

西德技术准则

第 二 册

制造方法与工艺装备之三
(锻压工艺部分)

西德工程师协会编

机械工业部北京机电研究所

T-655.18

X 15

12

G703/23

出版者的话

《西德技术准则》是西德工程师协会 (VDI) 组织编写和出版的一套指导性技术文件的中译本。技术准则在德文中为 Richtlinie。它们总结并运用了已有的理论成就和实践经验, 指导机械工程技术人員经济合理地处理面临的技术问题。VDI 技术准则和 DIN 工业标准在内容上是互相衔接和补充的。工业标准规定目标, 技术准则阐述达到目标的方法。有些技术准则还阐述暂不适于订入标准的、当前正在发展中的技术。

每篇技术准则都是邀请各方面专家组成专门委员会进行编制的。其草案均经过试行和修改, 才作为正式文本被批准发行。对每篇技术准则, 至多五年要进行一次审查, 根据技术发展情况, 或修订, 或撤销, 或转为 DIN 标准。

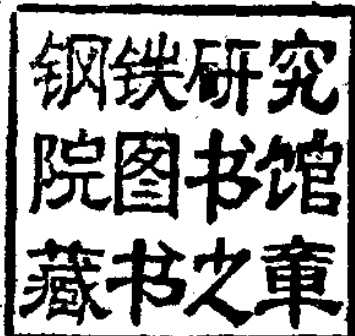
VDI 技术准则没有法律约束力, 由读者自愿选用, 自行负责。但它被法律、法令、法规所利用, 或被商业协议所采用时, 就具有法律约束力。

VDI 技术准则具有较高的权威性和实用性, 是西德工程技术界普遍使用的一种重要技术资料。它们对于我国机械工业的科研、生产、教学和管理工作也具有实际的参考作用。

中译本《西德技术准则》是从1980年版的《VDI手册》中选择的。各册名称和出版单位请参见本册封四。

本册是制造方法与工艺装备之三——锻压工艺部分, 共32篇, 内容涉及形的概念、名称和参数, 热成形用的感应加热, 模锻、墩锻、精压、滚压, 管材拉拔, 径向冷锻、棒料剪切, 板料拉张成形, 拉深、精冲, 修边, 锻模及模具冷反印, 钢和有色合金的冷、温挤压工艺及模具设计以及金属材料的应力应变曲线等。可供有关工艺和产品设计研究人员、工厂技术人员、大学和中技校师生参考。

本译文集由机械部北京机电所负责翻译、审校、编辑, 由沈阳市机电工业局技术情报研究所出版发行, 由于参加工作人员水平有限、错误之处, 请读者指正。



1985年3月

216210

目 录

1. VDI 2030	精密机械加工中板料剪切面的修边.....	(1)
2. VDI 3132	热成形用的感应加热.....	(10)
3. VDI 3137	成形的概念、名称和参数.....	(21)
4. VDI 3138/1	钢和有色金属的冷挤压——基础篇.....	(34)
5. VDI 3138/2	钢和有色金属的冷挤压——应用篇.....	(50)
6. VDI 3138/3	钢和有色金属的冷挤压——实例和经济性.....	(72)
7. VDI 3140	张拉成形机上的张拉成形.....	(77)
8. VDI 3141	经过拉深筋的拉深.....	(87)
9. VDI 3142	橡皮——拉深——剪切法.....	(93)
10. VDI 3143/1	冷挤压钢的选择和热处理.....	(103)
11. VDI 3143/2	冷挤压有色金属的选择和热处理.....	(122)
12. VDI 3151	钢和有色金属的冷挤压件——要求、订货、交货.....	(138)
13. VDI 3166/1	钢的温热挤压——基础篇.....	(141)
14. VDI 3170	模具的冷反印法.....	(146)
15. VDI 3171	镦粗与模压.....	(157)
16. VDI 3172	平面精压.....	(170)
17. VDI 3173	有色金属管材的拉拔.....	(178)
18. VDI 3174	外螺纹的冷滚压成形.....	(187)
19. VDI 3177	表面精滚压.....	(196)
20. VDI 3178	实心与空心工件的径向冷锻.....	(204)
21. VDI 3180	锻模镶块与锻模模膛镶块.....	(213)
22. VDI 3184	平锻机上锻造.....	(224)
23. VDI 3185/1	在室温下钢的实心正挤压的凸模单位压力和最大 挤压力的计算.....	(236)
24. VDI 3185/2	室温下钢反挤压凸模单位压力和最大挤 压力的计算.....	(240)
25. VDI 3185/3	室温下钢空心正挤压的压力计算.....	(243)
26. VDI 3186/1	钢的冷挤压模具, 结构、材料.....	(247)
27. VDI 3186/2	钢的冷挤压模具, 凸模与芯棒的设计、制造和维护.....	(258)
28. VDI 3186/3	钢的冷挤压模具, 凹模内圈与过盈配合的结 构、制造、维护和计算.....	(268)
29. VDI 3187	棒料剪切, 剪切缺陷.....	(287)
30. VDI 3200/1	金属材料的流动曲线基本原理.....	(292)
31. VDI 3202	制造螺栓用的耐腐蚀钢的流动曲线.....	(310)
32. VDI 3345	精 冲.....	(314)

精密机械加工中板料剪切面的修边

VDI 2030

1959年8月

1、概念规定

板料件剪切面的修边是对剪切面的后续加工，通过采用冲切模具进行切削以改善剪切面的形状、尺寸、位置和表面质量。这里模具或工件具有直线的主运动，并对该主运动还可叠加一振荡运动。

2、任 务

对于精密技术的结构元件，例如凸轮盘，齿轮，扇形齿片，插门等等，剪切面经常具有配合及滑动的作用，因此对它们提出高的要求。剪切面由此需要直角，尖棱边和光滑，而且大多数还需要严格的尺寸公差。在落料或冲孔时形成的表面，由于工艺方法限制的原因而不能满足这样高的要求。

