和至少一关键损坏模式;
- b) 对于各关键零件限定一可靠性目标;
- c) 对于各关键零件选择至少一测试工序;
- d) 对于各测试工序规定一测试持续时间和 / 或测试期限;
- e) 规定与各零件和各测试工序相关联的诸加速系数;
- f) 借助于测试持续时间与测试期限之一和加速系数对于关键零件和相应的测试确定一等效的测试持续时间和 / 或测试期限;
- g) 在所选的测试工序的基础上对于关键零件计算可证实的可靠性;
- h) 将可证实的可靠性与可靠性目标作比较;
- i) 在可证实的可靠性偏离可靠性目标和该偏离的偏离值大于一预定的公差量时修改测试程序。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,对于诸关键零件和诸损坏模式准备诸损坏模型,以及,在诸损坏模型的基础上准备诸加速系数。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,诸损坏模型的准备包含将在实际使用中发生一损坏之前的持续时间与在测试中发生相同损坏之前的持续时间作比较的步骤。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在可证实的可靠性处于可靠性目标之下时修改至少一个测试工序。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,重复步骤 c) 到 i),直到可证实的可靠性至少对应于可靠性目标。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,将各个测试的结果表示为用于各个零件的一负载阵列或储存于一数据库。

7. 一种用于用一测试程序确保内燃发动机和它的零件的可靠性的方法,该方法包括下列步骤:

- a) 选择至少一关键零件和至少一关键损坏模式;
- b) 对于各关键零件限定一可靠性目标;
- c) 对于各关键零件选择至少一测试工序;
- d) 对于各测试工序规定一测试持续时间和 / 或测试期限;
- e) 规定与各零件和各测试工序相关联的诸加速系数;
- f) 借助于测试持续时间与测试期限之一和加速系数对于关键零件和相应的测试确定一等效的测试持续时间和 / 或测试期限;
- g) 在所选的测试工序的基础上对于关键零件计算可证实的可靠性;
- h) 将等效的测试持续时间和 / 或测试期限与使用寿命目标作比较;
- i) 当可证实的等效测试持续时间和 / 或测试期限偏离使用寿命目标和该偏离的偏离值大于一预定的公差量时修改测试程序。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,当等效的测试持续时间和 / 或测试期限处于使用寿命目标之下时修改至少一个测试工序。

9. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,重复步骤 c) 至 g)、h) 和 i),直至等效的测

试持续时间和 / 或测试期限至少对应于使用寿命目标。

10. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,对于诸关键零件和诸损坏模式准备诸损坏模型,以及,在诸损坏模型的基础上准备诸加速系数。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,诸损坏模型的准备包含将在实际使用中发生一损坏之前的持续时间与在测试中发生相同损坏之前的持续时间作比较的步骤。

12. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,将各个测试的结果表示为用于各个零件的一负载阵列或储存于一数据库。

## 用于保证技术零件的可靠性的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于借助于一测试程序保证技术零件,尤其是内燃发动机和它的零件的可靠性的方法。

### 背景技术

[0002] 车辆所有者总是期望每一批新的发动机能提供与最大可靠性相结合的较高性能、较低的燃料消耗和较低的排放物。同时,车辆制造商迫切要求较短的研发周期。在应力方面,在研发过程中保证可靠性是极其重要的。

[0003] 从出版物“Der AVL-Reliability-Engineering-Prozess für die Motor-und Antriebsstrangentwicklung”(用于发动机和传动链的研发的AVL可靠性技术工艺过程)、Klaus DENKMAYR、VDI-Berichte 1713、2002、27至32页示出了在一负载阵列(load matrix)中诸单元、零件和模件的损坏。利用诸测试程序(test program),尤其不同的耐用性测试运行、以显著不同的方式对不同的发动机子系统加负荷,就能够测试不同的发动机性能。例如,在热冲击测试中对气缸头加大负荷,而对曲轴加较小的负荷。为了在测试程序中提出不同负荷和发现可能的弱点,在该出版物中提出了所谓负载阵列(loadmatrix)。该负载阵列指出了该数值,与正常的使用寿命期限的通常的使用相比较,诸子系统的各自的耐久性运行对该数值提供了一载荷。

