

## 专题综述

## 大型曲轴锻锻生产工艺探讨

西安重型机械研究所 马金忠 何养民

**摘要** 就大型曲轴锻锻生产工艺, 作者提出针对某些压机实施“TR”+“NRR”方案。

**叙词** 曲轴 锻锻 “TR”

## 1 前言

针对我国发展大功率高速柴油机的需要, 对其重要零件之一的曲轴, 就目前国内外普遍采用的几种生产方法, 作者曾撰文作过介绍和分析对比。从更新的角度出发, 并依据我国现有的设计和设备制造能力, 提出了建造大型专用曲轴锻锻液压机的建议。如若权衡各方面条件, 勿需更新而实施改造, 针对某些压机, 我们认为采用“TR”+NRR方案, 应当说是一个简易可行的好方案。

## 2 “TR”技术的新发展

目前“TR”装置在我国采用得很少, 只有武汉某锻造厂引进的一台。据“TR”方法的发明人——T·鲁特教授介绍, 三十多年来“TR”技术

一方面推广使用, 一方面在不断改进, 也出现了所谓的新“TR”。

“TR”技术当初是针对锻造“狄塞尔”高速柴油机和空压机曲轴开发研究的, 它的原理如图1所示, 和“RR”法一样是弯曲锻锻单拐一次成形。其区别就在于模具装置的结构完全不同, 其最大的特点是通过肘杆传力, 如图2所示。垂直分力始锻大、终锻小, 这就利于压紧。而水平分力恰恰相反, 是始锻小, 终锻大, 这正符合锻粗工艺变形过程的需要。经计算, 比如在36MN压机上用“RR”法能锻的最大曲轴(主轴颈 $\phi 50\text{mm}$ 、连杆销 $\phi 30\text{mm}$ 、偏心距150mm的椭圆形拐颊)而用“TR”法模具装置只要20~25MN的压机就可以了。这也就给该类压机改造采用“TR”+“NRR”方案奠定了前提。

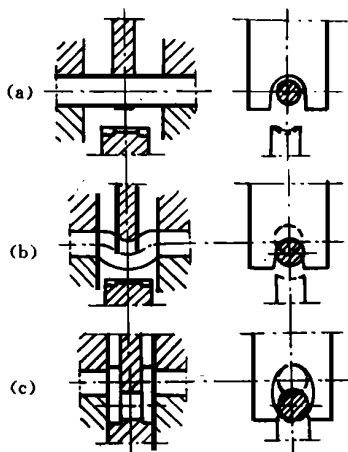


图 1

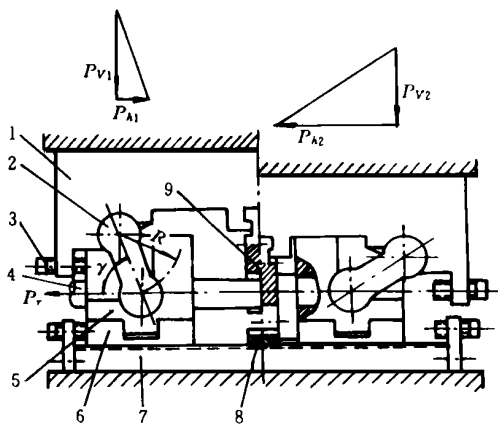


图 2

1. 上模架 2. 肘杆 3. 调节螺栓 4. 坯料 5. 上模座 6. 下模座  
7. 下模架 8. 叉形下支承冲模 9. 叉形上弯冲模

使用中发现, “TR”技术弯曲锻锻也有不足之

处, 从图3可以看出, 当预锻粗时, 金属晶粒沿轴线上下对称流动, 致使拐颊最后成形时下缘出现多余金属而变尖凸, 既增加了机加工量, 又浪费了金属材料, 针对这一缺陷, “TR”装置作了改

第一作者: 马金忠, 男, 63岁, 教授级高工, 西安重型机械研究所 (710032)

进, 将下部叉形支承冲模两则加宽成一平面砧座, 预锻粗时阻止金属下流, 如图 4 所示。这样更有利于拐颊上模腔充满。中间上部叉形弯曲模具空出一段行程以便实现预锻。不足之处是在预锻时上下弯曲模具不能抱紧连杆销, 难免出现涨径, 这也正是与“NRR”相比逊色之处。

