

数控锤在曲轴生产线中的应用方案

■ 芦新莉，朱文渊

随着汽车工业的快速多元化发展，对发动机的各项性能要求越来越高，作为发动机的重要承载零件——曲轴，对它的强度、疲劳和耐磨等性能都有了更高的要求，国内外的铸造曲轴已逐步被具有更高强度和韧性及耐磨性的锻造曲轴所取代。

现以某六拐八平衡块曲轴为例介绍一种适合批量生产的高效率、高精度、经济实用的锻造生产线。

锻造曲轴如图1所示，长 (980 ± 0.3) mm，重101kg，要求加热温度 $1230^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$ ，材质35CrMo，年产10万件。初步拟定由中频炉加热、楔横轧机制坯、数控全液压模锻锤进行预锻终锻、压力机切边，以及锻后热处理完成该锻造曲轴的加工。

1. 主要设备选型：

(1) 加热炉的选择 因要求年产10万件，按12个月，每月22天，每天8h计算，每个锻件毛坯的加热时间为： $100000 \div 12 \div 22 \div 8 = 47$ (件/h)。

加热一件需要： $60 \times 60 \div 47 = 76.6$ (s)。

现在按照加热节拍： (70 ± 6) s 进行计算。

由锻件三维造型图可知锻件质量为101kg，因此按下式计算加热炉电源功率

$$P = \frac{cG(T_2 - T_1)}{1000n} = \frac{706 \times 101 \times (1230 - 25)}{1000 \times 70 \times 0.5} = 2460 (\text{kW})$$

式中 P ——电源功率(kW)；

t ——加热节拍(s)；

G ——加热时的质量(kg)；

T_2 ——加热温度($^\circ\text{C}$)；

T_1 ——初始温度($^\circ\text{C}$)；

c ——该材质的平均比热容 [$\text{J} \cdot (\text{kgK})^{-1}$]；

n ——加热效率，取0.5~0.7。

根据计算结果选择中频加热炉KGPS 2500kW。

(2) 制坯设备选型 由图2曲轴工程图可知，两平面之间距离为 $L=780$ mm，两平面之间

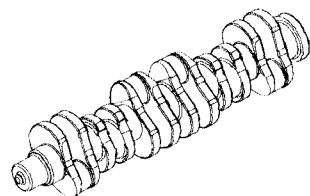


图1 曲轴三维造型

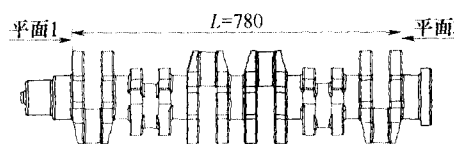


图2 曲轴工程图

表6 铝的电阻率与温度的关系

温度/ $^\circ\text{C}$	20	100	300	400	480	500
电阻率 $/ \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	0.027	0.039	0.060	0.080	0.114	0.123

表7 常用变形铝合金 20°C 时的电阻率

合金种类	锻铝		硬铝		超硬铝		防锈铝	
	6A02	2A50	2A11	2A12	7A04	7A09	5A03	5A06
电阻率 $/ \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	0.055	0.043	0.054	0.045	0.042	0.022	0.080	0.071

能好，加热时间并不因此而短的原因。

铝合金感应加热的时间确定，我们并不把升温、均温与保温时间区分开来，而是我们计算出来的加热时间，就包括了保温时间。(待续)

作者简介：李韵豪，联系方式：13709196753@163.com。

的体积(含飞边及烧损率)为
 $V=11509.5\text{ cm}^3$ 。

两平面之间锻造毛坯的计算直径为

$$d=\sqrt{\frac{V}{\frac{\pi}{4}L}}=\sqrt{\frac{11509500}{0.785\times 780}}=137(\text{mm})$$

根据计算结果选择D46165×1200(1500型)楔横轧机进行制坯。

(3) 锻造主机选型 首先进行数控锤吨位计算,根据经验公式

$$\begin{aligned} G &= (3.5 \sim 6.3)KS / 1000 \\ &= 5 \times 1.25 \times 1550.86 \div 1000 \\ &= 9.7 \text{ (t)} \end{aligned}$$

式中 G ——数控锤吨位(t);

K ——材料系数,取1.25;

S ——锻件分模面处投影面积,包括飞边及全部50% (mm^2),由三维造型图“截面属性”中查得 $S=1550.86\text{ cm}^2$ 。

1t锤对应能量为25kJ,
 $9.7 \times 25 = 242.5\text{ kJ}$ 。根据计算结果选择C92K—250型 250kJ数控锤进行预锻和终锻。

