

超 速 离 心 机

8 × 14 毫升铝角转头的飞裂破坏试验

王道揆 吴 维 逯建英 张幼岭

(中国科学院生物物理研究所)(国营四五五厂试制组)

超速离心机运转时,由于转头的自身质量,在转头内部产生的离心应力超过一定限度后,将引起转头过早失效甚至破坏,使用将变得危险。因此,必须对转头强度进行理论和实验两方面的分析工作,正确规定转头的许用转速和寿命,使其既能充分发挥材料的效能又保证安全可靠。为此,笔者为国营四五五厂生产的CL-60A型制备超速离心机进行了8×14毫升铝角转头的飞裂破坏试验。现将初步结果介绍如下:

一、转头试验装置

为进行转头试验,首先研制了电机-齿轮传动型试验装置。本装置由高速电机驱动,一级齿轮增速。机内装有油润滑和水冷却系统,以带走电机、轴承等在高速旋转时产生的热量。离心室和转动器之间在滑动轴承处进行真空密封。采用旋片式真空泵和油扩散泵两级真空系统,离心室真空度优于 5×10^{-3} 毫米汞柱。为操作方便和安全,电源控制箱单独安装。在本

装置上进行了三只8×14毫升铝角转头的飞裂破坏试验和一只8×14毫升钛角转头的超速试验。试验过程中分别对转动器振动加速度、轴承温升和稳速特性进行了测量。8万转/分的时候,轴承温升小于30℃,振动加速度小于 $8 \times g$,速度稳定度优于0.5%。图1示出四次实验中实测振动加速度数值(两次用铝合金转头,两次用钛合金转头)。试验证明,装置性能良好,可满足CL-60A机转头试验要求。

二、转头及其材料

本转头采用LC4超硬铝合金,淬火时效状态。沿径向取样测试材料机械性能,取样部位见图2,材料性能见表1。

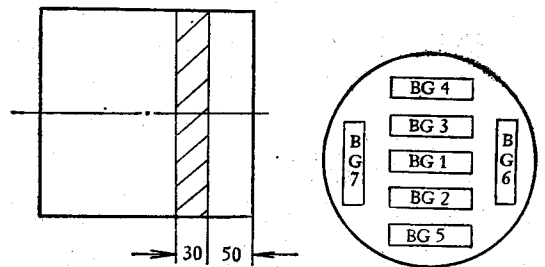


图2 取样部位示意图

表1 材料机械性能

试样编号	抗拉强度 σ_b , kgf/mm ²	屈服强度 $\sigma_{0.2}$, kgf/mm ²	延伸率 δ , %
BG1	53.5	42.5	12.2
BG2	54.0	45.0	12.0
BG3	53.0	44.0	12.36
BG4	54.0	44.5	11.48
BG5	56.0	47.0	9.6
BG6	55.5	46.0	10.52
BG7	56.0	47.0	8.0