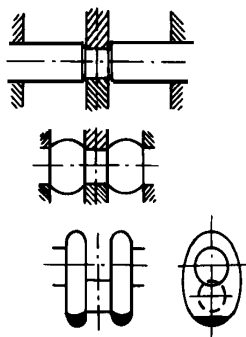


图 3

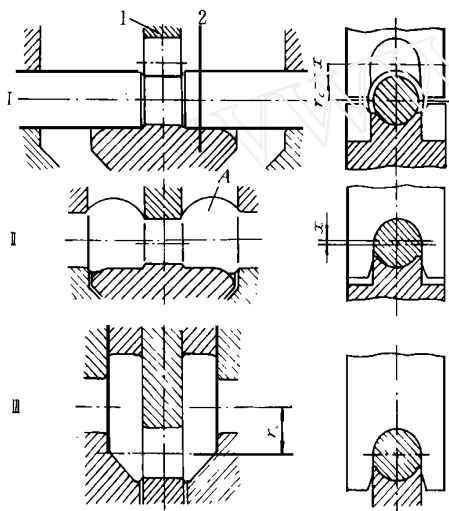


图 4

1. 上部叉形弯曲模具 2. 下部叉形支承模具

据介绍,“TR”这一改进虽不能完全使拐颊边缘凸起变平, 但能使它在轴拐最后成形时变窄变小, 就这点而论连美国采用液压机的曲轴锻件也未达到。

预锻粗材料的分配如图 5 所示, 可根据不同曲轴的形状和要求选择坯料的直径, 计算各部始锻和终锻的尺寸。

从图 4 可以看出, 改进后的“TR”在预锻粗以后, 进入下道工序即锻弯同时进行, 必须首先提起锻件, 移开中间下部支承砧座, 换上窄式叉形支承模具, 这给操作带来了许多不便。为此, 他

们又作了再次改进, 将支承砧座分开, 使之锻粗以后要移开砧座, 不需要再提起锻件, 这就使操作变得简易可行。这样改进后的“TR”就被称为新的“TR”技术。

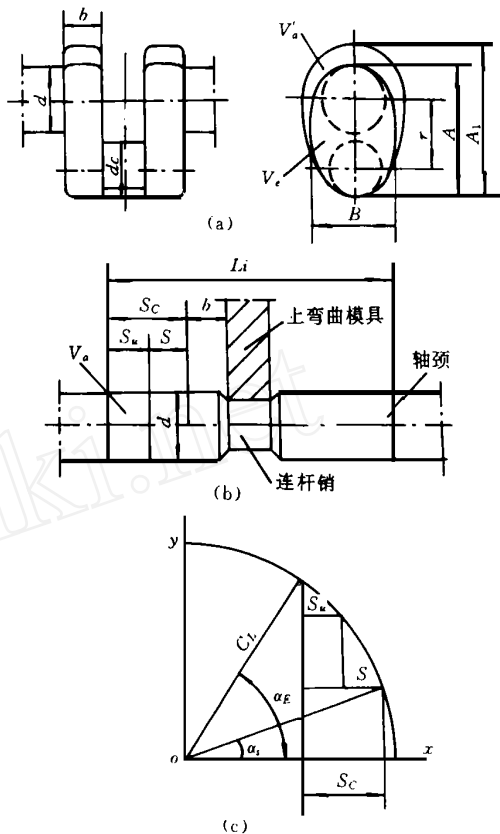


图 5

$S_u$ : 预锻粗变形区  $S$ : 拐颊成形区  $C_L$ : 连接长度  $r$ : 曲轴偏心量  $\alpha_i$ 、 $\alpha_E$ : 肘节连线的倾角(开始和终了真正的位置)  $L_i$ : 弯曲成形期间需要部分棒料的长度  $V_a = V_e$ : 预锻粗的体积  $V_a = \pi d^2/4 \cdot S_u$

关于材料利用率, 改进后的“TR”与早期的“TR”比较对  $V_{32}$  型曲轴可提高 20%, 但最少平均也能提高 10%, 同时减少了机加工工时, 降低了成本。

