



付增祥

文章编号:1003-8728(2001)06-0890-02

大吨位锻压设备力能特性标定的重要性和关键技术

付增祥¹,王海荣²,苏少博²⁽¹⁾西北工业大学,西安 710072;⁽²⁾西安航空发动机(集团)公司锻造厂,西安 710098

摘 要:结合作者标定大吨位锻压设备力能特性的经验,介绍了锻压设备力能特性标定的重要性以及一些理论基础和关键技术;包括如何以此为依据进行锻压设备设计、生产、安装与调试、故障分析与判断;锻造生产时如何以此为依据选择设备、避免闷车和打滑,保证锻件质量和延长设备寿命等;标定时如何克服变形速率的影响、如何选择标定试样的材料和尺寸等关键技术。并建议尽快建立大吨位锻压设备力能特性标定的行业标准。

关 键 词:机械压力机;螺旋压力机;标定;力能特性

中图分类号: TG316.3 **文献标识码:** A

1 锻压设备力能特性标定的意义

锻压设备是依靠其力和能量工作的,因此锻压设备出厂和检验验收的一项重要内容就是标定和考核其力能特性。锻压设备在经过大修或长期使用后也要标定力能特性。在利用锻压设备生产过程中,工艺设计人员和操作人员也必须清楚地了解其力能特性,以便保证合理准确地选择和调节设备,从而达到使设备的力和能量刚好满足锻件变形的需要、不要使设备过载、或者多余的力和能量太多,如果这部分多余的能量太多,设备的构件受力或弹性变形也就太大,影响设备寿命,同时设备构件的弹性回让也就太大,影响锻件的精度;另外,为恢复到适合下一次打击能的时间就长,影响生产速度。反之,如果锻件所需要的力或能量大于设备所能提供的力和能量,就可能回出现锻件充填不良,不得不多次打击,甚至还会出现闷车或机毁人亡的危险,因此锻压设备的力能特性标定非常重要。目前我国自主生产的大吨位锻压设备很少,大吨位锻压设备几乎全是进口的,其中很多台已使用了很长时间,这些设备在这么多年的使用中间还大修过或重新拆装过等,但由于种种原因,都不进行重新标定;即使新进口的设备,也不能对外方的标定进行有力的检验和监督。这些都会严重影响设备的使用和以后的生产。

2 大吨位锻压设备力能标定的基础理论

对于小吨位的锻压设备,进行其力能标定可以直接用力传感器和位移传感器。但对于大吨位的锻压设备,要采用力传感器标定就很困难了,因为200 kN以上的力传感器很

少,即使能够找到,每只价格也在四五十万,又属于贵重精密仪器,不敢承受锻压设备的猛烈打击。所以,对于大吨位锻压设备的标定,只能采用打击油缸或打击试块的方法标定。但打击油缸的办法也不实用,例如,油缸压力如果按60 MPa的高压设计,要标定40000 kN的锻压设备,油缸直径需1 m左右,要加工这么大的一个高压油缸,也是很昂贵和花时间的,所以,标定大吨位锻压设备最实惠和快捷的办法是打击试样法。

所谓打击试样法标定锻压设备力能特性的实质是:通过在常规力学实验机上采用与正式标定时完全相同或近似的条件下压缩得出标定试样材料的小圆柱试样的应力—应变曲线(不同应变下曲线的面积对应这种材料在该变形量下变形能),再在要标定的设备上把正式标定圆柱试样(一般比小试样大很多)做粗到一定的变形(该变形程度取决于要标定的力和能量大小),再通过应变—应力(单位体积变形能)曲线上查出对应该变形的力(能),乘以正式试样变形后的面积(体积),便是所标设备这一次打击完成的变形力(能),但要准确快捷地实施该方法,还必须彻底掌握一些关键技术。

3 大吨位的锻压设备标定容易出现的问题和解决的关键技术

本文作者近期先后标定过40000 kN、25000 kN热模锻压力机、40000 kN螺旋压力机的力能特性,最主要的体会是,标定大吨位锻压设备力能特性时,要根据所标设备的力能特性,灵活地选择试样的材料和尺寸,不一定局限于用纯铜,试样的高径比也不一定局限于1.5。

在标定原理中所述的相同或相似的条件主要指,打击试样的材料、热处理条件和加工状态相同;润滑条件相同;变形速率相同(以便抵消速率硬化和温度致软化);试样高径比相同。这些条件中,最不容易作到的是速率条件和高径比条件。因为,用小试样做粗法获得试样材料的应力—应变曲线时,只能用材料试验机,这种材料试验机对材料的变形速率较锻压设备对材料的变形速率要低,所以,在材料试验机上实验应力—应变曲线时,不要按照常规的材料性能实验那样,选择较小的夹头速度,而要选择材料试验机最大的夹头速度,力争选择与要标定的锻压设备相同的速率(热模锻压力机的滑块速度一般为0.06~1.5 m/s;螺旋压力机

收稿日期:2001-01-08

作者简介:付增祥(1962—),男(汉),陕西,副教授,博士

滑块的速度一般为 $0.6 \sim 1.5 \text{ m/s}$; 动力锤的速度一般为 $3.0 \sim 9.0 \text{ m/s}$ 。如果实在做不到速率相同,就会产生误差。例如,锻粗纯铜的试验表明,应变速率由 0.25 s^{-1} 提高到 63 s^{-1} (250 倍),铜的流动应力可提高 10%。

