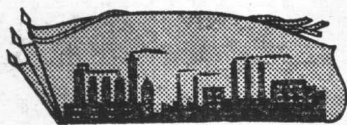


毛主席语录

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

高速锤和高速锻造齿轮工艺



工业技术资料

1970年
第 25 号

高速锤和高速锻造齿轮工艺

上海汽车电机厂 上海机械制造工艺研究所

高速锤是六十年代发展起来的新型锻压设备。早在 1960 年,上海有关单位的工人同志遵循毛主席“自力更生”、“艰苦奋斗”的教导,土法上马,造出了高速锤,并且成功地进行了打击试验。但是这一新生事物遭到了反革命修正主义路线的扼杀,没有得到应用和发展。在无产阶级文化大革命中,我们两个单位实行厂所合作,组成“三结合”小组,狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇的反革命修正主义路线,充分发挥工人阶级的领导作用,在党的“九大”精神的鼓舞下,终于排除万难,成功地进行了汽车电机驱动齿轮的高速成形试验。现在我们作了初步总结,供大家参考。

高速锤的结构和原理

高速锤的打击速度相对于普通锻锤的打击速度要高得多。象常用的空气锤、蒸汽锤等,打击速度只有 5~7 米/秒,最大才 9 米/秒。但高速锤的打击速度可以高达 18~25 米/秒,最高还能达到 100 米/秒以上。

常用的空气锤是用压缩空气驱动的,蒸汽锤是用锅炉蒸汽来驱动,压缩空气和锅炉蒸汽的压力不高,只有 7~9 个大气压,因而它的打击速度受到了限制。高速锤则是用高压氮气来驱动,其压力高达 140 大气压。高压氮气在极短的时间内,突然膨胀,释放出巨大的能量,让这一能量来推动锤头前进,就可以使锤头获得很高的打击速度。

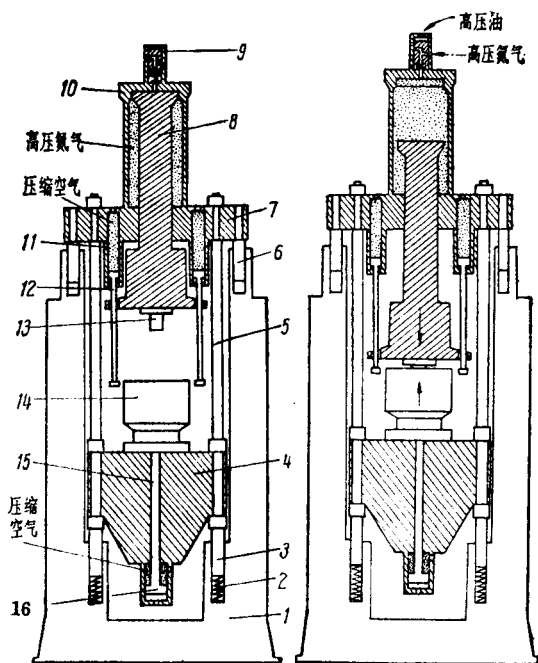
我们以实际使用的 6 吨米高速锤为例来谈谈高速锤的动作

原理。

图 1 是该设备的示意图。高速锤按照打击过程中的运动情况,可以分为三个系统:

(1) 锤头系统 包括锤杆和锤头 8 及冲头 13。这一系统在打击过程中向下运动。

(2) 床身系统 高压缸 10、回程缸 11 和上导向装置 6 都固定在上横梁 7 上,顶出缸 16 和凹模 14 固定在下横梁 4 上,而上、下横梁又用立柱 5 (立柱的下端即为下导向装置 3) 连结成一体,组成床身系统。这一系统在打击过程中向上运动。