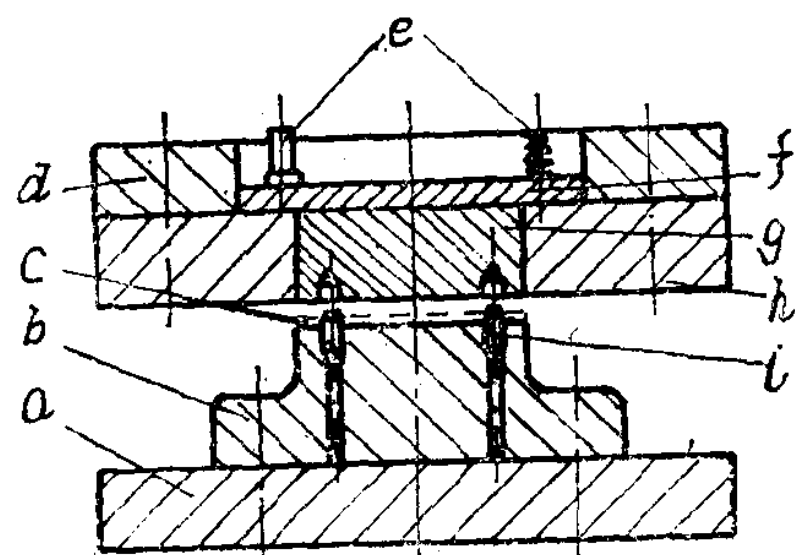
仅仅对几何形状简单的剪切面可以采用磨削、铣削，研磨的后续加工，并且在大多数情况下它比修边所消耗的费用要大得多（见第10节）。另外修边是一种适当有效的方法，尤其在于在大量加工时可以达到一致的公差。此方法可以用在一般压力机上，对厚度由0.5至6mm零件进行精加工。在采用振荡冲床时（第5节）对于厚度的上限还要高得多。

图1及1a（略）示出由精密加工的冲裁零件样件。这些零件的作用表面是通过修边加工的。图2（略）给出在不同工步中的四个工件。

3、方法种类

采用两种基本的不同的方法。

3.1 在常用的方法中凸模是插入凹模的。零件由此压入凹模并向下排出或在修边后通过顶出器顶出。如果零件形状允许，可将凹模放置在上部，这样零件在修边后便可向下顶出。图3这种方法可以相当普遍地采用，如齿轮、带孔、凹槽工件等的修边。加工的结果不能完全达到在3.2中所述方法的质量。



- | | |
|---------|-----------------|
| a. 底 板 | e. 刚性顶出器或弹性的顶出器 |
| b. 凸 模 | f. 顶 板 |
| c. 工 件 | g. 顶 块 |
| d. 中间垫板 | h. 凹 模 |
| | l. 定位销 |

图3 具有上置凹模的修边模具示意图

3.2. 在第二种方法时，有关的工件在刮削过程并不由凸模直接压入凹模，因为在要进行刮削的工件上放置第二个工件才由凸模向下加压。冲凸模约为予冲切过的零件的尺寸并且大于凹模内的通口，凸模进程仅仅接近到根据工件厚度距凹模上部边沿为0.3~0.5mm处，然后返回到凸模的起始住置。

这种方法的模具在图4中示出。由模具钢制造的凹模具有15°的斜坡，通过这个斜坡，刮削的切屑可以自由排出。

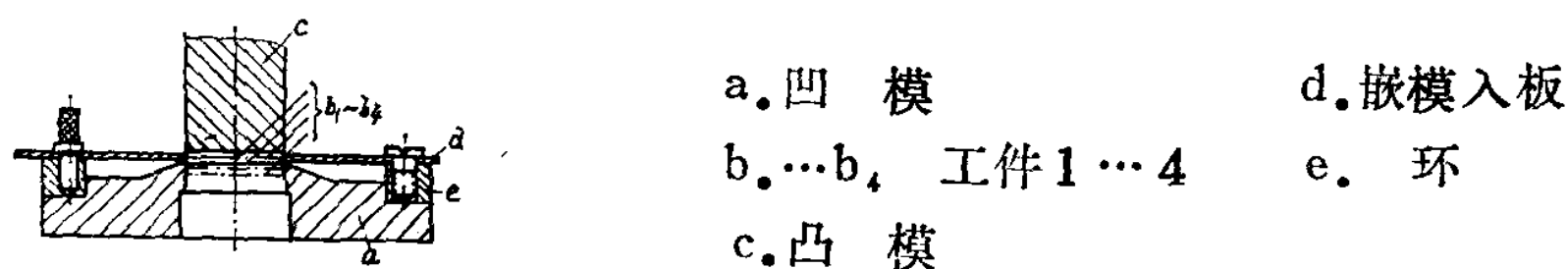


图4 带有多个重叠放置们工件的修边模具

第二种方法通常比在第3.1节中所引用的方法得到较好的结果。当然这种方法主要仅仅限于在没有孔需要再刮削以及刮削的切屑能够自由排出时才是可用的。

采用这种方法应恰当地在振荡或修边压床——也称为修整压床——上进行。

4、模 具

修边剪切的使用寿命具有特别意义。采用含铬约12%的模具钢模具重磨前可对3mm厚，材料为ST 3 K 60 GBk (DIN 1624) 的零件进行修边近10,000件。凹模完全报损前可加工多于100,000个零件〔1〕。

采用硬质合金凹模的试验(G6类)取得了显著优越的结果。采用这样的模具加工超过100,000件时，没有见到最微小的磨损痕迹。推荐冲切刃口的尖棱应稍加除去，以避免棱边的剥落崩离〔2〕。

图5(图略)至9(图7略)及11示出若干模具型式。图10示出用于图11的连续冲裁模的工件及条料。这种工件适合于大批量加工并且特别适合于组合的落料和修边。工作时间较分开的工序要节省约75%。