[0004] 通常使用 $B_{10}$ 使用寿命作为用于内燃发动机的可靠性指数,该使用寿命表明了直到一组发动机的总量的10%出现了严重故障的运行输出。根据运行情况,将 $B_{10}$ 值以运行的公里、英里或小时为单位表示。

[0005] 另一个重要的可靠性参数是所谓修理频率,该参数表明了在保证期的每年内零件或模件的故障频率。

[0006]  $B_{10}$ 使用寿命和修理频率的可靠性参数对发动机和车辆制造商的担保和无偿服务的成本具有相关的影响。较短的研发周期、较硬的使用轮廓和较长的担保和适应期提高了确保零件和模件的可靠性的重要性。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是产生一测试程序(test program),该程序允许以可能最简单、但充分综合性的方式保证零件和/或模件和整个单元,例如内燃发动机的可靠性。进一步利用该方法开发评价技术零件和/或模件的可靠性,用此技术进行能对未来的成本危机进行最可靠的评价。

[0008] 按照本发明通过下列步骤实现该目的:

[0009] a) 选择至少一个关键零件和至少一个重要的损坏模式(damage mode);

[0010] b) 为各关键零件限定一可靠性目标;

[0011] c) 为各关键零件选择至少一测试工序(test procedure);

[0012] d) 为各测试工序规定一测试持续时间和/或测试期限;

- [0013] e) 规定与各零件和诸测试工序相关联的诸加速系数 (acceleration factor) ;
- [0014] f) 用诸加速系数和测试持续时间或测试期限对关键零件和相应的测试确定一等效的测试持续时间和 / 或测试期限 ;
- [0015] g) 在所选择的测试工序的基础上为关键零件计算能被证实的可靠性。
- [0016] 能通过对至少一第一近似法 (approximation) 的估价来确定或根据实验来确定诸加速系数。但是, 当按照本发明的一较佳实施例在损坏模型的基础上确定加速系数时能够得到基本上较精确的陈述 (在步骤 e 中)。在例如增加的机械的或热的负荷的恶化条件下进行的测试中, 将在特定的测试持续时间之后发生的损坏与在实际操作中发生损坏的这样一持续时间比较。从关于关键零件和损坏模式的信息准备损坏模型。相反, 从已知的损坏模型也能够确定新的测试。
- [0017] 等效的测试持续时间或测试期限对于评价所选的测试工序的有效性提供了一基准数。因此可以提出以下附加步骤 :
- [0018] h) 将可被证实的可靠性与可靠性目标作比较 ;
- [0019] i) 当可被证实的可靠性偏离可靠性目标和该偏差值大于预定的公差量时修改测试程序。
- [0020] 当可被证实的可靠性处于可靠性目标之下时修改至少一个测试工序。在此允差值也可以是零。
- [0021] 当可被证实的可靠性不充分时或者当也不需要较长的或过度的测试时, 修改测试程序将变得必需了。在第一情况下, 通过改变测试程序、测试持续时间或加速系数可以提高可被证实的可靠性。在第二情况下, 可以缩短测试持续时间或者可以取消测试。
- [0022] 作为一替换或对步骤 h 至 i 的附加, 为了保证零件的可靠性可以执行以下步骤 :
- [0023] j) 将等效的测试持续时间和 / 或测试期限与使用寿命目标作比较 ;
- [0024] k) 当可被证实的等效测试持续时间和 / 或测试期限偏离使用寿命目标和偏离值大于一预定的允差值时修改测试程序。
- [0025] 当等效的测试持续时间和 / 或测试期限处于使用寿命目标之下时可以修改至少一个测试工序。允差值也可以是零或不等于零。
- [0026] 如果可被证实的等效测试持续时间或测试期限应该是基本上比使用寿命目标较长, 那么通过缩短或甚至取消各个测试工序可以减少测试的数量。如果等效的测试持续时间或测试期限没有达到使用寿命目标, 需要使测试更准确。例如可以通过在测试过程中在零件上增加机械的或热的负荷 (从而是加速系数) 或通过增加测试持续时间做到这要求。
- [0027] 至少可以重复步骤 c 到 g、h 和 i 和 / 或 j 和 k, 直至可被证实的可靠性至少对应于可靠性目标。
- [0028] 当耐用性运行测试不能确保可靠性目标时, 可以交替地执行附加的零件测试或 FE 测试 (有限元测试 (finite element test))。
- [0029] 各测试结果有利地表达为用于各零件的负载阵列和 / 或储存于数据库, 同时负载阵列的诸单元 (cell) 是各关键零件和损坏模式。
- [0030] 由此, 能够以一充分准确方式评价零件和模件的耐用性和故障危机 (failurerisk), 并可以计算未来的担保成本。
- [0031] 在保证可靠性之后进行关键零件的实际测试。