a. 打击前的原始状态

b. 打击结束

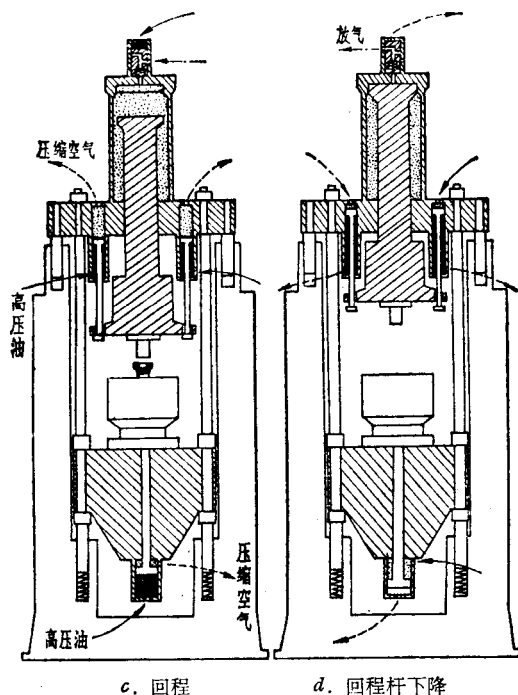


图 1 高速锤的工作过程

- 1-机座； 2-减震器； 3-下导向装置； 4-下横梁； 5-立柱；
6-上导向装置； 7-上横梁； 8-锤杆和锤头； 9-打击阀；
10-高压缸； 11-回程缸； 12-回程杆； 13-冲头； 14-凹模；
15-顶出杆； 16-顶出缸

(3) 机座系统 包括机座 1、减震器 2 和上、下导向的套筒。这一系统在打击过程中静止不动。

除了高速锤本体以外，还有液压、气路和操纵系统。

高速锤的动作原理，可以分为以下三个工作过程：

1. 打击前的原始状态 (图 1a)

将高压缸的顶部放大 (图 2a)，此时，打击阀上的高压油管

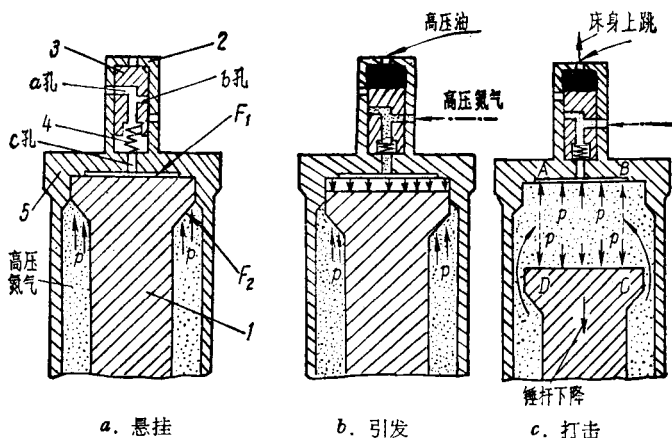


图 2 打击阀的工作过程

1-锤杆； 2-打击阀； 3-阀芯； 4-弹簧； 5-高压缸

没有进油,打击阀 2 的阀芯 3 被弹簧 4 推在上端,锤杆 1 头部上端经过高压缸 5 缸顶的 c 孔和阀芯 3 的 a 孔通大气,因此锤杆 1 头部上端面积 F_1 上只有 1 个大气压的压力。同时,锤杆 1 头部下端圆环面积 F_2 上却承受高压氮气 p 个大气压的压力。圆环面积 F_2 上的总压力为: $P = F_2 p$ 。如果作用于圆环面积 F_2 上的总压力大于锤头系统的总重量(以 W 表示),即 $P > W$, 那么,锤头系统就可以被高压缸 5 中的高压氮气悬挂在静止状态而不下落。

2. 打击

如图 2b 所示,此时打击阀上的高压油管进油,阀芯 3 克服弹簧 4 的力量被推在下端, a 孔不和大气相通,而 b 孔和高压氮气管相通,再通过 c 孔进入锤杆 1 头部上端,当进入的高压氮气的压力 p_1 升高到使: $F_1 p_1 > F_2 p$ 时,即作用在锤杆 1 头部上端的总压力超过了其下端的总压力时,锤头系统的静止状态就被