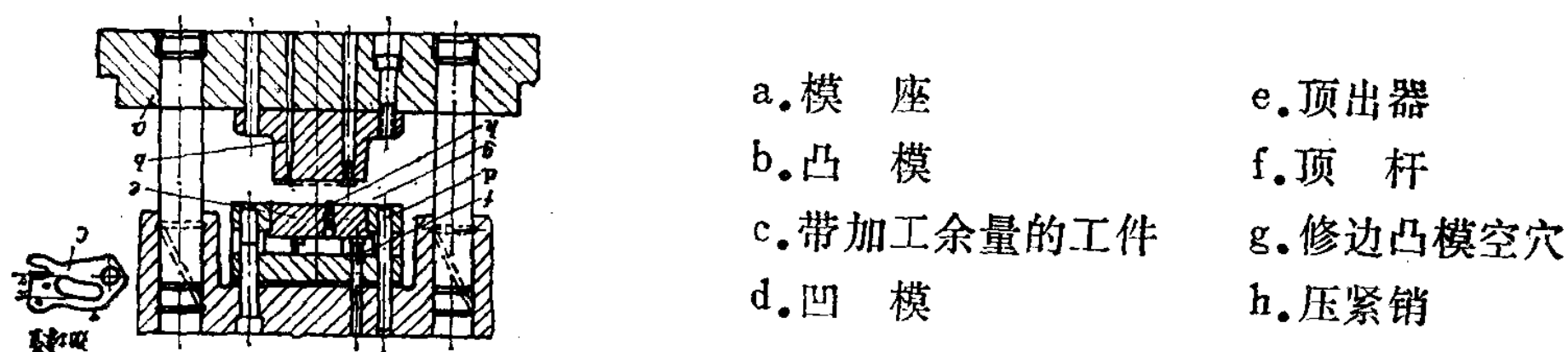


图6 按第3.1节方法的修边模具剖面图。

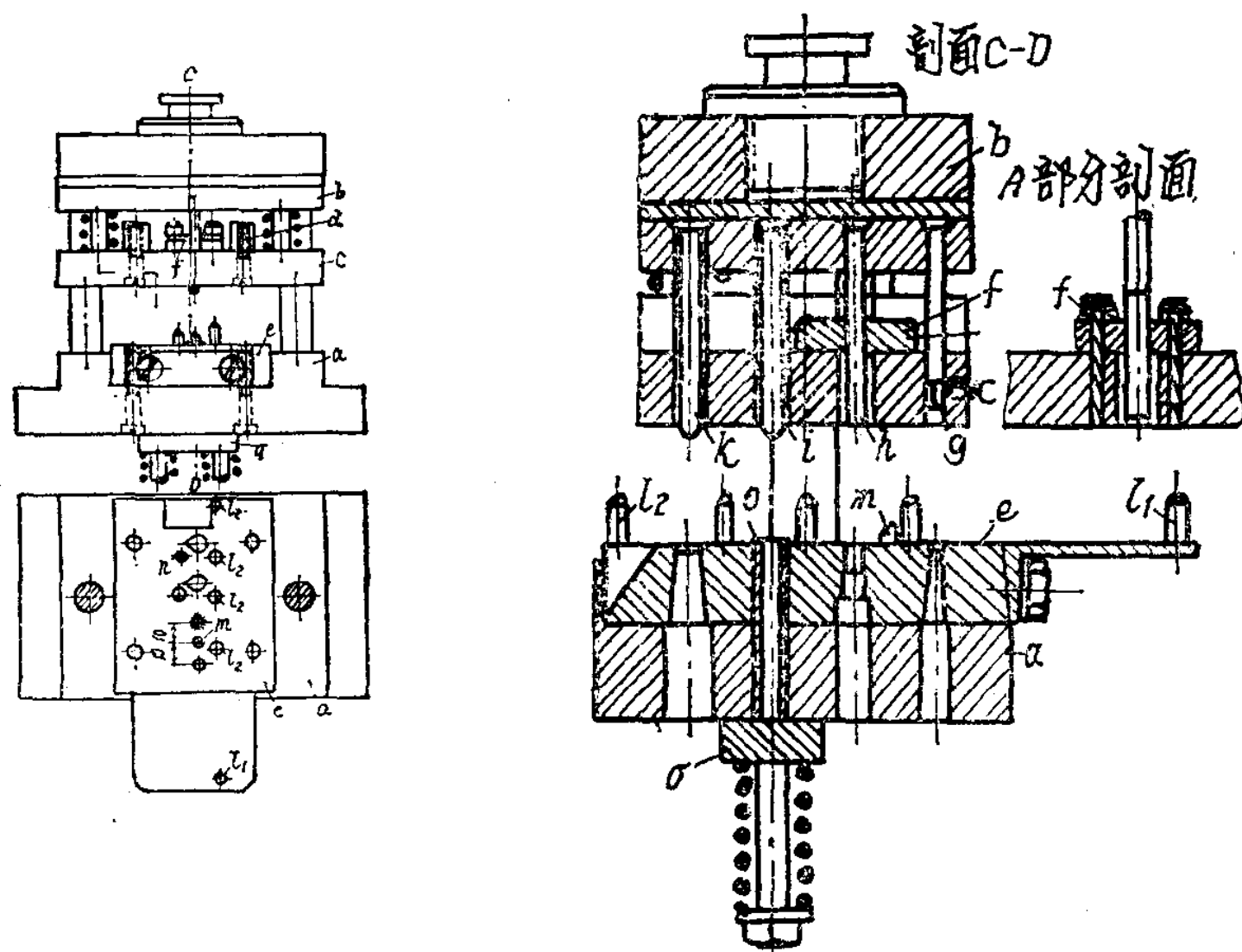


图11 落料和修边用连续冲切模具

a. 下部
b. 上部
c. 弹簧压板
d. 限位块
e. 凹模
f. 导向套

g. h 预冲孔凸模
i. k 冲切凸模
 l_1, l_2 限位销
m, n 接纳销
o 顶出凸模
6 顶出器

为了限制条料p位置，凹模e装有限位销 l_1 及 l_2 。为了装挂条料p预先冲好的孔，安排了接纳销m及n。安装的弹簧顶料器具有将已冲出的冲切件再压回条料p中的作用。冲切过的工作件留在条料中直到最后工步进行修边并通过凹模e落下排出。在修边时相应的细小废屑保留挂在条料中。为了防止条料的变形翘曲，预先考虑安置了盲孔r。通过匀称的横断面，可以使条料精确直线地移出模具。

5. 机 器

在图1中所示类型的零件的修边适于采用凸模力约为30~60吨的偏心压床。根据经验，行程数约为每分钟60~65次。

图12（略）示出带有固定模具的偏心压床。在右侧是吹气装置，该装置在凸模上行时进行短时间的的工作，通过压缩空气将切屑吹去。

在振荡冲床——也可称为修边压床——可以得到较好的结果。图13（略）中所示的振荡冲床凸模不仅进行连续的工作行程，而且在工作行程时还振荡，振荡次数为每分钟600至800次并且根据冲床规格大小具有振荡行程为0.5至4mm。每毫米行程进行8至12次振荡。

为了提高经济性对适当的工件可以安装自动工件输送装置，这样便可能进行多台机器操

作。

图14（略）所示为振荡冲床上采用的进给装置。零件从料仓排出通过由压缩空气控制的滑板输送到刮削凸模的地方。

为了使零件达到相对于凹模准确的位置，在末端位置上，滑板以及工件通过在模具上部或凸模上的定位销进行定位。零件以每分钟15次行程用凸模加压经过凹模。刮削的切屑在凸模刚一回程后即由压缩空气吹出凹模。

6、材 料

不仅钢而且铜及铝合金以及其他考虑到的金属都适用于修边的方法。一般来说，硬的和半硬经轧制的非合金钢很适用于修边。而软的经退火的钢以及含铬合金钢采用修边则稍差些。铬钼钢是不适用的。（见表1）

、加工余量

冲裁的零件有部分粗糙的，呈撕裂的剪切面。为了在修边时达到充滑的表面，冲裁零件需具有修边余量。作为经验公式每边约按材料厚度的8~10%来计算。图15中所示修边加工余量适用于中等材料厚度，在采用振荡冲床时较大的余量是合适的；它还与冲切模具的冲裁间隙有关。为了达到有效的结果，在需修边表面轮廓上的加工余量必需是完全均匀分布的。当对冲裁刃口和修边刃口沿轮廓线磨削时可以保证取得最佳结果。零件在剪切的相反方向进行修边在实践中证明是可靠的。当零件要求高精度时（特别在零件厚度超过约4mm时）可以规定双倍的加工余量并进行两次工序修边——即进行两次修边。也可用一次所谓的精整剪切来代替第二次修边。由此可以得到特别光滑的表面。对需加工的工件必需进行良好的润滑，采用任何优质的自动机油都可行。（润滑材料技术准则见DIN 6557）。