## 附图说明

[0032] 以下参照附图更详细地解释本发明,在附图中:

[0033] 图 1 示出了按照本发明的方法步骤的方块图;

[0034] 图 2 示出了带有关于活塞环磨损详细情况的表格;以及

[0035] 图 3 示出了本发明的一实施例的汇总表格。

[0036] 具体实施方式

[0037] 图 1 示出了准备负载阵列的过程。较适当的是为了效率原因将它自身限于一些关键零件。在一第一方法步骤 a) 中,在一所谓 FMEA(故障模式和效果分析)的范围内,通过考虑可比零件的现有的现场数据来选择这些零件和损坏模式。在接下来的步骤 b) 中,对于一预定的使用期限(例如担保期)确定可靠性目标(误差率)。然后,在步骤 c) 中,选择用于各关键零件的相应的测试工序,以及,在步骤 d) 中,规定各测试工序的测试持续时间或测试期限。

[0038] 在步骤 e) 中对各零件和诸测试工序规定了诸加速系数和测试重复数。为了确定加速系数准备损坏模型。为了在实际操作和测试中使用,确定在产生某一损坏之前的持续时间。在已知的损坏模型的情况下能够限定一些新的测试。通过从实际操作和测试中比较损坏之前的持续时间,能够确定加速系数。

[0039] 将诸测试(测试台和车辆)汇编在用于被检查的零件的负载阵列的所谓明细表中。用加速系数、测试重复数和测试持续时间和/或测试期限(步骤 f)对关键零件计算等效的测试持续时间和/或测试期限。在步骤 g) 中、在所选的测试程度的基础上对关键零件确定可被证实的可靠性。

[0040] 通过将可被证实的可靠性与可靠性目标作比较(步骤 h)和/或通过将等效的测试持续时间和使用寿命作比较,可以在测试程序或所选的测试工序的质量方面进行陈述。如果没有达到可靠性目标或使用寿命目标,那么在步骤 i) 和 k) 中修改测试程序或至少一测试工序,直至实现了可靠性目标或测试持续时间和/或测试期限目标。为了该目的,相应地频繁地重复步骤 c) 至 i) 或 c) 至 h), j) 和 k)。因此,实际上通过使用统计的可靠性方法(statistical reliability method)可以在步骤 l) 中应用诸测试工序。

[0041] 图 2 和 3 示出了作为一客车发动机的一例子的负载阵列。它包括一汇总表(图 3)和多张关键零件和相关的损坏模式的明细表。各明细表组合了在一零件上的全部相关信息(见图 2)。

[0042] 在图 2 中作为一例子所示的明细表中,列 A 包括对于关键零件“活塞环”、对于损坏模式“磨损”的计划进行的测试。所选择的示例性诸测试工序是在测试台上在耐用性运行中的通常的额定功率测试、热冲击测试、交变负载测试、在根据测试标准的耐用性运行内的活塞和气缸头破坏测试以及公路测试、城市循环、在车辆耐用性运行内的高速测试和客户测试。列 B 和 C 表示了测试持续时间和单位(小时、公里等)。列 D 示出了涉及一标准载荷分布图的加速系数。这个加速系数尤其是对于相应的基础测试(underlying test)、关键零件和损坏模式提出的。从测试的运行时间和加速系数计算出等效的公里数(列 D,该列是标准的载荷集合(load collective)中的损坏一等效公里数)。列 F 表示了测试次数和列 G 是通过考虑重复的等效公里数的总和。该明细表还表示了全部被驱动的等效公里数的总