破坏而开始下降,这一过程叫引发。

引发以后,锤杆 1 下降了一段距离,如图 2c 所示。锤杆 1 原来在高压缸中所占的空间 $ABCD$ 部分就腾空出来,高压缸中的高压氮气随即向腾出的空间 $ABCD$ 部分急剧膨胀,并释放出能量,推动锤头系统继续加速向下冲击。高压缸内高压氮气的膨胀力作用在锤杆 1 上端 CD 部分,使锤杆 1 向下冲击的同时,这一膨胀力也同样作用在高压缸缸底的 AB 部分,使高压缸带着整个床身系统也以越来越大的速度向上冲击。锤头系统的向下冲击和床身系统的向上冲击,直到冲头和凹模相互碰撞、打击结束时才停止,如图 1b 所示的状态。因为锤头系统的质量 m_1 要小于床身系统的质量 m_2 ,所以锤头系统向下冲击的速度 V_1 及其下降的距离 S_1 ,也就要大于床身系统向上冲击的速度 V_2 及其上跳的距离 S_2 。通常从开始引发到打击结束这一过程是极短的,只有 $1/100 \sim 5/100$ 秒。高压氮气膨胀的时间是这样短,它来不及和外界进行热交换,这一个过程就可以看成是绝热膨胀的过程。高速锤的这种相对打击原理和无砧座锤是相同的。

锤头系统和床身系统的相碰打击过程中,如不考虑地心引力时,应该有 $m_1 V_1 = m_2 V_2$,即锤头系统的冲量要等于床身系统的冲量,这对于锻造工艺来说是有利的,能提高锤的打击效率。但是实际上,地心引力总是存在的。地心引力和锤头系统运动的方向相同,使锤头系统加速,这样 V_1 比原来的要增大;地心引力和床身系统运动的方向相反,使床身系统减速,不让床身系统上跳,这样 V_2 比原来的要小。因此 $m_1 V_1 > m_2 V_2$,亦即锤头系统的冲量要大于床身系统的冲量。在冲量不相等的情况下进行打击,锤的打击效率就低,且有剩余动能出现,对地基产生震动。

锤头系统所受的地心引力(也就是锤头系统的重量),相对于高压缸内高压氮气的膨胀力来说是比较小的,它对冲量 $m_1 V_1$ 的

影响可忽略不计。由于床身系统的重量比较大,它对 m_2V_2 的影响就不能忽视了。机座上的减震器就是为了解决这一问题而装设的。减震器有用弹簧的,有用气体的(即气垫),也有用气体-液体的。打击过程中床身系统向上跳时,减震器始终以一个与地心引力相反的作用力施加在床身上,以平衡床身系统的重量。使床身系统在“失重”的情况下自由上跳,这样就可以获得最大的速度 V_2 。但是,无论那种减震器作用在床身上的力,都要随着床身的上跳而减小,所以床身系统的重量总是不能绝对平衡,也总是不能达到最大的速度 V_2 ,以致打击后仍然有少量的剩余动能出现。减震器还有第二个作用,就是吸收这种剩余动能和床身系统、锤头系统相对打击以后自由下落的势能,使二个系统静止下来。上导向和下导向就是床身系统在上跳和下落过程中的导向装置。

3. 回程

打击结束以后,二个回程缸的下端通高压油进去,上端的压缩空气被排出,二根回程杆拉着锤头锤杆上升。在锤杆上升的过程中,将高压缸内的高压氮气再次进行压缩,使高压氮气又储蓄了能量,如图1c所示。当锤杆回到上死点时,打击阀上的高压油泄压,阀芯被弹簧推回上端,此时高压氮气不能进入高压缸,而锤杆头部上端剩余的少量高压氮气通过c孔和a孔放出,锤杆系统又被高压氮气悬挂起来。打击阀放气以后,二个回程缸内的高压油泄压,回程缸上端进压缩空气,使回程杆下降,如图1d所示。回程杆下降至下死点,高速锤又恢复到如图1a所示的原始状态,这样高速锤就完成了一个工作循环。

高速锤与普通锻锤相比较,具有如下的优点:

1. 重量轻

我们将6吨米高速锤和一台同样具有6吨米打击能量的2吨模锻锤(图3)相比较。一台6吨米高速锤的总重量只有3吨,

而一台 2 吨模锻锤的总重量却有 40~50 吨。后者是前者的 13~17 倍。

高速锤的重量所以轻，是由于：

(1) 高速锤的打击速度大

因为 $E = \frac{1}{2} m V^2$ ，打击能量 E 和打击速度 V 的平方成正比。由于高速锤的打击速度比模锻锤的打击速度大得多，所以高速锤锤头系统的质量比模锻锤锤头系统的质量小得多。