(4) 切边压力机选型 切边力的经验公式

$$\begin{aligned} F &= (1.7 \sim 2.0) \sigma_b S \\ &= 2 \times 200 \times (4668 \times 5) \\ &= 9336000 \text{ (N)} \end{aligned}$$

式中 σ_b ——切边温度下的抗拉强度(MPa),查相关手册,中碳合金钢为200MPa;

S ——为剪切面积(mm^2),由三维造型图测量分模面周长为4668mm,切边厚度为5mm。

因此,选择10MN机械压力机进行切边。

模锻锤 使用数控锤作为主机是曲轴生产线的-一个发展方向,尤其对于这种大型且复杂的曲轴更加适用。

数控锤的高频率打击特性可以保证锻件在最适合的温度下快速充满整个模腔,并减少对模具的损坏;其打击工序和打击能量可通过触摸屏进行快速调整,可以使不同型号曲轴的锻造工艺易于改进和优化,并将最好的数据存储在PLC中,需要时调用即可,可保证同一产品的一致,有效防止人为操作的随意性;打击能量的精确控制可使得能量刚好全部由锻件吸收,没有多余的能量传递到机身和模具,可有效延长机身和模具的寿命,大幅降低设备维修和模具修复的费用;数控锤的机身采用“X”形宽导轨结构,这种导轨形式将机身和锤头的变形引到45°方向上,而不会使导轨间隙受到影响,因此导轨间隙可做得很小,同时锻件的飞边相应可以做小,大幅节省了原

材料,提高了材料利用率。

同时它还可以全方位监控设备的压力、油温、油位及锤头打击到锻件瞬间的速度,并反馈到PLC中进行比对,一旦超出预定值即报警,从而防止大批量废次品的产生。

综上,使用数控锤加工曲轴具有生产效率高、形状尺寸精度高、材料利用率高的优点,同时锻件可获得连贯的锻造流线,金属组织细密,可以大大提高疲劳强度和耐磨性,以适应曲轴的恶劣工作环境。其结构如图3所示。

(2) 2500kW中频加热炉 曲轴的坯料是棒料,加热棒料的主流设备就是中频感应加热炉,此类加热炉具有加热速度快、烧损小、加热均匀、心表温差小等特性,这些特性刚好满足主机的高频次要求,加热频率可以跟上锻锤的节拍,同时温度均匀可有效延长锻锤的模具寿命。

此外,中频炉经过多年的发展,其辅助设备也已十分完善,

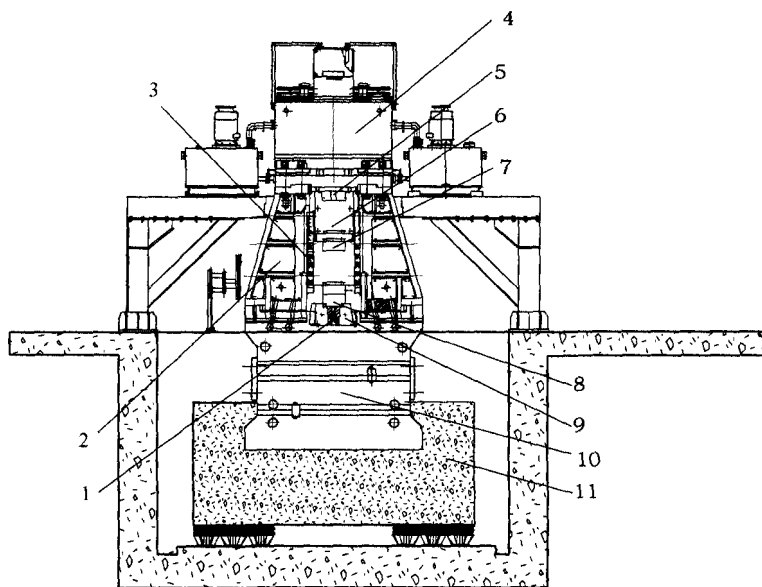


图3 C92K-250数控锤结构

1. 顶料缸 2. 机架 3. X形导轨 4. 主液压站 5. 锤杆 6. 锤头
7. 上模具 8. 下模具 9. 带顶料模座 10. 砧座 11. 基础及减振

2. 主要设备参数及性能介绍

(1) C92K-250数控全液压

具有上料提升机和储存料台的上料机构；进料机构、炉间夹送辊轮及快速出料机构；自动远红外测温仪分选机构，可将加热后的棒料分为合格和不合格，不合格棒料进入废料箱，合格棒料流入下到工序。