高径比难以一致的原因是,不同锻压设备的力能特性各有特点,很难实现标到最大打击力的同时,也能标到最大打击能,或者相反,尤其是热模锻压力机和螺旋压力机更是这样。文献[1,2]开创了和完善和利用锻粗纯铜标定锻压设备的方法,并特别强调了利用纯铜和试样高径比为 1.5 的限制,但由于他们最大只标定出 13000 kN 热模锻压力机,没有暴露出这种限制的不足之处。如果要标定更大吨位的设备,尤其要标螺旋压力机时,就会发现这种限制,很不实际,会使标定难以执行。如果真正理解了上述标定原理和限制条件的道理,就不难发现,这种限制也没必要。从标定原理不难看出,只要小试样和大试样的高径比、润滑、速率等条件的一致,两者在锻粗时变形的物理和力学过程就会一致,就不会带来误差。

以下以热模锻压力机的标定为例说明。众所周知,热模锻压力机提供的力随滑块下移逐渐增大,而其提供的能量是较小的,如 40000 kN 热模锻压力机提供的最大能量约为 $500 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。如果用高径比 1.5 的纯铜锻粗,要标定到这么大的载荷,试样面积力争要大,但高度相应也增加,会出现变形载荷过早超过设备的力——位移曲线,造成离合器打滑或设备闷车,再则,试样的尺寸和数量也很难统一,例如,选择 5 个 $\Phi 100 \times 150$ 的纯铜圆柱,可以打击到 40000 kN,浪费这么多纯铜暂且不说,关键是这么多试样的变形能,已远远的超过 $500 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (每块约 $350 \text{ kN} \cdot \text{m}$),如果只注意了打击力,而忽视了能量限制,一次打击这些试样,会使设备死死地闷车,只有烧毁模具了。出现这些矛盾的根本原因在于纯铜的变形抗力太小(50%应变时的抗力约 500 MPa)。同样,如果要保证打击能量的标定,6 个 $\Phi 75 \times 100$ 的试样就可以打到 $500 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (50%应变时每块的变形能约 $83 \text{ kN} \cdot \text{m}$),但打击力之和只能是大约 26000 kN,达不到最大吨位。本文作者通过实践发现,解决这些矛盾的简便办法就是灵活变化试样材料和高径比,例如,仍用 6 个 $\Phi 75 \times 100$ 的铜试样标能量,而用 6 个 $\Phi 40 \times 40$ 的 45 号钢标最大打击力。既解决了上述矛盾,又节约了材料。螺旋压力机的标定更要困难,具体技术有另文介绍,这里不在赘述。

1 结束语

锻压设备力能特性的标定对于了解设备的能力、检验和验收设备、安全和合理利用设备,延长设备寿命,提高生产效率都非常重要。标定设备的额定能力是对设备接近极限能力条件的操作,要求负责标定的人员一定要清晰地了解和掌握相应的理论基础和关键技术,尤其要同时协调好打击力与打击能量,使打击能量小于设备的额定能量,最大变形抗力小于设备的额定力。对于热模锻压力机,还要每时刻的打击力小于设备对应该时刻能够提供的力(这一点尤为重要,这时千万不要简单地按最大打击力小于设备最大

额定力校核,而要按每次打击下变形力由零到最大的过程不超过设备力曲线上的任一点进行校核)。否则,不仅会达不到技术目的,还可能会造成机毁人亡的危害。

[参考文献]

- [1] D. Watermann, Determination of the Available Energy in Hammers and Press with Copper Cylinders [J]. Werkstattstechnik, 1962, 52: 95~102
- [2] T. Altan, D. E. Nichols. Use of Standard Copper Cylinders for Determination Load and Energy in Forging Equipment [J]. Journal of Engineering for Industry, 1972(15), 769~774

(上接第 889 页)

3 磨削实验研究

为检验按以上工艺钎焊的单层金刚石砂轮的磨粒是否有足够的把持强度,能否适用于高效重负荷磨削加工,特地做了磨削实验。磨削采用高速重负荷进行实验,从砂轮磨削后的表面形貌来看,没有金刚石整颗脱落,属正常磨损。说明金刚石有较高的把持强度,能够适合于高效磨削加工。

4 结论

(1) 利用真空炉中钎焊,选用 Ni-Cr 合金做中间材料,可实现金刚石与钢基体的牢固连接。(2) 钎焊过程中 Ni-Cr 合金中的 Cr 元素从 Ni-Cr 合金中分离出向金刚石界面富集并与金刚石表面的 C 元素反应生成 Cr_3C_2 和 Cr_7C_3 ,这是实现金刚石与 Ni-Cr 合金层有较高结合强度的主要因素。(3) 钎焊过程中 Ni-Cr 合金与钢基体中的元素在结合处相互扩散形成冶金结合,这是实现 Ni-Cr 合金层与钢基体有较高结合强度的主要因素。(4) 重负荷磨削实验表明,金刚石磨粒为正常磨损,没有整颗金刚石脱落,能够适用于高效磨削加工。

[参考文献]

- [1] Frederick Mason, High-efficiency Deep Grinding (HEDG) [J]. American Machinist, 1993, 137(5): 317~319
- [2] I. Inasaki, et al. Abrasive machining in the future [J]. Annals of the CIRP, 1993, 42(2): 723~731
- [3] A. K. Chattopadhyay, et al. Bonded Monolayer Diamond Grinding Wheel [J]. Annals of the CIRP, 1990, (1): 309~314
- [4] A. K. Chattopadhyay, et al. On Performance of Brazed Monolayer Diamond Grinding Wheel [J]. Annals of the CIRP, 1991, 40(1): 313~317
- [5] A. K. Chattopadhyay, et al. Induction Brazing of Diamond with Ni-Cr Alloy under Argon Atmosphere [J]. Surface and Coatings Technology, 1991, 45: 293~298
- [6] 林增栋, 金刚石表面的金属化 [J]. 磨料磨具与磨削, 1987, (2): 1~6