6 吨米高速锤锤头系统的重量是 250 公斤，而 2 吨模锻锤锤头系统的重量却是 2 吨。

(2) 高速锤是采用相对打击的原理 如图 3 所示，模锻锤的锤头和砧座不是相对打击的。锤头具有冲量 $m_1 V_1$ ，而砧座安装在地基上，它的速度 $V_2 = 0$ ，砧座的冲量 $m_2 V_2 = 0$ ，因此砧座要具有足够大的重量，锻件才能吸收较多的打击能量。一般要求砧座的重量是锤头重量的 15~20 倍。2 吨模锻锤的砧座就有 30~40 吨重。

高速锤是采用相对打击的原理，两个系统的冲量又非常接近，因此不需要笨重的砧座。

2. 投资少

由于高速锤是相对打击，打击能量几乎不传到地基上去，这样它的地基不大，建造的费用也不高。而模锻锤则不然，安装砧座的地基非常巨大，而且打击时震动很大，对地基、厂房的建筑

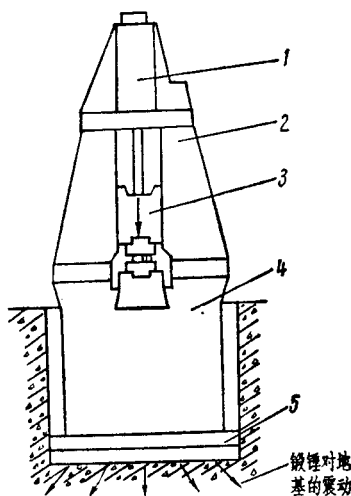


图 3 模锻锤的示意图

1-汽缸； 2-机架； 3-锤头；
4-砧座； 5-枕木

都有较高的要求,因此建造费用很高。

3. 工艺性能好

由于高速锤的打击速度很大,金属在模具内的流动速度也非常高,金属能均匀地充满模具的型腔,所以高速锤可以锻造形状复杂、具有薄壁和薄筋的零件。这在普通模锻锤上往往是很难锻造的,有些甚至是不可能的。

例如在模锻锤上要想直接锻出直齿齿轮是很困难的。但在高速锤上可以很方便的锻造出来(图4),金属不仅均匀地充满了齿轮轮廓,而且金属还流

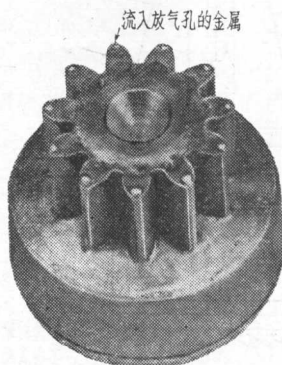


图4 高速锤上锻造的
驱动齿轮

入了直径1.5毫米的放气孔,有的锻件上流入放气孔的金属长达15毫米。

图5是在高速锤上锻造出来的叶片。从图中可以看出,流入两块组合凹模之间的间隙的金属飞边只有0.5毫米厚,却有30毫米长,说明在高速锤上锻造,金属的塑性流动性能的确是很好。

如果采用少无氧化加热炉相配合,在高速锤上可以锻造精度达0.02毫米、光洁度 $\nabla 4 \sim \nabla 6$ 的锻件。锻件上的余量、公差、模锻斜度和圆角半径,比模锻锤锻件上的都要小得多。