中频炉及其配套设备的整套供应，可减小设备占地面积，降低采购成本，降低生产线的复杂程度，中频炉的稳定性、可靠性是曲轴生产线稳定工作的前提。其结构如图4所示。

(3) 楔横轧机 (D46 165×1200) 楔横轧工艺在锻造行业中应用越来越广泛，是近年发展较成熟的锻造工艺，特别适合阶梯轴的锻造，这刚好满足曲轴制坯的需求。它不仅可为主机提供尺寸精确的锻坯，而且可使坯料获得更合理的纤维走向，从而提高锻件的内部组织性能。此类设备具有自动送料功能，制坯时不需要机械手，因此设备结构相对简单，机构紧凑，占地面积小，制坯后的锻件通过出料口直接落入传送带，送至主机进行锻打。设备外形如图5所示。

(4) 500kg装取料机 近年来，一种在叉车上改装的装取料机逐渐受到用户的青睐，因为传统的装取料机最小设计吨位是1t，而对于100kg左右的锻件来说无疑是种浪费，而且还需固定设备和铺设管线沟，占地面积很大。

该生产线选择的装取料机是在交流平衡重式蓄电池叉车的基础上进行改装的，增加了500kg机械手，使该叉车除了具有原提升、俯仰和行走的动作外，又增加了钳口夹紧、钳杆摆动和钳头旋转的动作，可以很灵活的移动，夹料送

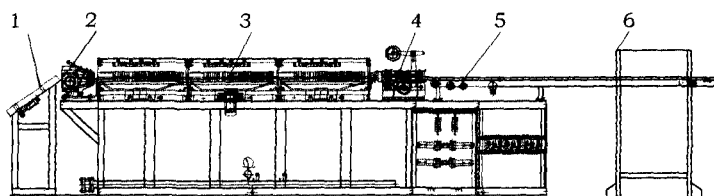


图4 加热炉外形

1. 分选机构 2. 出料机 3. 感应器 4. 夹辊轮 5. 进料链 6. 料台

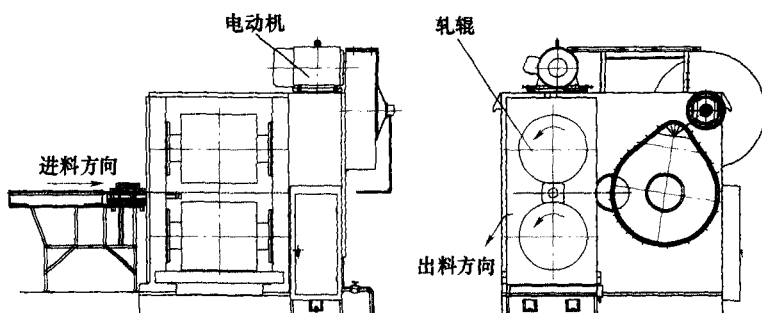


图5 楔横轧外形

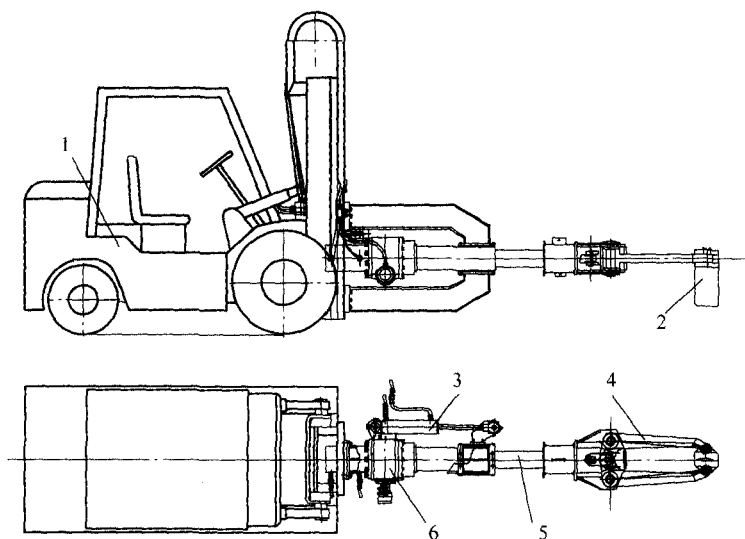


图6 装取料机外形

1. 叉车 2. 工件 3. 摆动液压缸 4. 夹臂 5. 钳杆 6. 旋转电动机

料，而且占地面积小，性价比高。其结构如图6所示。

3. 工艺流程描述

(1) 工艺流程 下料(上料机构)→加热→制坯(装取料机)→锻造(装取料机)→切边→热处理→检测。

(2) 工艺流程描述 人工

操作上料机构将棒料提升至中频加热炉的进料机构，进料机构开始动作。进料机构由进料辊轮、夹送辊轮和失速检测机构组成。进料机构能变频调速，根据不同规格棒料调节节拍。进料机构将棒料送至感应器加热。当棒料运行至炉膛出炉口时，快速出料机