关于锻件精度, 对主轴颈  $\phi 100 \sim 300\text{mm}$  的大曲轴, 其加工余量对主轴颈和连杆销在半径上是 10~26mm, 拐颊侧面单边是 8~20mm, 具体要依照轴的大小而定。至于角度误差, 主要是靠上述加工余量来保证在允差范围之内。在装置的两侧设有支架, 除支承坯料外, 也能起到随机校直的作用, 但锻后有的还要校直。

这里需要提出的是, 加工余量留得大小问题, 在一般人的概念中留得越小越好, 表明锻件精度

越高,但T·鲁特教授认为这要多方权衡利弊,曲轴锻件仅是毛坯,尚需进行热处理,机加工,还要往返起吊运输、存放,不可能不变形,若余量留得太小,精加工不到位就易出现废品。故为考虑后道工序,没有必要将加工余量留得太小。

“TR”经过三十多年的使用、改进和发展,其模具装置已形成系列,可以装配15~100MN压机上生产的各种曲轴,到目前为止,已有十几个国家二十一套装置在生产曲轴。其中有多工位的,一根六拐曲轴用 $\phi 20\text{mm}$ 的棒材,只需两火即可锻成。在日本“神钢”公司80MN压机上锻出了重达4t重的特大曲轴,该轴是由单拐成形后焊接组合而成。采用新的“TR”技术锻出的单拐金属晶粒的流线,就是纤维连续,即全纤维曲轴锻成形。

“TR”模具大小已形成系列,其型号TR<sub>18</sub>、

TR<sub>18</sub>、TR<sub>24</sub>、TR<sub>36</sub>、TR<sub>48</sub>、TR<sub>63</sub>……脚号代表所配压机的吨位,在使用中除模块要视不同曲轴随时更换外,装置的寿命一般都是很长的。

### 3 “TR” + “NRR” 方案

该方案是有针对性的,主要是选用一台新的“TR”装置,同时对老压机进行“NRR”式的改造。比如对某厂使用的30MN压机进行改造,其结构如图6所示。就是将12MN中间工作缸改成单独控制用于弯曲,而两侧缸(共24MN)用于镦粗和压紧坯料。其加工制造简易可行。只要将中间工作缸柱塞按需要长度截掉一段,将活动横梁中间现有通孔扩大,安装一个差动柱塞缸供中间缸柱塞回程及电液控制系统装置采用“PLC”实现程控。

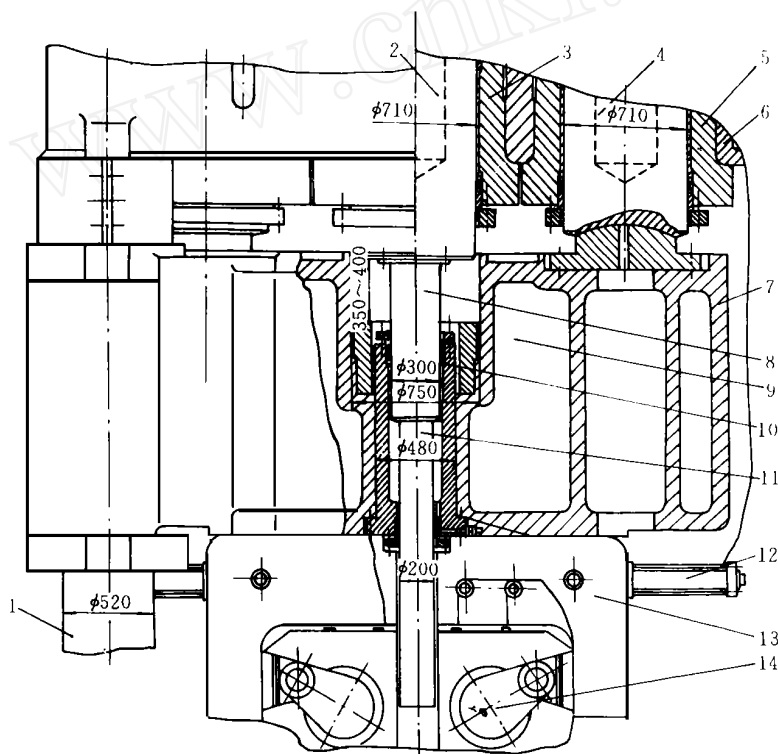


图 6

1. 立柱 2. 弯曲缸柱塞 3. 弯曲缸 4. 镦粗缸柱塞 5. 镦粗缸 6. 上横梁 7. 活动横梁 8. 柱塞  
9. 限位套 10. 回程缸 11. 弯曲杆 12. 上模座移动缸 13. TR 模具 14. 肘杆