任何事物都是一分为二的。高速锤同

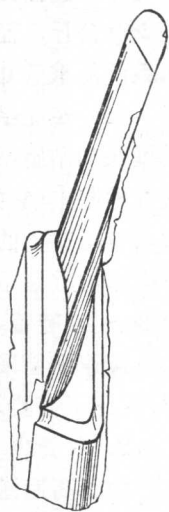


图5 高速锤上锻
造的叶片

样也存在缺点,如工作循环的周期较长,每分钟内的行程次数较少,因而生产效率较低。另外,由于打击速度大,因此高速锤的可靠性、安全性较差,需要加装安全装置。

高速锻造齿轮工艺

汽车电机上的驱动齿轮都有一个共同的特点,齿头上带有齿尾,如图 6 所示。

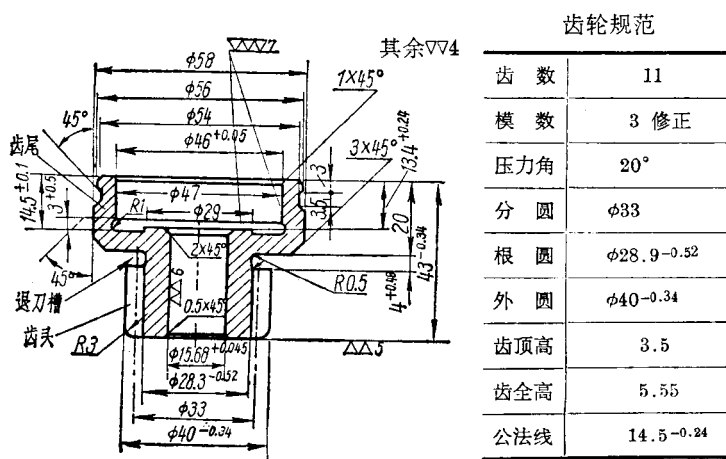


图 6 驱动齿轮零件图

过去加工这些齿轮的工序是:首先在 300 吨摩擦压力机上锻出毛坯,然后进行车削,最后加工齿形。由于齿尾的存在,齿形的加工只能用插齿的方法,而且在插齿以前,还需要加工退刀槽。这样,不仅材料消耗多、加工工时大,而且零件的强度也不高,这种加工方法是落后的。改用高速锻造新工艺就改变了这种状况。

1. 制订锻件图

根据产品零件图和高速锤的锻造工艺性能来制订锻件图。

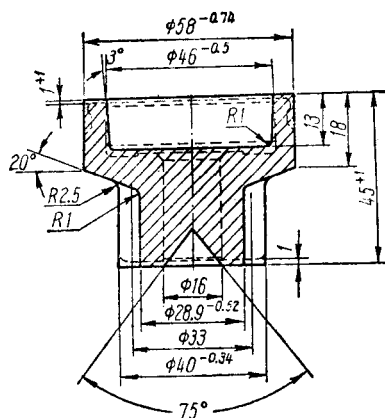
(1) 余量 锻造后需要加工的两端平面、滚纹槽和内孔放有余量,其他尺寸均不放余量。但在模锻锤上模锻,这些尺寸的余量为3~5毫米。

(2) 公差 考虑到坯料长度有公差,故锻件的长度也有1毫米的公差。其他尺寸的公差均在原来零件的公差范围以内。但在模锻锤上,这些尺寸的公差为 ± 0.3 毫米。

(3) 模锻斜度 $\phi 46^{+0.05}$ 的内孔的模锻斜度取为 3° ,但在模锻锤上为 5° 。

(4) 圆角半径 内孔转角处的圆角半径取R1,齿尾向齿头过渡处的圆角半径取R2.5,但在模锻锤上则分别为R3和R5。

根据上述要求,制订出锻件图(图7)。



齿轮规范

齿数	11
模数	3 修正
压力角	20°
公法线	$14.5-0.24$

注: 图中虚线表示锻件加工后零件的形状

图7 锻件图

2. 模具设计

根据锻件图设计出模具图(图8)。

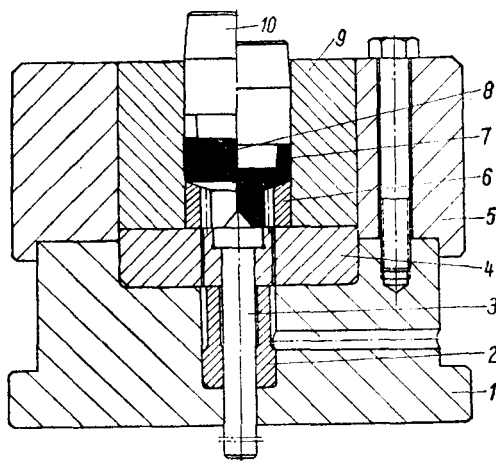


图8 模 具 图

1-底座； 2-套筒； 3-顶杆； 4-垫板； 5-外圈； 6-凹模；
7-锻件； 8-坯料； 9-模套； 10-冲头

由于高速锤上模具的冲击速度很大，因此要求模具的主要零件具有高强度、高耐磨性、高的冲击韧性以及耐高温。我们选用4Cr5W2VSi高强度合金模具钢制造凹模、冲头、模套和顶杆。4Cr5W2VSi合金模具钢的化学成分见表1。