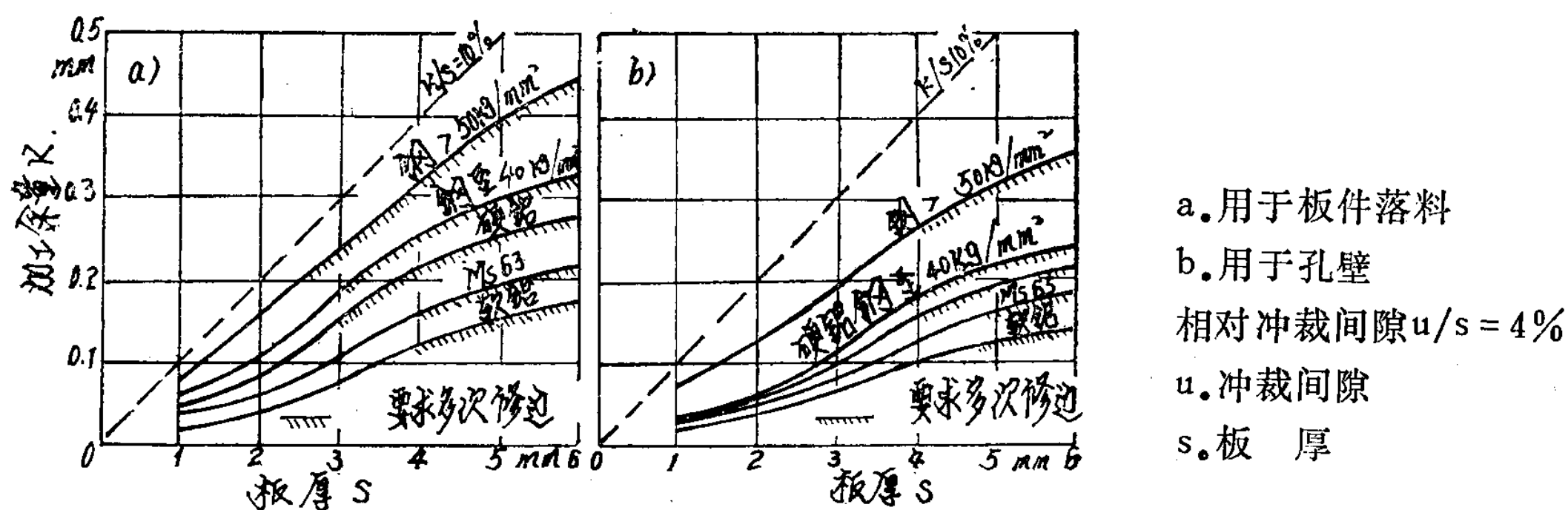


图15 对不同材料在偏心压床上进行修边时加工余量与板厚的关系

表1、适于修边用钢

钢 类 别		对修边过的表面的 肉 眼 检 查	经修边的表面的粗糙度
非 合 金 钢	ST3K32 1. (过去的ST4.24) DIN1624	不 特 别 好 材 料 润 滑 由 于 过 软	在经过修边较好的部位为 0.8—2 μ
	St3K50 2. (过去的St7.24) DIN1624	良 好	0.7—1 μ 个别值至5 μ
	St3K60 3. (过去的St8.24) DIN1624	很 好	0.6—1 μ 个别值至2.5 μ
	C10LG 4. (过去的StC10.6) 软的 DIN17210	不 特 别 好 材 料 润 滑 由 于 过 软	在修边较好部位为1—1.5 μ 个别值达25 μ
	C10K50 5. (过去的StC10.61软的) DIN17210	良好, 如同2	0.4—1.5 μ
合 金 钢	15Cr3 6. (过去的EC60) DIN17210	有 点 粗 糙 可见冲切台阶	0.8—1.6 μ 然而在整个表面 有较多的个别值达2.5 μ
	15HnCr5 7. (过去的EC80) DIN17210	有 些 粗 糙 可见冲切台阶, 但还可用	在修边较好的部位为 0.4~0.7 μ
	15CrNi5 8. (过去的ECN15) DIN17210	有些粗糙, 可见 冲切台阶	1.2~2.5 μ 个别值达4 μ
	34CrMo4 9. (过去的VcMo135) DIN17210	撕裂表面	1~1.5 μ 但在剧烈撕裂表面达10 μ

8、关于表面质量与公差的加工结果

经过修边的表面与经过铣削的表面的表面质量区别表明: 经过修边的表面的粗糙深度要比经铣削的小。在图16中所示为两张放大4000倍的图。它们是用一个测微器及一个附加的笔记录器记录下来的。

图16. 表面粗糙度图形

测针球径0.0075mm

工件进程 1 mm/min

图形进程 2 mm/S

采用L. $\varnothing$ i + Z - Fors + er - 仪器 $V = 4000$ 倍

a. 经铣削的表面 粗糙深度 $\sim 3\mu$

b. 经修边的表面 粗糙深度 $\sim 1\mu$

9、后处理

在修边时也不可能避免产生毛刺；毛刺可以通过滚筒清理清除。经过这样不仅可以去除毛刺而且还可以使经修边的表面光滑。相应的化学试剂及磨光介质增添了滚筒清理质量。在滚筒清理时附加介质的颗粒应大于零件的孔，以便避免颗粒夹卡在孔中。由于其敏感性而不能进行滚筒清理的零件，可以用其它的方法机械地或电解去毛刺。

10、经济性的探讨

由于在许多情况下冲裁及修边的模具要比铣削或拉削的工具要昂贵，因此在工模具制造前进行经济性的探讨是重要的。经济性是与某一确定的时间区间内要加工的件数相关。图17（略）示出的是某种办公机器上的一种特殊齿轮。该齿轮具有特殊形状，每第二个齿都是被去掉的。在进行滚铣和修边两者的比较计算时，材料费用可不考虑，这是由于在两种情况下材料费用相同。假设工资系数为5 pfg/min，且生产共同附加费用为生产工资的250%。在用落料及滚铣加工时，生产100件的费用为10.48DM，不包括调整费用和材料费用。对此同样的齿轮，经落料和修边，在同样的工资系数和相同的共同附加费用时价格为每100件1.89DM。由于用冲裁及修边进行齿轮加工时模具费用高于用滚铣加工时的工具费用，因此重要的是求得从多少件数开始用修边加工是经济的。在表2中可以明显看出，采用修边加工在件数为17454时是经济的。图18中描绘的是每件价格与两种方法生产件数的关系。前述的件数即位于直线的交点。