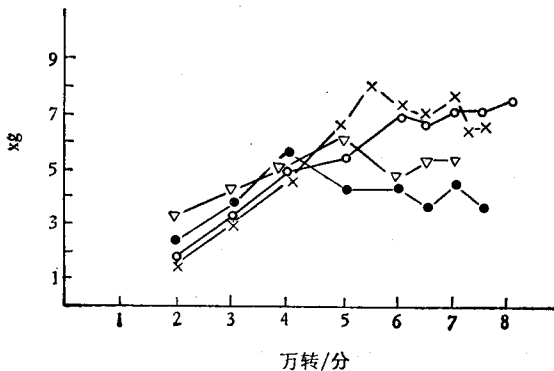


图1 振动加速度

转头最大外径 170.4 毫米，偏心圆孔直径 17 毫米，与轴线夹角 24° ，容量 8×14 毫升(图 3)。

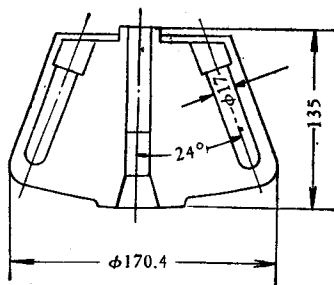


图 3 转头结构示意图

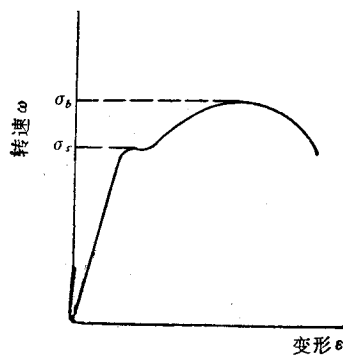


图 4 变形过程示意图

三、实验方法和测试结果

转头在运转时,由于离心力的作用,将发生径向延伸。开始时产生弹性变形,随转速增加,变形增大。当转速超过一定数值后,转头材料屈服,开始出现塑性变形。再继续加速,塑性变形继续增大,直至转头飞裂破坏(见图 4)。研究此全过程具有重要意义。

1. 弹性变形的测量

测量时必须把转头的延伸和转头位置的变化区分开。我们采用双光路光学系统,利用光学成像方法,其结构示于图 5。光源 1 发出的光通过转头 3 与测试板标尺 2 之间的隙缝投射到反射镜 4 上,经反射镜 5 和透镜 6 聚焦成像,用照相机 7 拍照。具体作法是:将转头安装在试验装置上加速至预定转速,稳速运转十分钟后,进行拍照。在所欲测量的各阶转速,由低速至高速依次进行。根据转头最大直径处与标尺

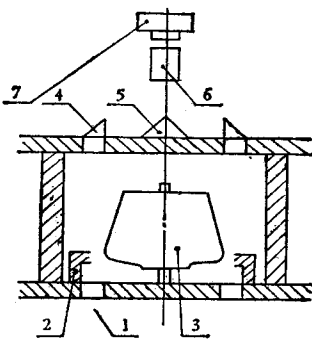


图 5

1. 光源 2. 标尺 3. 转头 4. 反射镜
5. 反射镜 6. 透镜 7. 照相机

之间距离的变化,得知转头的径向伸长。转速为 6 万转/分时的弹性变形约为 0.33 毫米。

2. 塑性变形的测量

(1) 测量转头原始直径。 将加工好的转头,在计量室内恒温 24 小时,用万能测长仪测量 $\phi 170.4$ 毫米直径上八个不同位置的数值(精度 1 微米)。并且用圆度仪测量圆度,通过测量,发现经加工 $\phi 17$ 毫米偏心圆孔后,对应于开孔位置,转头外缘产生了延伸,外径增大。三只转头在 $\phi 170.4$ 毫米外径处产生的不圆度分别为 7 微米、8.8 微米和 7.8 微米。实测一例示于图 6。

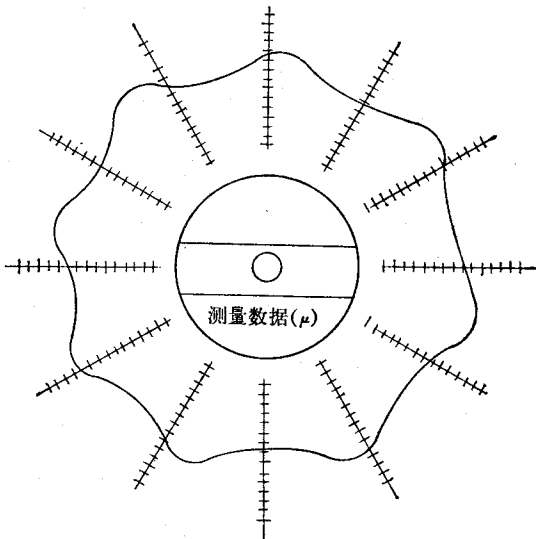


图 6 转头不圆度的测量

(2) 把转头装入试验装置中运转,加速至

预定转速,稳速运转十分钟后停机,将转头放入计量室内恒温 18—24 小时,然后用万能测长仪测量直径的变化。按转速逐次递增,通过一系列测量,找出塑性变形的起始点和在更高转速下塑性变化的变化。三只转头实测情况示于图 7。