和和等效公里数最大值。如果与多个损坏模式相关,在明细表中、在对 D 到 G 的分析中准备更多列部分和进行相应的评价(总和、最大值)。

[0043] 负载阵列汇总表(图 3)包括来自明细表的所有相关信息的汇总和用于测试程序的评价和优化的评价。列 A 示出了关键零件和相关的损坏模式。该例子示出了图 2 的带有损坏模式“磨损”的零件“活塞环”和带有损坏模式“阀间横向件(valve crosspiece)断裂”和“密封环磨损”的零件“气缸头”以及作为一电元件的一例子的、带有损坏模式“摩擦腐蚀”的元件“连接器”(电连接器)。在内燃发动机或改进的进一步研制的情况下,进行了在零件等级方面的分级。列 B 和 C 示出了改进程度和负载等级。在列 B 中,“1”表示未变化的零件,“2”表示稍许改进的零件和“3”表示完全新的零件。对载荷等级使用分析评价:“1”表示该零件的相同的或较小的载荷,“2”表示稍许加大的载荷和“3”表示显著较大的载荷或者因为是新的零件所以是在不可比较的情况中。列 D 示出了改进程度和载荷等级的乘积,作为风险次序号。列 E 示出了用于被检查的零件和损坏模式的明细表转移(carryover)时等效公里数的总和。列 F 示出了可靠性目标值:可靠性目标 0.99990 例如意味着 100,000 个中的十个零件具有严重的疵点。

[0044] 一中央点是在最高速度运行时间的风险的标志。在负载阵列的汇总表中在列 G 内计算出该中央点,在最高达这一点时的运行输出前以一最大值进行测试。从明细表(图 2)的列 E 的最大等效公里数获得这些值。如果对于一关键零件 和一损坏模式的该值远离使用寿命目标,从而指出风险:在某些情况下在测试工序中不可能认识到仅在高运行输出时发生的问题。例如对于 250,000 公里的使用寿命目标,从诸测试工序确定的 160,000 等效公里对于带有损坏模式“密封环磨损”的零件“气缸头”是太低了,这样,不可能用所选的测试工序保证实际会实现使用寿命目标。在这情况下,该测试工序的持续时间的增加或为了加大加速系数对测试工序程序的修改能够提供对测试的信息值(informativevalue)的改进。

[0045] 列 H 示出了用本发明的测试程序和理想情况下预定的信任等级能够证实的可靠性,这意味着在测试过程中没有发生损坏。在该例子中以一近似方式采用一不变的故障率。可证实的可靠性的计算是基于从文献中已知的下列计算式:

$$[0046] \quad 1-C = R_{\text{测试}}^n \quad (1)$$

[0047] 式中:n 是测试次数,1-C 是信用等级(例如,0.9 就是 90%)以及  $R_{\text{测试}}$  是待证实的可靠性(例如 0.9999)。在此,假定在所检查的零件上进行测试的过程中在同一零件上没有任何损坏。

[0048] 下列公式应用于在零件上发生一个或若干个损坏的情况中:

[0049]

$$1-C = \sum_{i=0}^f \frac{n!}{i!(n-i)!} \cdot (1-R_{\text{测试}})^i \cdot R_{\text{测试}}^{(n-i)} \quad (2)$$

[0050] 式中的 f 为最大的“允许的”故障的数值。

[0051] 负载阵列的汇总表还代表一理想的基本结构以便以一闭合方式建立可靠性评价。在列 I 中,从运行测试程序计算当前误差率,同时用零件一特定的(component-specific)加速系数使运行时间被加权。

[0052] 在负载阵列的基础上,通过考虑每个事件所假定的平均维修成本能够评价担保费用。

[0053] 在负载模型的基础上的整个测试程序的最终评价是集中适用的。下列的优化步骤是可行的:调节各测试期限(缩短或延长)、通过附加测试或调整重复次数来进行修改、修改现有的诸测试工序。

[0054] 本申请提出的权利要求是限定的提议,对于实现进一步达到的专利保护没有偏见。本申请人保留提出对至此仅在说明书和/或附图中所揭示的其它特征的要求的权利。

[0055] 如在从属权利要求中所使用的参照的背景技术通过相应的从属权利要求的特征涉及主权利要求的主题的进一步方案。它们将被理解为并不放弃实现对于从属权利要求引用的特征的独立的一般性保护。