表 1

化 学 元 素	C	Cr	W	V	Si
含 量(%)	0.37~0.43	4.8~5.2	1.9~2.1	0.9~1.1	0.8~1.2

4Cr5W2VSi 合金模具钢的始锻温度是1150°C，终锻温度是950°C。

4Cr5W2VSi 合金模具钢的热处理硬度是 HRC41~45。

凹模的齿形是用电火花加工的。凹模用红套的方法装在模套内，其过盈量为 0.1 毫米。然后模套又用红套的方法装在外圈内，其过盈量为 0.4 毫米。这样是给凹模和模套以预应力，防止凹模和模套在锻造时破裂。

为了使金属充满齿形轮廓，凹模下面的垫板，必需钻有放气孔。

3. 坯料加热

为了提高模具的寿命和锻件的精度，坯料在加热时所产生的氧化皮应越少越好。

我们曾用石墨粉、G16、G17 和 203 的玻璃粉作为保护剂做过试验，其中以 203 玻璃粉最好。其方法是：将一个装有 203 玻璃粉的不锈钢盒子放在电炉中加热，待玻璃粉溶化后，再将坯料（18CrMnTi）放进玻璃溶液中一起加热至 1200°C，再保温 20 分钟。这样保护加热的坯料，既没有氧化皮，也没有腐蚀，而且粘在坯料表面上的玻璃溶液还可以作为锻造时的润滑剂。不过这个方法的生产率很低，在大量生产中是不适用的，准备改用敞焰式少无氧化加热炉，以减少产生氧化皮。

4. 润滑剂选择

在高速锤上锻造，选择合适的润滑剂，可以提高模具的寿命和金属的流动性能。在试验中，我们曾用过一氧化铅加花生油、机油加片状石墨、硅油加铅粉、硅油加石墨粉、油剂二硫化钼等作为模具的润滑剂。从试验情况来看，以硅油加石墨粉和油剂二硫化钼较好。

5. 新旧工艺的比较

毛主席教导我们：“有比较才能鉴别。”现在，我们将驱动齿轮采用切削加工旧工艺和高速锤锻造新工艺，所需的材料和加

工工时进行比较,结果见图 9 和表 2。

表 2

项 目	切削加工工艺	高速锻造工艺	备 注
加工一只齿轮所需的材料 (公斤)	0.9	0.45	材料利用率 提高 1 倍
加工一只齿轮所需的工 序和工时 (分)	1. 锻坯 5.0 2. 打孔 0.8 3. 粗车外圆 3.5 4. 扩孔 2.8 5. 车 A 面 5.8 6. 半精车 内孔 1.4 7. 车外圆 1.8 8. 滚纹 0.5 9. 轧字 0.4 10. 镀铜 11. 车 B 面 3.5 12. 车准长 度 1.2 13. 压孔 0.3 14. 插齿 7.0 15. 倒角 1.5 16. 去毛刺 0.3 17. 磨孔 4.0	1. 锻造成形 0.5 — — — — 2. 打孔、车 内孔 1.6 3. 割槽 1.0 4. 滚纹 0.5 5. 轧字 0.4 — 6. 车 B 面 5.0 7. 车准长 度 1.2 8. 压孔 0.3 — 9. 倒角 1.5 10. 去毛刺 0.3 11. 磨孔 4.0	
共 计	39.8 分钟	16.3 分钟	生产率提高 1.4 倍

