维普资讯 http://www.cqvip.com

锻压设备使用性能分析

文／李凤梅，王建平，王乐安·北京航空材料研究院

生产出优质和低成本的锻件是锻压技术所追求的基本目标。锻压行业是一种传统产业，噪声、振动、烟尘等环境污染严重。锻造设备十分昂贵，锻造行业的技术改造相对缓慢，如何挖掘现有锻造设备的潜力，改进锻造工艺方法，已成为本行业十分关注的课题。合理选择生产锻件的锻压设备，研究锻压设备的使用性能十分重要。

锻压工艺参数与设备参数的相互关系

图1所示为压力机热模锻时主要工艺参数

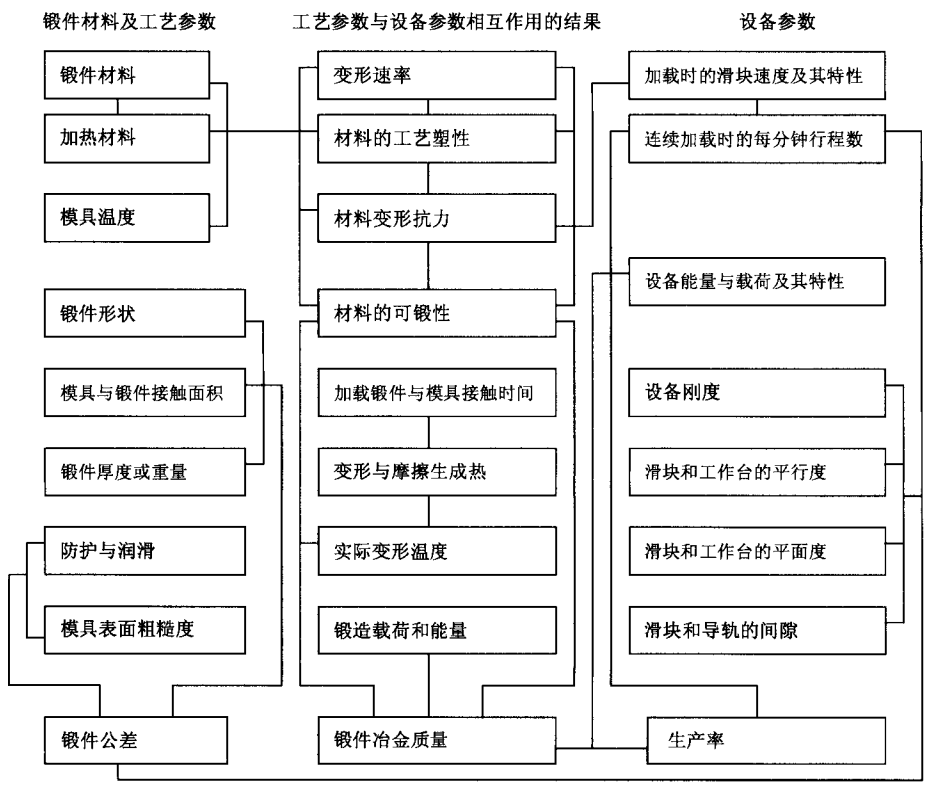

图1 锻压工艺参数与设备参数的相互关系

维普资讯 http://www.cqvip.com

和设备参数及它们之间的相互作用。图1可以看出，锻件材料及工艺参数的前3项为材质特性、中间3项为锻件形体特性、后2项为摩擦特性。设备参数的前2项为运动学特性、中间1项为力－能特性、后4项为精密度(结构与加工精度)特性，它们分别影响材料的可锻性(前4项)、实际变形温度(中间3项)和实际锻造载荷和能量(最后1项)，从而影响锻件冶金质量、锻件公差和生产率，最终影响锻件成本。

必须指出，变形温度和变形速率的变化对不同材料的流动和载荷可能有完全不同的影响，例如，当变形温度稍低于锻造温度下限时，对普通结构钢和铝合金无太大影响，而高温合金和钛合金的流动就变得十分困难，锻造载荷大幅度上升，锻造性能大大降低。因此，为合理选择锻件的锻压设备，研究锻压设备的使用性能十分重要。

锻压设备的使用性能

本文将常用锻压设备的主要使用性能进行了比较，详见表1。由此可知，不同锻压设备产生载荷和能量的方式各异，其锻造速度及其特征差别很大(见图2)，模锻水压机的空程速度较低，实际锻造速度更低且变化较小、平稳(静态特性)，一次行程完成一个工序，适合于模锻和等温锻对变形速度敏感性强的难变形高温合金和钛合金锻件，特别是长变形行程的挤压和长毛坯的镦粗工序，大型铝合金锻件主要用模锻水压机生产；机械压力机的空程速度较高，实际锻造速度很低、