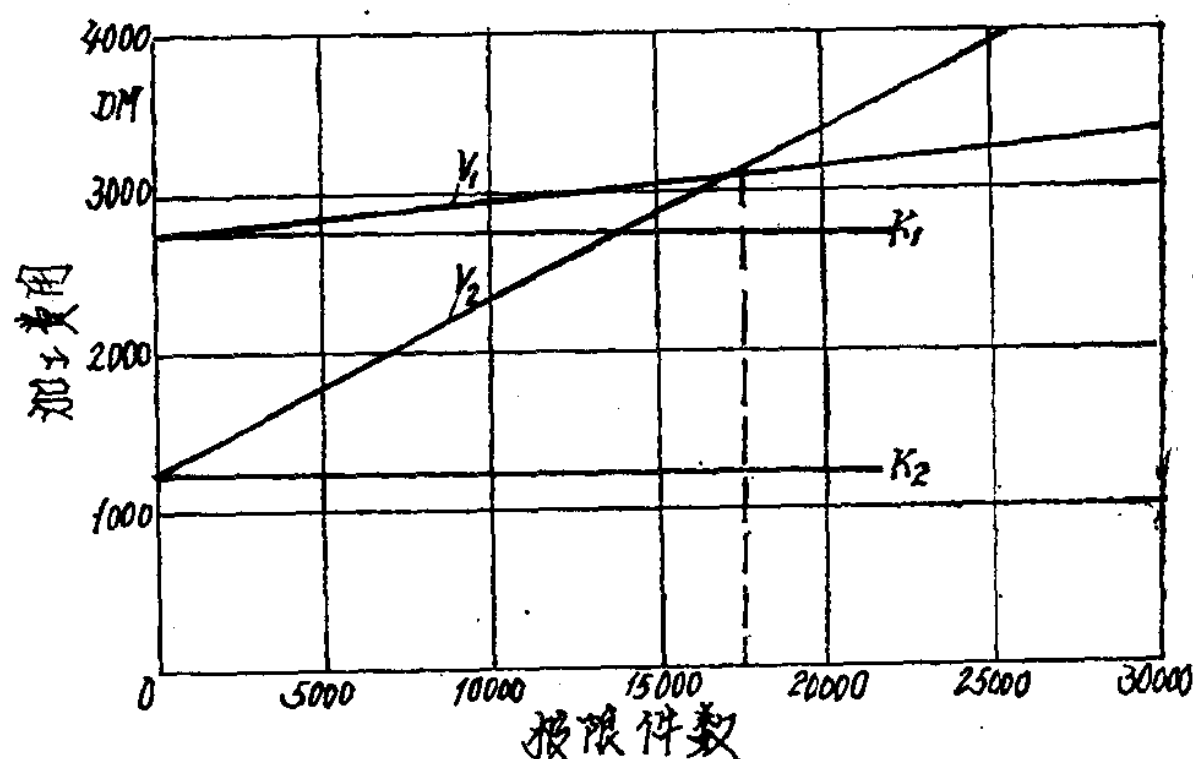


图18 按图17的工件的经济性计算

图19（略）作为第二个例子是一具有内及外曲线轨道的凸轮盘。在比较计算中假设曲线是在某特殊铣床上加工而成的。表3再次给出了这种凸轮盘按修边和铣削方法的制造费用比较。对于凸轮盘其费用区别是特别引人注目的。按冲裁和修边方式的费用每100件计为1.94 DM，而按冲裁和铣削方式的制造费用每100件却计为48.88DM。

在费用比较时需注意，即所计入的工模具费用根据所给的工资比例可能有可不同；同时生产共同附加费用值在企业中区别很大，因此会改变在给出的计算中所列的数值。还应该注意，模具费用的利息是忽略了的。

表2 按图17齿轮用修边和铣削加工的费用比较

工 序	调整时间 (min)	每100件 工件时间 (min)	工资系数 (pfg/min)	公共附加用 费 (%)	100件加工 费用 无调整时间 (DM)	总 值 (DM)
冲裁一冲孔	30	3	3	250	0.315	
修边	30	15	3	250	1.575	1.890
调整	60		3	250		6.30
冲裁一冲孔一修边的模具费用.						
a). 冲裁一冲孔 (带修边余量冲切)					1200DM	
b). 修边 (冲切)					1250DM	
c). 滚铣量规 (1 件)					300DM	
总模具费用					2750DM	
冲裁一冲孔	30	3	3	250	0.315	
滚铣 (2 部机床)	35	88	3.3	250	10.164	10.479
调 整	30		3	250		3.15
	35		3.3			4.0425
滚铣时的工模具费用						7.1925
a). 冲裁一冲孔 (盘状冲切)					550DM	
b). 心轴 (工件)					100DM	
c). 滚铣刀					300DM	
d). 滚铣量规					300DM	
总模具费用					1250DM	
经 济 件 数 X 的 计 算						
$X = \frac{(K_1 + R_1) - (K_2 + R_2)}{V_2 - V_1}$						
K 固定费用 (模具费用)			$K_1 = 2750$		DM	
R 调整费用			$K_2 = 1250$		DM	
V 成比例的费用 (工资费用)			$R_1 = 6.3$		DM	
X 件 数			$R_2 = 7.1925$		DM	
(指数 1 用于修边, 指数 2 用于铣削)			$V_1 = 0.0189$		DM/件	
			$V_2 = 0.10479$		DM/件	
$X = \frac{2750 + 6.30 - 1250 - 7.1925}{0.10479 - 0.0189} = \frac{1499 - 1079}{0.08589} = 17454 \text{ 件}$						

表3 按图19凸轮盘用修边和铣削加工的费用比较 *

工 序	调整时间 (min)	每 100 件 工件时间 (min)	工资系数 (pfg/min)	公共附加 费 用 (%)	100件加工 费用 无调整时间 (DM)	总 值 (DM)
冲裁—冲孔	30	3.5	3	250	0.3675	
修边	30	15.0	3	250	1.575	1.9425
调整	60		3	250		6.30
冲裁—冲孔—修边时模具费用						
a). 冲裁—冲孔 (带外及内曲线修边余量的冲切)					1450	DM
b). 修边 (用于内及外曲线冲切)					1350	DM
e). 投影图形					50	DM
总模具费用					2750	DM
冲裁—冲孔	30	3.5	3.0	250	0.3675	
铣削—外曲线	30	100	3.3	250	11.55	
铣削—内曲线	30	320	3.3	250	36.96	48.8775
调整	30		3.0	250		3.15
	35		3.3	250		6.93
铣 削 时 工 模 具 费 用						10.08
1. 外曲线 a). 冲裁—冲孔 (带外及内曲线铣削余量的冲切)					1450	DM
b). 心轴					120	DM
c). 8 mm 直径铣刀					15	DM
d). 铣削量规 (工件)					600	DM
e). 曲线靠板					90	DM
2. 内曲线 a). 心轴					120	DM
b). 4 mm 直径铣刀					17	DM
c). 铣削量规 (工件)					360	DM
d). 曲线靠板					90	DM
总工模具费用					2862	DM