根据计算和使用证明,采用新的“TR”装置,在24MN的压力下,可以镦粗主轴颈 $\phi 300\text{mm}$ 的大型曲轴,而12MN用于弯曲是绰绰有余,如若适当采取防滑措施,用光棒坯镦锻也完全可能。如对某些锻件仍需要30MN的压力,中间缸和两侧

缸完全可以叠加,实施三缸并用。

按上述方案改造以后,其最明显的优点是采用新的“TR”装置在某些方面可以提高加工精度,减少切削余量,省工节料,降低成本,由于肘杆  
(下转第35页)

表 3 改装前后实测冲裁力

	改 装 前/kN	改 装 后/kN	效 果/ %
均 值	38.3	32.7	14.62%

#### 5.4 缓冲保险机构保险值的测量

加工相同的缓冲保险机构两套,一套在拉压强度试验机上,进行压缩破坏试验。预压力选为 600N,压力行程为 1.5mm 时保险容框破裂。卸载后压力试验机最大行程为 3.44mm,大于 J23-63 型压力机要求的压力行程 3mm,因此完全可以实现卸载保险作用。容框破裂时实测压力值为  $5.9 \times 10^4 \text{N}$ ,稍小于设计值  $6.30 \times 10^4 \text{N}$ ,分析可能是容框材料本身内部缺陷,降低了其机械性能,导致强度下降。

由以上实验结果可知,加装缓冲保险机构后,缓冲机构对空载状态还是有载状态下的噪声都有不同程度的抑制,对降低冲裁噪声起了较好的效果。改装后各测量位置上的振动加速值都有较大程度的降低,缓冲保险机构对降低冲裁时压力机的振动,具有显著效果。改装后实测冲裁力下降

了 14.62%,即不仅能保持正常工作压力的传递,还有利于提高设备和模具的寿命。

## 6 结论

聚氨酯橡胶具有吸收和耗散振动的特性,它能使振动中的能量部分吸收,从而使振幅大大降低。所设计的新型缓冲保险机构,在正常传递工作压力的同时,不仅具有较好的缓冲降噪功能,而且具有过载保护功能,这有利于延长设备的使用寿命,提高生产率。在实际生产中推广应用,有利于解决压力机的振动和噪声问题。

### 参 考 文 献

- 1 蒋侠民等. 聚氨酯橡胶在冲压技术中的应用. 国防工业出版社, 1989.
- 2 曹喜滨. 曲柄压力机冲压过程的动力学分析及其噪声研究. 哈尔滨工业大学博士学位论文, 1991.
- 3 陈健元等编. 机械可靠性设计. 机械工业出版社, 1988.
- 4 何德誉. 曲柄压力机. 机械工业出版社, 1987.

(修改稿日期: 1998-09-10)

(上接第 3 页)

传力, 镦锻开始垂直分力很大, 利于压紧, 采用光坯, 避免表层金属纤维过多切断, 对压机进行“NRR”式的改造, 变单动为双动, 可以实现预镦、镦弯同时进行和后镦的所谓“三步”锻造工艺。实际使用证明, 只要计算好镦粗和弯曲同时进行时的速度比例, 其拐颈上部尖角处就能充满, 可以减少 1/2 的加工工时, 可提高材料利用率 10%。同时还可大大提高疲劳强度值, 降低成本。由于弯曲镦锻分别控制, 这又具有采用压机的某些优点, 另外该改造方案与更新一台专用液压机比较, 其投资可大大节约。

## 4 结论

为尽快发展我国的大型高速柴油机, 确保曲轴的质量, 要求新的工艺和装备, 把紧锻造制坯这一关是十分重要的。应当在总结经验的基础上, 不断优化工艺程序, 采用最佳镦弯速比数据, 提高锻件精度, 笔者认为设备更新宜建“专用”压机, 对于改造, 有条件的将推荐“TR”+“NRR”的方案。

(修改稿日期: 1998-11-04)