构将棒料快速取出,同时测温仪进行测温。合格棒料经合格滑道送到下道工序,不合格料分至不合格料筐。

合格棒料滑送至楔横轧机的送料槽,由楔横轧机的进料机构将棒料推入进行轧制制坯,棒料经轧制后由叉车改装的无轨装取料机传递至数控模锻锤进行模锻,锻锤设三个模膛进行预锻和终锻,预锻和终锻前都必须进行喷墨去除氧化皮处理。成形后锻件由无轨装取料机传递至切边压力机,切边后再进行锻后热处理,经检测合格后完成整个锻造流程。

(3) 工艺布局 如图7所示。

综上所述,由于加热炉、楔横轧、数控锤、压力机均为PLC程序控制,如果用户经济条件允许的话,将生产线中两台装取料机换成机器人(见图8),再配以自动传送带,即可组成降低人力成本、质量可靠、产能更高的全自动数控锤生产线。

参考文献

- [1] 中国锻压协会.模锻工艺及其设备使用特性[M].北京:国防工业出版社,2011.
- [2] 中国锻压协会.汽车典型锻件生产[M].北京:国防工业出版社,2009.
- [3] 中国机械工程学会塑性工程学会.锻压手册[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [4] 万煦义.大型全纤维曲轴锻造方法的探讨[J].大型铸锻件,2006(3):45-52.

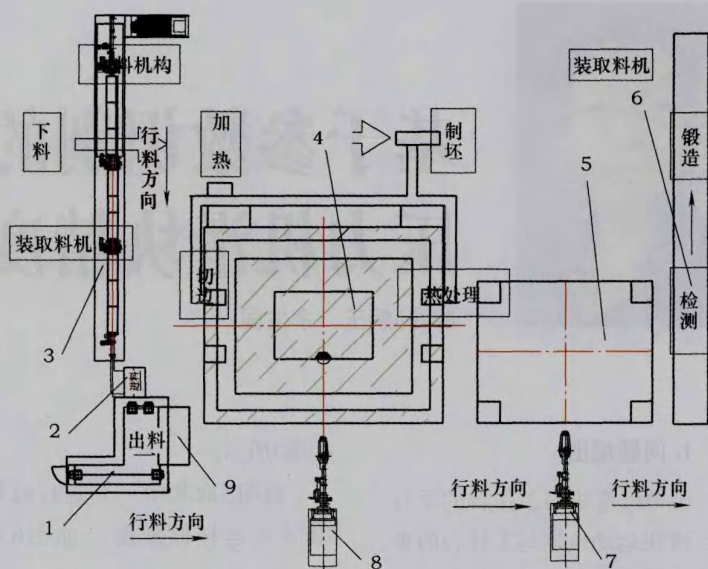


图7 工艺布局一

1. 楔横轧机 2. 进料平台 3. 加热炉 4. 250kJ数控锤主机 5. 10MN机械压力机
6. 热处理线 7、8. 装取料机 9. 出料平台

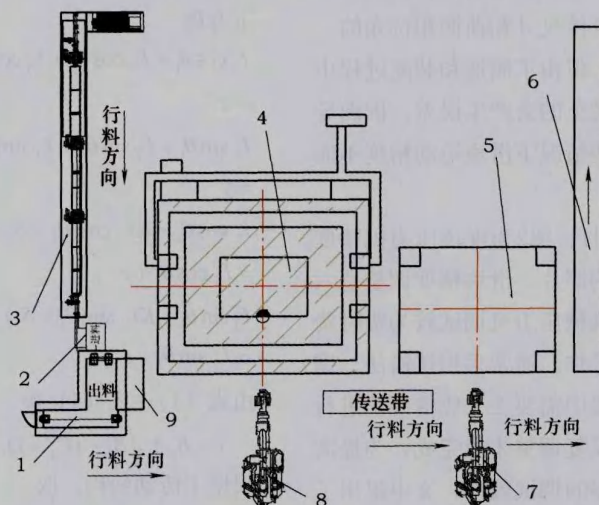


图8 工艺布局二

1. 楔横轧机 2. 进料平台 3. 加热炉 4. 250kJ数控锤主机 5. 10MN机械压力机
6. 热处理线 7、8. 机器人 9. 出料平台

作者简介: 芦新莉, 工程师, 河南安阳锻压机械工业有限公司技术处, 主要从事数控全液压模锻锤的研究和设计。朱文渊, 助理工程师, 河南安阳锻压机械工业有限公司技术处。

MW 20160104