*) 经济性计算: 由于固定费用 (工模具费用) 及成比例费用 (工资费用) 在修边时低于铣削, 因此在每种情况下修边都比铣削更经济。

参考文献 (略)

翻译 何 钊
审校 杨志敏
编辑 何 钊

热成形用的感应加热

VDI 3132

1959年6月

概 论

原始尺寸基本相同的大批量工件，或对工件的尺寸稳定性、表面质量及精度提出高的要求时，热成形前采用感应加热具有一定的优越性。

因为感应加热过程可以及时很好地控制，所以工件的送进顺序可以与锻造，挤压或其他工序的顺序和工作节拍相配合。工件在离开感应加热器时总是具有相同的温度。由于感应加热时间短，只形成少量的、松散附着的氧化皮，因此，在随后的热成形中，避免了氧化皮凹坑。均匀的温度和氧化皮很少主要是有助于保护模具。通过均匀的节拍，如同在感应加热时能达到的，使工件按强制的顺序送进，因而得到较高的生产能力。

因为在感应加热时，热是在工件内部自行产生的，所以热传导能力小的高合金材料可快速加热，而不产生由于外部传入热量时形成裂纹的危险，即如在一般锻工炉内加热时所出现的现象。因此，这种方法也适用于对过热和过多时间加热敏感的材料。

1、电工技术部分

1.1 感应加热器

感应加热器是一个由水冷却铜管绕成的线圈，铜管线圈环绕着工件需加热的部分，并尽可能与工件的形状相一致。工件位于感应器作用范围内的那部分被加热。螺旋线圈从线圈开始到末尾形成的内部空间称之为作用范围。

加热分为全部工件的加热（整体加热）和工件一部分加热（局部加热），可分别根据功率、加热时间和感应加热器的结构、使温度急剧地或平稳地下降至未加热部分。

多匝数的感应加热器可以直接与电源连接，少匝数的感应加热器可以通过一个变压器与电源连接。如果考虑到加热长度，可以设计较多匝数的线圈。因为省去了具有损耗的变压器，所以这种结构是优先采用的。但从另一方面讲，变压器的分接开关具有使感应器电压降得较低的优点。

1.2 感应加热器的衬套

为了使感应加热器绝缘和绝热，并用来接受和传递工件，感应加热器设有衬套。为此，可以使用石棉、云母、陶瓷的和耐高温的金属材料。金属衬套可以接地。

1.3 感应加热器与工件的匹配

1.3.1 与工件断面的匹配

当感应器尽可能紧密地包围工件，也就是使耦合距离很小时，感应器具有最大的效率。随着耦合距离的增大，效率近似地按照指数函数降低。最小的耦合距离由衬套的厚度而定，其厚度根据操作要求大约为5~12毫米。从经济角度考虑，在为某一工件直径而设计的感应器中不应加热直径较小的工件，这一点按其意义也同样适用于其他断面形状。

如果从工件的断面角度看，生产纲领是频繁变化的，便根据件数校核一下要使用多少不同的感应器。

感应加热器可能达到的效率在70%和85%之间。

1.3.2 要求的感应加热器长度

局部加热时，感应加热器的长度以工件加热长度为准。

对主要用于连续生产方式中的整体加热，考虑到功率因素和送料速度，感应加热器的长度应这样选择，使得工件全部透热而无过热（见第3节）。

1.4 室内安装

当带有电容器组的感应加热器适宜安置在热成形机旁侧时，变频器可置于较远处，例如放置在企业（工厂）的动力中心。开关设备可根据需要进行设置。根据能量需求有可能在一个中频电缆上接上多台变压器，给不同的热成形机用的感应器供电。（见第1.7条）

1.5 效 率

按断面的大小和所希望的深度效应来选择频率。加热层的深度不仅取决于频率，而且同样取决于加热时间，材料的导热性，以及工件表面每 cm^2 加热的功率密度 KW 。

表1示出了工件断面的尺寸范围和各种材料在其热变形温度时适宜的频率。必须注意的是，可以低于或超过给出的数值范围，但是效率会降低。这些值是适用于实心材料和给出直径的圆形材料，或给出边长的方形材料。对于板状材料，下限适用于短边长度。工件的加热长度对于频率的选择没有影响。

表1 工件截面的尺寸范围与各种材料在其热成形温度时的频率的关系。

频 率	钢1200℃	黄铜800℃	铝-AL合金500℃	铜850℃	
电网频率 50Hz	150 - ※) mm	110 - ※) mm	52 - ※) mm	※) mm	
申频	500Hz	60—250 mm	37—440 mm	16 mm	820 mm
	2000Hz	301—20 mm	18—210 mm	8 mm	410 mm
	5000Hz	20—85 mm	11—130 mm	5 mm	260 mm
	10000Hz	14—60 mm	9—100 mm	3.5 mm	180 mm
高频	450KHz	2.5—8 mm	1.01—5 mm	0.5 mm	26 mm
	1.0MHz	1.5—6 mm	0.8—12 mm	0.35 mm	18 mm

※)直至实际出现的直径

1.6 要求的功率

由图1的图表中，得出各种材料在热成形温度范围内烧透1kg材料所需消耗的电能。在

这里是以感应加热器的平均效率作为基础的；因此这些数字应被视为参考值。

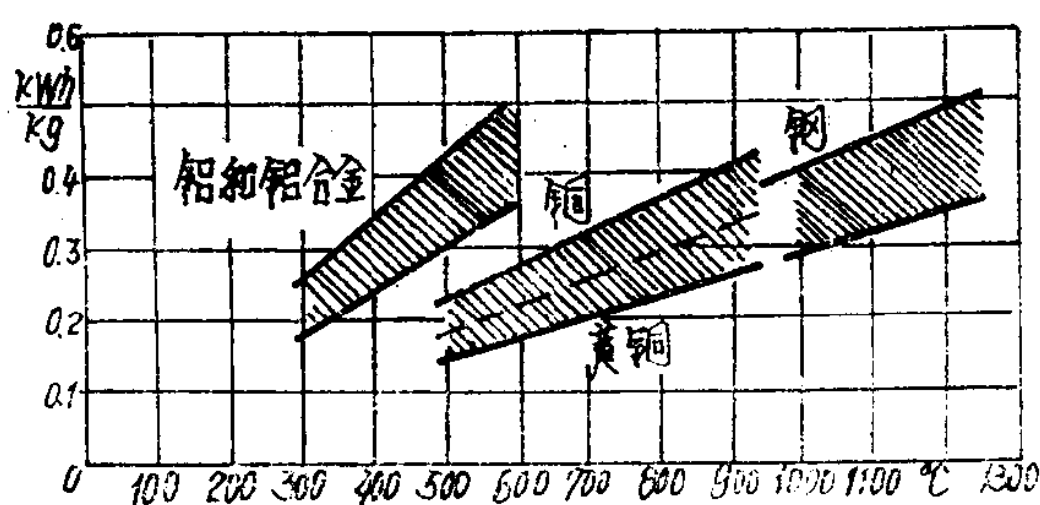


图1 能量消耗 (为KWh/kg) 与各种材料温度的关系。

对于局部加热，只计算了工件需要加热部分的重量。由于热量流入不需加热部分，因此数值应该增高。

考虑到每小时生产能力kg/h，从给出的能量消耗数 (图1) 得出每台设备的要求功率。

例如：把钢加热至1200°C能量的平均消耗0.43KWh/kg (根据曲线图)