[0056] 诸所述从属权利要求的主题也形成了独立的发明,这些发明的格局独立于其先前的诸从属权利要求的主题。

[0057] 本发明不局限于所述的实施例。在本发明的范围可以有許多变化和修改,尤其是例如通过如在总的说明和实施例和权利要求中所述的和在附图中所包含的各个特征或元件或方法步骤的组合或修改是有创造性的这些变化型式、元件和组合和/或材料,以及,这些变化型式、元件和组合和/或材料通过组合的特征导出一新的主题或新的方法步骤或新的步骤的顺序,只要它们还涉及生产、测试和工作方法的情况即可。

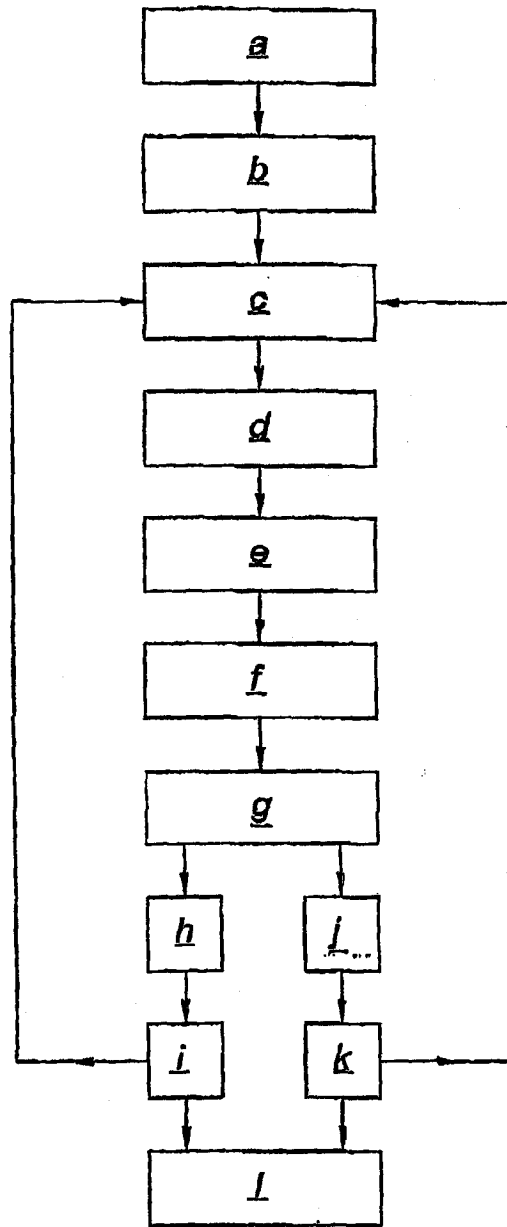


图 1

A	B	C	D	E	F	G
活塞环			损坏模式1: 磨损			
	寿命	单位	加速系数	等效公里数 km	# 重复数	等效公里数的总和 Km
试验台运转						
额定功率测试	500	h	5.1	140,250	4	561,000
热冲击测试	300	h	2.9	47,850	4	191,400
交变负荷测试	1,000	h	5.9	324,500	4	1,298,000
活塞和气缸头 破坏测试	500	h	3.5	96,250	4	385,000
.....	...	...	...	...	...	...
车辆运转期						
高速公路测试	100,000	km	1.3	200,000	4	800,000
城市循环	50,000	km	1	50,000	4	200,000
高速测试	50,000	km	3.5	175,000	4	700,000
客户测试	150,000	km	1	150,000	15	2,250,000
.....	...	...	...	...	...	...
			最大	324,500	总和	6,385,400

图 2

A	B	C	D	E	F	G	H	I
负载阵列 汇总项	修改 程度	载荷	风险	等效公里数 的总和 km	2年后的 可靠性	在某公里 数后的 寿命风险 [km]	能证实的 可靠性	从运行 测试得到 的可靠性
零件/损坏 模式								
活塞环/ 磨损	1	2	2	6,385,400	0.99990	324,500	0.989969	1.00000
气缸头/断裂 阀门间横向杆	2	2	4	4,774,000	0.9990	198,200	0.986605	1.00000
气缸头/ 阀座磨损	2	2	4	5,230,000	0.99990	160,600	0.987766	1.00000
连接器/ 摩擦腐蚀	2	1	2	11,942,000	0.9995	250,600	0.994624	1.00000
...	...	...	...	...	...	...	...	...

图 3