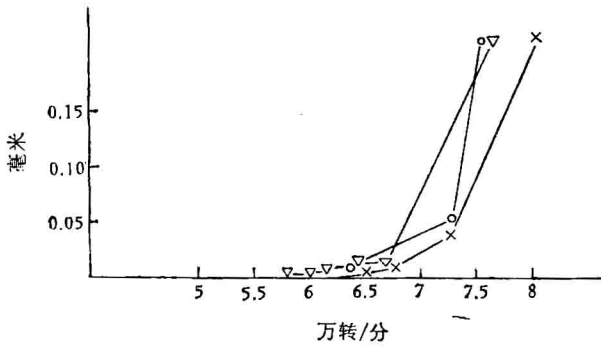


图 7 塑性变形的变化

○—○ 1 号转头 △—△ 2 号转头 ×—× 3 号转头

3. 飞裂破坏

为了了解转头极限强度,在测量转头弹性变形和塑性变形后,将转头安装在试验装置上直接升速。三只转头分别在 75,200 转/分, 75,600 转/分和 80,460 转/分飞裂破坏,结果示于表 2。

表 2 飞裂破坏试验结果

转头编号	塑性变形起始点(转/分)	破坏转速(转/分)	破坏时转头最大线速度(米/秒)
01	未测	75,200	671
02	60,000	75,600	675
03	62,000	80,460	718

四、转头试验的防护

为防止转头飞裂时碎片飞出,离心室壁采用 40 毫米厚锻造高强度合金钢环,环内安装一缓冲套,用以吸收转头碎片的能量。上盖和底板采用 20 毫米厚合金钢板。盖上方装有压板,以防转头飞裂时,盖板向上抬起。第一只转头飞裂时,20 毫米厚铅缓冲层被击穿(见图 8),相应钢环位置被冲击凹陷变形,整个装置向上抬起并扭转。经三次试验后,防护钢环出现一长约 10 厘米的裂纹。

五、结 果

1. 转头许用转速的确定

转头可近似地看成是由许多等厚薄圆盘组成。圆盘自由旋转时,半径面上的平均离心应力为

$$\sigma_{im} = \frac{1}{3} \rho \omega^2 (r_2^2 + r_1 r_2 + r_1^2),$$

式中 ρ ——材料密度; ω ——角速度 r_2 ——圆盘外圆半径; r_1 ——圆盘内孔半径

根据平均应力理论,当 σ_{im} 的值达到 σ_b 时,圆盘飞裂破坏。但一些实验资料表明, σ_{im} 的值在 σ_b 和 σ_s 之间。对于角转头,由于几何形状近似于截锥体,开有偏心圆孔,其边界条件对应力及分布会产生影响,因此,转头飞裂速度与典型等厚圆盘会有所不同。对于我们的转头材料,如按平均值 $\sigma_{bm} = 54.3$ 公斤/毫米² 计算,直径 $\phi 170.4$ 毫米的等厚度旋转圆盘,其飞裂速度约为 79,000 转/分。第三只转头的飞裂速度与此值接近。第一、二只转头破坏速度偏低,经初步分析,主要是由于材料组织不佳造成的。

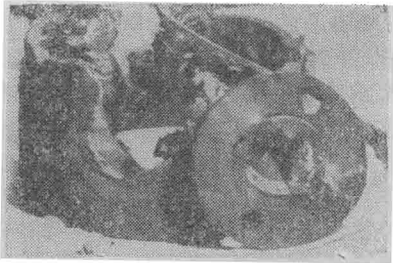


图 8 破坏后的铅防护层

根据以上试验结果,我们将本转头许用转速规定为 55,000 转/分,控制在弹性极限范围内,并留有一定强度储备。此时,转头平均应力为三只转头最低破坏速度(75,200 转/分)时的应力值的 53.5%,转速值的 73.1%,使用是很安全的。

2. 图 9 为破坏后的第二只转头。从照片可清楚看出,断裂是沿着通过偏心圆孔中心的直径发生的。

3. 从表 1 可看出,材料内部强度是不均匀

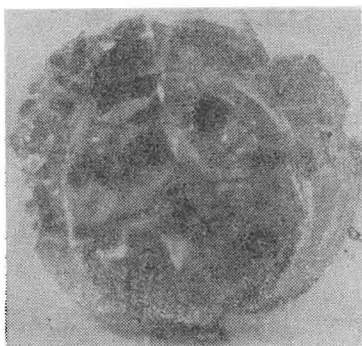


图9 飞裂破坏后的转头



图10 破坏后的断裂面 (2.5×)