假设生产能力200kg/h，因此得出所要求电源功率 $0.43 \cdot 200 = 86\text{KW}$

1.7 设备利用

图1表示的值是在现有设备充分利用的前提下有效。

变频器在额定负载时，具有最高的效率。由表示变频器效率与负载关系的图2中可以看出，在 $\frac{1}{4}$ 额定负载以下工作是不经济的。因此，当生产能力波动很大时，在考虑购置费用时，就要反复核算是否可以用多台小型设备来代替一台大型设备。这些小型设备必要时，可以在一个集中发生器系统上工作 (见1.4条)

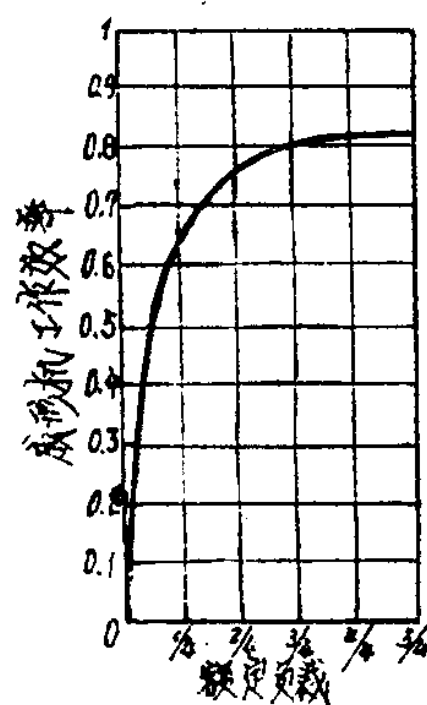


图2 变频器效率 η 与负载的关系

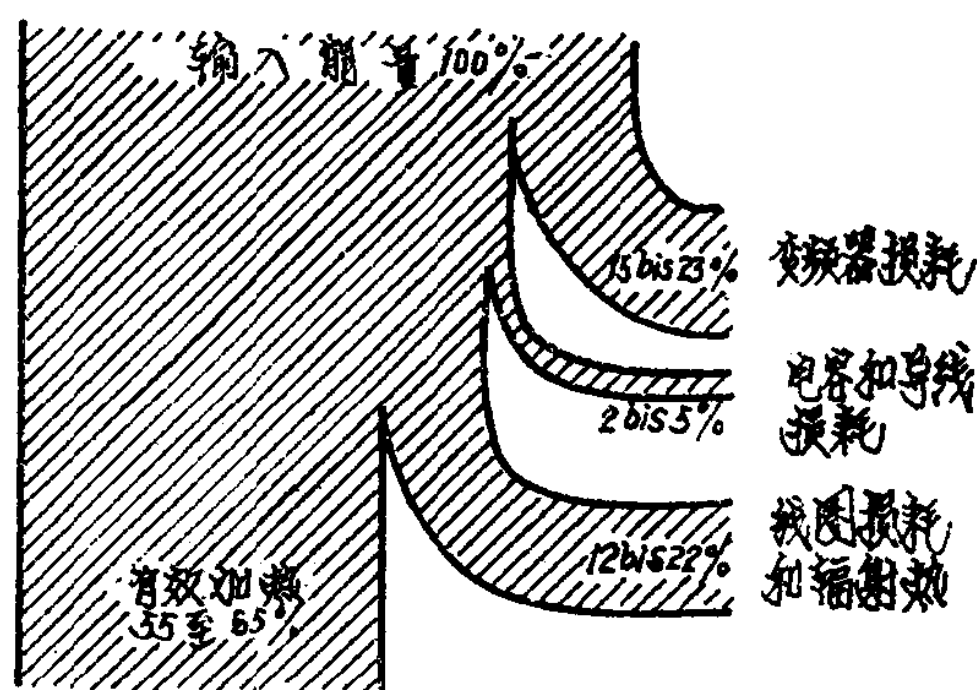


图3 中频设备输入能量在有效加热和各种损耗上的分配比例

1.8 能量分配

图3示出了从电源输入的能量在有效加热和各种损耗中上的分配比例。从损耗中，计算出设备的冷却水的消耗。从冷却回路中流出的冷水温度应尽量不要超过60°C。

当回水和进水之间的温差为40°C时，所要求的冷却水量为：

$$Q = 21Nv \text{ 为 } 1/h \text{ 或}$$

$$Q = 0.35Nv \text{ 为 } 1/min$$

N_v 通过冷却水消耗的损耗功率, KW。

1.9 钢制工件的透热时间

在感应加热器内加热时, 透热时间比在煤气锻造加热炉中要短得多。因为工件内的热是自行产生的, 并且在一秒钟内, 在 1cm^2 表面上传导的能量(功率密度)可选择较大些。