注: 锻造成形 0.5 分钟, 是指加热炉和高速锤在正常生产的情况下所需的工
时。

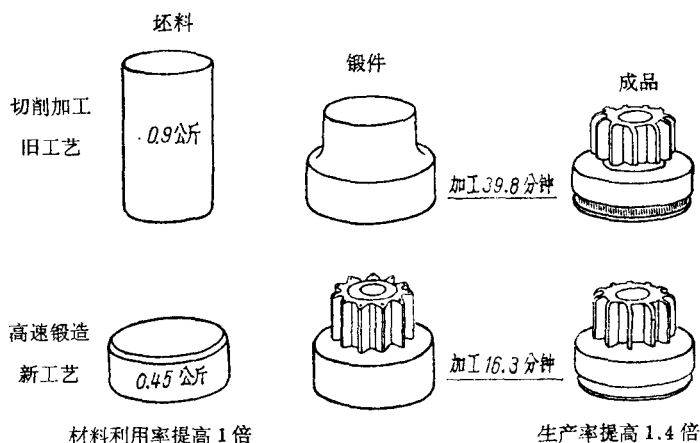


图 9 新旧工艺的坯料、锻件、成品的实物比较图

高速锤锻造的齿轮的强度比切削加工的要大为提高，这是由于以下两个原因所引起的。

(1) 切削加工的齿轮由于齿头和齿尾之间必须有退刀槽，金属纤维被切断，并且退刀槽容易引起应力集中，所以齿轮强度大大削弱。过去所报废的驱动齿轮，很多就是齿头在退刀槽处断裂。

而高速锻造的齿轮，不需要加工退刀槽，金属纤维没有切断，而且齿头和齿尾之间有圆角连接，因此齿轮的强度大大提高，如图 10 所示。

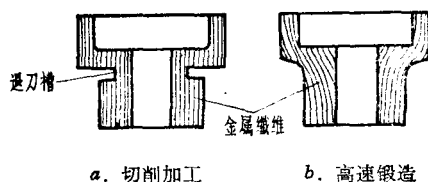


图 10 两种加工齿轮的强度比较

(2) 高速锻造的齿轮由于金属组织紧密, 所以齿轮的抗磨损性能也大大提高。据使用单位反映, 这种高速锻造驱动齿轮安装在汽车上运转使用, 至今已有半年, 齿轮的起动次数估计约 50,000 次以上, 齿轮表面还没有起毛。过去使用切削加工生产的齿轮运转半年, 齿轮表面就会磨损起毛, 需要修理后才能继续使用。

总之, 在新、旧两种工艺中, 首先都要经过锻造工序, 旧工艺在摩擦压力机上锻造出来的是毛坯, 还需要大量的切削加工, 才能变为成品。新工艺在高速锤上锻造出来的是半成品, 只需要少量的切削加工, 就能变为成品。采用新工艺代替旧工艺就可以节约大量的金属材料、操作工人和机床设备, 而且可以提高产品质量。所以, 高速锻造新工艺是一种符合多快好省的少无切削新工艺。

几 点 体 会

前面已经谈了不少高速锤和高速锻造工艺的优点, 但这门工艺目前仍在发展之中, 还有许多问题有待进一步摸索和探讨, 例如:

(1) 高速锤方面 如何设计最合理的结构形式? 如何设计大吨位的高速锤? 如何计算零部件的强度? 材料在高速冲击下的机械性能如何? 等等。

(2) 高速锻造工艺方面 如何选择最好的加热方式、润滑剂、模具材料和模具结构? 如何确定零件在高速锤上锻造所需的能量? 高速锻造下各种金属的塑性变形情况如何? 等等。

毛主席教导我们: “任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。在社会主义事业中, 要想不经过艰难曲折, 不付出极大努力, 总是一帆风顺, 容易得到成功, 这种想法, 只是幻想。”尽管高

速锤和高速锻造工艺存在上述各种问题，但是这一新生事物将和其它新生事物一样，在伟大的三大革命运动中一定会不断完善、成熟，它将在机械工业中被越来越广泛地应用。今后，我们一定要努力活学活用毛泽东思想，充分发挥以工人为主体的“三结合”的作用，进一步深入开展革命大批判，粉碎“洋奴哲学”、“爬行主义”的枷锁，准备经过艰难曲折，付出极大努力，继续开展高速锤和高速锻造工艺的试验研究工作，为赶超世界科学技术先进水平作出贡献。