的,外部较高,中心部位较低。起始塑性变形在转头外圆周上不是同时出现,塑变大小也不均匀。这主要是由于材料各部位强度存在着差异和晶粒取向不同,滑移起始不一致造成的。

4. 设计时要尽量避免应力集中,高应力区往往形成断裂源,首先引起断裂。图10为破坏后转头中心部位局部断面。

参考文献

- [1] 佐佐木重雄编:《超遠心機とそれによる蛋白質およびウイルスの研究》,日本学术振兴会,1954年。
- [2] Udoguchi, T.: *Jap. Scien. Rev. Series. 1, Eng. Scien.*, 1(1), 1949.
- [3] Udoguchi, T.: *Proc. 2nd Jap. Nat. Cong. Appl. Mech.*, 1952.

[本文于1981年4月30日收到]

科技消息

类病毒研究的发展

类病毒是已知生物中最小的一类非细胞结构的病原微生物。有两个最基本的特性:一、它是没有外壳蛋白包裹的低分子量RNA分子或DNA分子所构成的生命体。不同于病毒(包括缺陷病毒),其分子量为 1×10^5 左右,而病毒分子量则大于 1×10^6 ;二、它在寄主细胞中显示出生命的特性,表现其严格的寄生性,只有寄生才表现它的生命活力;并且在细胞核内与染色质结合表现其自我复制力、侵染性的致病力以及其他可能的生物功能,因此,它在细胞生物界是一类重要的致病原。这种病原究竟来自何方需要进一步探究。由于它具有这些特性,并在农牧业或人类某些疑难病中具有特殊的经济意义,所以人们对这样一类最小的病原微生物(其信息量还不足以编码任何蛋白质分子)引起了高度重视。

美国农业部植物病毒实验室类病毒研究组 T. O. Diener 博士在总结前人和自己多年工作的基础上于1971年第一次分离到马铃薯纺锤块茎类病毒(PSTV)纯制品,称之为类病毒(Viroid)。这是发现的第一个类病毒。这个发现为以后新类病毒的发现和类病毒结构与功能的研究奠定了基础。至目前为止已确定植物类病毒有马铃薯纺锤块茎类病毒(PSTV)、柑桔裂皮类病毒(CEV)、菊花矮化类病毒(CSV)、黄瓜白果类病毒(CPFV)、菊花褪绿类病毒(chCMV)椰子死亡类病毒

CCCV)、菴草矮生类病毒(SHV)、柱果苦柱苔类病毒(CV)、鳄梨日斑类病毒(ASBV)等九种;并对类病毒(如PSTV)的结构基本搞清楚,系一个高度碱基配对的棒状单链闭合环状RNA,由359个核苷酸组成。这是第一个真核生物病原体(PSTV)结构完全搞清楚的实例。把它提纯后实行人工接种,仍有侵染性,可使寄主产生病症。它靶侵染力远远超过植物病毒,其隐性感染的潜伏性有如慢病毒的特点,在侵染过程中发现类病毒株系之间的干扰现象,是否有诱导物或类干扰素的存在和作用,对此问题还没有研究。值得注意的是:在类病毒中还发现弱毒株或无毒株的存在,它们在寄主中作用的真实原因还不清楚。澳大利亚科学工作者在这方面进行了富有成效的工作,发现无毒株(如柑桔裂皮类病毒)对寄主有保护作用,使之免受强毒株的侵染。这是类病毒研究领域引人注目的新动向。如果确实如此,那么研究、控制和利用那些无毒株的作用是很有实际意义的。

当前国际上对类病毒的分布特性和作用机制;它们在高等植物以外的寄主细胞中的存在及作用;它们在寄主细胞中如何实现生物合成和复制;它们如何造成寄主生命的威胁直至死亡,以及如何控制类病毒强毒株的暴发或潜伏性的永久延续和无毒株的利用等

(下转第74页)