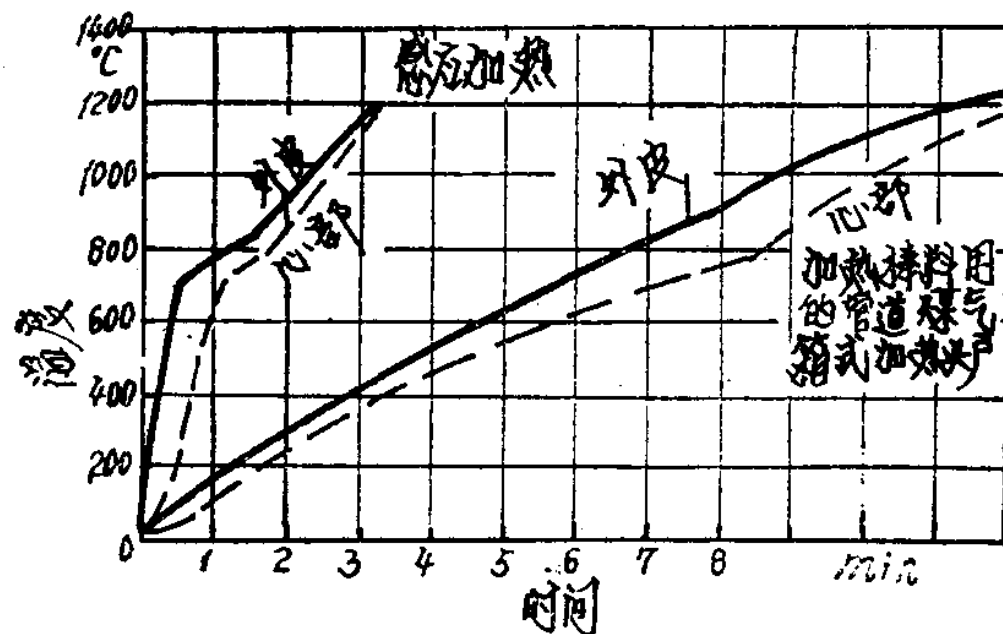


图4 在感应加热器内和管道煤气箱式炉内加热圆钢时, 外部温度和心部温度随时间的变化过程。

钢C45, 460mm

频率2400Hz, 平均功率密度 $50\text{W}/\text{cm}^2$

炉子温度 1300°C 。

图4 示出了直径为60mm的圆钢在2400Hz的感应加热器内和管道煤气加热箱式炉内加热时, 外部温度和心部温度随时间的变化过程。

为了避免工件表面的过热, 平均的功率密度, 不允许超过值

$$\frac{n}{d} \approx \frac{300}{d}$$

此处: n 平均功率密度为 W/cm^2

d 工件直径为cm

在这个前提下和在使用适当的频率时(见表1), 用以下经验公式计算非合金钢和低合金钢在心部最低温度约 40°C 时感应加热到 1200°C 的透热时间:

$$t \approx \frac{1}{11} d^2 \quad (4)$$

t 透热时间为分

d 工件直径为cm

例如:

工件直径 $d = 65\text{mm}$

因而计算出

$$n = \frac{300}{6.5} = 46\text{W}/\text{cm}^2$$

$$t = \frac{1}{11} \cdot 6.5^2 = 3.9\text{min}$$

由于高合金钢导热性较差透热时间要比较长些。

2. 往感应加热管中送入材料

2.1 手工送料

棒材端部加热时，往感应加热器内送料，可以如图5所示，用手工进行。

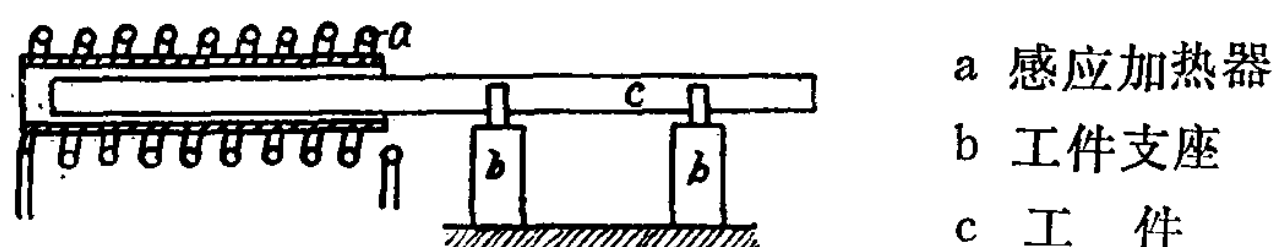


图5 局部加热时的手工送料

2.2. 整体加热时的机械化送料

以自动送料和顶料装置最受欢迎。用简图示出了两种结构形式。在图6中，料块叠放在料槽内，这些料块是通过一个斜滑道送入料槽的。通过堆料装置，把料块送入感应加热器的工作区，并且在通过之后，落入接料槽。较新的设备是根据步进式送料系统工作的。材料放在水冷支承架上，送进感应加热器的工作空间。

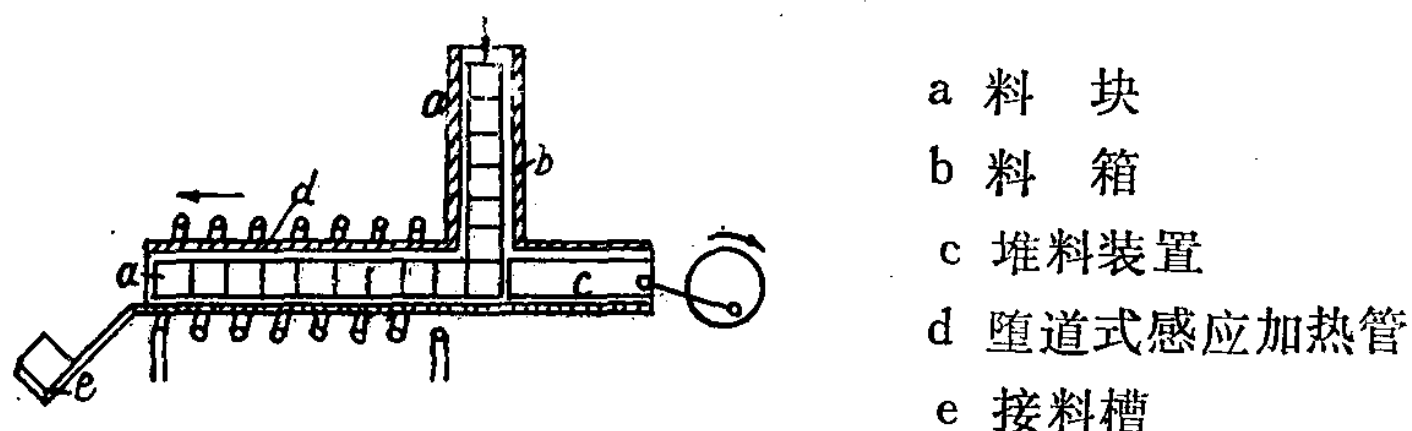


图6 整体加热和脉冲传动的料箱送料

2.3 局部加热的机械化送料

可把棒料端部机械地推入到感应加热器中，并且在加热以后重新取出，或是把棒料放在支架上，使感应加热器移动到需加热的端部上。

棒材端部的局部加热也可以使用全自动设备。

3. 工作节拍

如果在局部加热时，材料透热时间长于热成形机的节拍时间，则要配备多台感应加热器，这些感应加热器交替使用，以保持工作节拍。

在连续的整体加热时，可通过改变送进量来与工作节拍配合。但是，感应加热器长度和功率密度的选择应保证透热（见第1.3.2款）。

4. 在各种热成形工艺时的应用

4.1 棒材的锻造棒材和管材端部的锻造

这里，原材料只是在一端进行加热。在由锻造棒材时，是一火锻一件还是锻多件，与模膛长