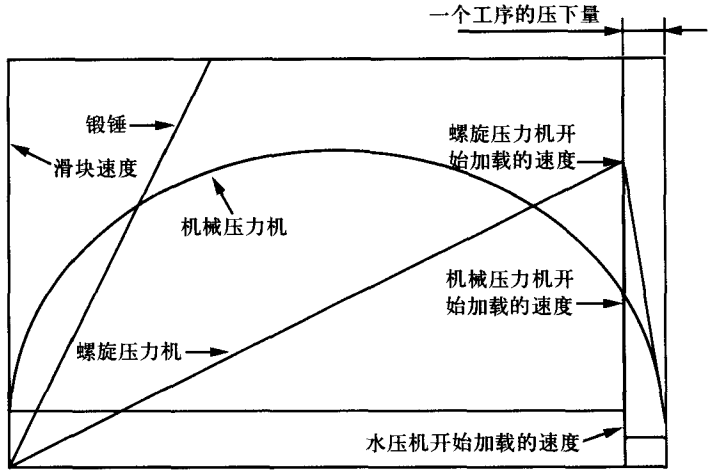

图2 常用锻压设备的速度特征示意图

表1 常用锻压设备的主要使用性能比较

项目	锻锤	模锻水压机	机械压力机	螺旋压力机
力－能特征	能量限定	载荷限定	行程限定 (1)	能量限定 (2)
空程最高速度 /mm·s⁻¹	3000～9000	300	1500	600～1200
工作行程最高速度 / mm·s⁻¹	3000～9000	60 (25～170) (3)	60～200(4)	600～1200
加载特性	动态	静态	准静态	准动态
行程 /mm	1200～1600	1300～3000	300～500	300～700
加载时锻件与模具的接触时间	短	长	较长	较短
每工序打击次数	多次	1次	1次	多次或1次
设备刚度	小	大	大	较大
滑块和工作台的平面度	差	较好	好	好
滑块和工作台的平行度	差	较好	好	好
滑块和导轨的间隙	大	较大	小	小
自动化和机械化的难易	难	较易	易	较难
工艺装备精度	差	较好	好	好
噪声和振动	大	较大	小	较好

注：(1)兼有载荷限定特性，通常限定为公称载荷；加载时根据变形需要继续供给能量。
(2)兼有载荷限定特性，通常限定为公称载荷的1.6～2倍；加载时不再供给能量。
(3)在1次锻造行程中加载速度变化较小；加载时根据变形需要继续供给能量。
(4)开始加载的速度决定于毛坯的厚度，锻造叶片等薄零件时为下限值。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表2 机械和螺旋压力机锻造过程中的力、能转化及其与锻件精度的关系

压力机	锻造方法	能量			载荷			下死点变化量ΔS	同批锻件厚度差ΔT
		设备供给能量E_m	锻件需要能量E_p	过盈能量ΔE	设备供给载荷L_m	锻件需要载荷L_p	过盈载荷ΔL		
机械压力机	常规模锻	变量	$E_p=E_m$	0	变量	$L_p=L_m$	0	ΔS	~ΔS
	恒载荷精锻	变量	$E_p<E_m$	E_p-E_m	常量	$L_p<L_m$	L_m-L_p	~0	~0
螺旋压力机	常规模锻	变量	E_p与E_m无固定关系	0、+或−	变量	L_p与L_m无固定关系	0、+或−	ΔS	~ΔS
	恒载荷精锻	常量	$E_p<E_m$	E_m-E_p	变量	$L_p<L_m$	L_m-L_p	~0	~0

较平稳(准静态特性)，一次行程完成一个工序，也适于模锻对变形速度敏感性强的难变形高温合金和钛合金锻件；锻锤的锻造速度很高(动态特性)、数次行程完成一个工序，多用于锻造钢和不锈钢锻件，也用于锻造钛合金锻件；螺旋压力机的速度(准动态特性)介于锤和压力机之间，数次或一次行程完成一个工序，多用于锻造钢、不锈钢和钛合金锻件。螺旋压力机本质上更像锤，属于能量限定机器(其规格用能量表示可能更恰当)，在锻造需要大载荷、小能量的叶片类薄壁锻件或低温锻造时可以产生1.6倍的公称载荷，个别情况下可达到公称载荷的2倍。螺旋压力机的打击速度约0.7m/s，比水压机和机械压力机高数倍至几十倍，在锻造对变形速度敏感的高温合金和粉末冶金时需要慎重。

挖掘现有锻压设备的潜力

推广机械压力机恒载荷精锻技术

诚然螺旋压力机更适合于锻造叶片等薄壁精锻件，然而，我国航空工业由于历史的原因，锻造叶片设备是机械压力机，而且叶片生产厂都拥有数台机械压力机。为充分利用现有设备并挖掘其潜力，北京航空材料研究院研究成功了机械压力机恒载荷精锻技术。该技术只需要更换或改进旧模座即可实现恒载荷精锻。为便于比较螺旋压力机和机械压力机的工作原理和其锻造精度，将各种工艺方法模锻过程中的力、能及其转换以及与机床变形和锻件精度的关系列于表2。由表2知，实现精锻的奥妙在于控制压力机供给恒定的能量(螺旋压力机飞轮转速恒定)或恒定的载荷(机械压力机行程恒定)、且分别稍大于完成锻件变形所需要的能量和载荷，其能量或载荷的过盈部分转化为机床和工艺装备的附加变形能，这一点对螺旋压力机和机械压力机都不例外。从表2还可以看出，在机械压力机和螺旋压力机常规模锻时，设备供给的能量和载荷都是变化的，机床弹性变形和滑块行程(或下死点)也都是变化的，故每个锻件的厚度也都随之而变；二者分别为变载荷和变能量模锻，都不适合于叶片精锻。

如上所述，两种设备各有优缺点，但只要工艺方法合理，都可进行精锻。鉴于我国航空叶片生产厂都有机械压力机，而只有个别厂有螺旋压力机，而且机械压力机生产率高，并有几十年使用该设备生产叶片的经验。因此，推广机械压力机恒载荷精锻更适合国情。

改造现有液压机和新建专用液压机用于等温锻造

我国拥有31500kN和50000kN的切边液压机，其利用率不高，可改造为等温锻造钛合金锻件的等温锻造液压机。我国铝合金锻件大多已在50000kN和100000kN模锻液压机上定点生产，为扩大其使用范围，也可视情改造为等温锻造液压机，即可开展铝合金锻件的等温锻，还可用于高温锻造粉末、高温合金涡轮盘和大尺寸钛合金盘。我国目前已具备改造并建立80000~100000kN速度可控的等温锻造专用液压机的技术。FM