

文章编号: 1673-0062(2009)04-0027-04

## 圆片药物冲模的热处理工艺研究

樊湘芳, 叶江

(南华大学机械工程学院, 湖南衡阳 421001)

**摘要:** 药物冲模是用于将药粉冲压成形的一种模具, 为控制药物剂量在一定的允差范围内, 对冲模的尺寸精度、耐磨性能及抗冲击性能要求很高. 本文对药物冲模的常规热处理工艺和失效行为进行分析, 并采用激光相变硬化法对药物冲模进行试验, 结果表明: 激光相变硬化法较传统热处理方法可改善药物冲模的力学性能, 提高其使用寿命 20% 以上.

**关键词:** 激光相变硬化; 药物冲模; 热处理

**中图分类号:** TG156.99      **文献标识码:** A

## Study on Heat Treatment of Tablet Punch Die

FAN Xiang-fang YE Jiang

(School of Mechanical Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

**Abstract** The tablet punch die is one kind of mold used in medicinal powder stamp forming. In order to control medicine dosage in allowable deviation scope, the demand for die's size precision, wear-resisting performance and anti-impact properties is very high. In this article, conventional heat treatment of this kind of die and its failure behavior are analyzed, and phase transformation method by laser was adopted to harden the die. The results indicate that the phase transformation hardening by laser can improve the mechanical properties of tablet punch die compared with traditional heat treatment method, and enhance its service life above 20%.

**Key words** phase transformation hardening by laser; tablet punch die; heat treatment

### 0 引言

用于药物粉末冲压成形的冲模, 因成形过程

中受到冲压力、磨损、药粉的腐蚀、药物剂量限制等多种因素的影响, 常出现早期失效, 一般规定, 长度磨损超过 0.15 mm 后就报废<sup>[1-2]</sup>. 热处理工

收稿日期: 2009-09-08

作者简介: 樊湘芳 (1963-), 女, 湖南祁阳人, 南华大学机械工程学院副教授, 硕士. 主要研究方向: 材料成型与控制工程, 金属材料表面改性.

艺是影响冲模使用寿命的主要因素之一。常规的冲模强化处理工艺有普通热处理(如淬火、回火等),化学热处理(如渗碳、渗硼等),表面复合处理(如堆焊、热喷涂、电火花表面强化、PVC和CVD等)以及表面加工强化处理(如喷丸)等,这些方法都能在一定程度上提高冲模的性能,但大多工艺复杂,处理周期长,且处理后冲模存在较大的变形,需精加工才能使用。采用激光相变硬化法局部强化处理冲模,可得到高硬度的表面硬化层,工艺周期短,自冷硬化,无需冷却介质,工作环境洁净,现越来越受到重视<sup>[3]</sup>。

## 1 冲模失效形式

图1为GCr15钢制作的圆片药物冲模,模具成对工作,把药粉冲压成圆片形的成药。模具在使用过程中,凹R工作面受到磨损、冲击力和药粉腐蚀。失效的主要形式为工作面磨损伴随疲劳,凹R工作面刃口部位出现磨损沟痕后,加剧疲劳裂纹的形成,凹R工作面的粗糙度也会随之恶化,最终形成缺口或磨损超标,使冲出来的药片形状变得不规则或药片剂量出现误差,因此,制药厂规定其磨损长度超过0.15 mm后,冲模就不能再工作。

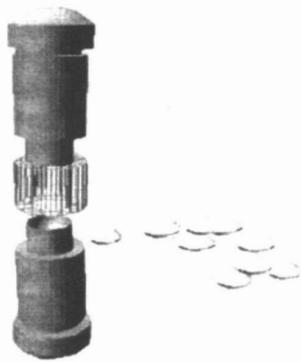


图1 圆片药物冲模

Fig 1 Tablet punch die

## 2 选材与工艺分析

热处理方法往往因不同材料而异。某生产厂制作药物冲模选择材料为GCr15钢,其化学成分见表1。

GCr15钢一般用于制作滚动轴承,因其化学

成分和性能有一些特点,也用于制作冷冲模。从表1可以看出,GCr15钢中含C量高,是为了保证钢经热处理后具有高硬度和获得一定量的高耐磨性的合金碳化物。钢中的Cr为主要合金元素,可提高淬透性并与C形成合金渗碳体 $(Fe,Cr)_3C$ ,阻止奥氏体晶粒长大,淬火后获得细小的隐晶马氏体组织,提高钢的强度、韧性及接触疲劳强度。Cr含量常控制在1.3%~1.65%,Cr含量若过高,会增加残余奥氏体量,降低钢的强度和硬度<sup>[4]</sup>。因此,选GCr15钢制作药物冲模时应严格控制材料中的Cr含量。

表1 GCr15的化学成分(w%)

Table 1 Chemical composition of the steel GCr15(w%)

	C	Cr	Mn	Si	Fe
GCr15	1.01	1.47	0.32	0.21	Bal

该厂在试制过程中曾采用2种工艺方案处理药物冲模,分析如下:

工艺方案1:下料(棒料)→球化退火→车→淬火→回火→磨→检验→成品。

工艺方案2:下料(棒料)→球化退火→车→淬火→冷处理→回火→磨→低温时效→检验→成品。

工艺方案中的球化退火是为了降低钢的硬度,以利于切削加工。退火组织对冲模的疲劳强度、韧性和耐磨性有较大的影响,经退火后钢的组织为铁素体和均匀分布的细粒状碳化物。碳化物细小、均匀、完全球状化的退火组织毛坯,用来加工药物冲模,能降低表面粗糙度并提高切削加工效率。淬火和低温回火是决定冲模性能的主要热处理工序。图2为淬火温度对GCr15钢的性能影响,从图2可以看出,对GCr15钢,淬火温度要求十分严格,在825~845℃之间,如果淬火加热温度过高会使残余奥氏体量增多,并由于过热而形成粗大的片状马氏体,使钢的疲劳强度及韧性降低,温度过低则硬度不足。方案1采用淬火后立即回火,回火温度为150~160℃,保温2~3 h,回火后的组织由极细的回火马氏体、均匀分布的细粒状合金渗碳体及少量残余奥氏体组成,硬度为HRC62左右。方案2增加了冷处理和低温时效工

序, 考虑到药物冲模对尺寸的稳定性要求很高, 而残余奥氏体和内应力的存在会使其在使用过程中产生尺寸变化, 因此淬火后立即进行低于  $-60^{\circ}\text{C}$  的冷处理, 以减少残余奥氏体量, 然后再低温回火消除冷处理时的内应力, 并于磨加工后在  $120\sim 130^{\circ}\text{C}$  温度进行  $10\sim 15\text{ h}$  的低温时效处理, 进一步提高尺寸稳定性。

从热处理角度分析, 这两种工艺方案都是可行的, 该厂对每道热处理工序的工艺参数和质量都进行了严格的控制, 有一定的合理性。但两种工艺处理的药物冲模, 经上线生产试用发现, 使用寿

命均偏低, 损坏部位大多发生在药物冲模凹 R 工作面刃口部位, 从图 1 可以看出, 药物冲模刃口是一变截面。刃口尖角和曲面交界处, 采用整体淬火时易产生应力集中, 成为微裂纹的起点, 从而加快冲模的磨损。工艺方案 1 处理的冲模较易损坏; 工艺方案 2 处理的冲模基本上能达到一般国产药物冲模水平, 可使用  $13\sim 15\text{ d}$  (8 小时工作制, 两班倒连续作业)。增加的冷处理和低温时效工序, 因减少了残余奥氏体量, 提高了尺寸稳定性, 对保证药片剂量的一致性有利。

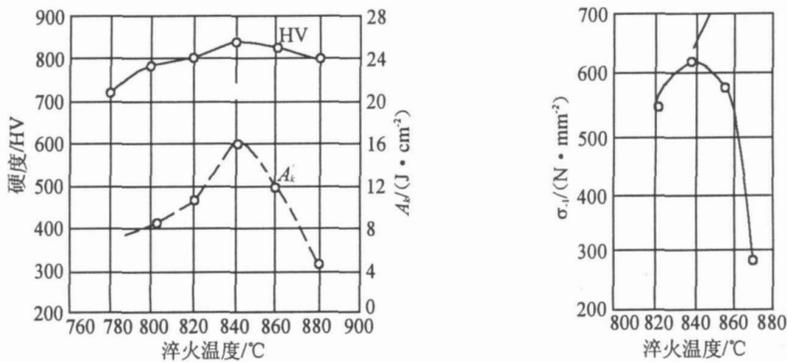


图 2 淬火温度对 GCr15 钢的性能影响

Fig 2 Influence of quenching temperature on properties of steel GCr15

### 3 激光相变硬化试验

#### 3.1 试验方法

为改善冲模性能, 提高其使用寿命, 对工艺方案进行重新设计, 采用先进的激光相变硬化技术代替常规的淬火工序, 对冲模工作部位进行激光扫描。试验设备:  $\text{CO}_2$  激光器。

#### 3.2 工艺参数选择及优化

工艺参数主要有激光器输出功率  $P$ 、光斑大小  $D$  及扫描速度  $V$ , 在其它条件一定的情况下, 工艺参数  $P$ 、 $D$ 、 $V$  之间可以相互补偿, 可通过适当调整来满足不同的要求。激光能量密度的计算公式:  $\eta = 4P / (\pi D V)$ , 式中  $\eta$  为作用于材料表面的激光能量密度, 很明显, 能量密度是由  $P$ 、 $D$  和  $V$  共同决定的。

根据以往试验工作经验及参考文献 [1-2], 确定  $P$ 、 $D$ 、 $V$  参数, 本试验先预定等效光斑直径  $D$  为  $4\text{ mm}$ , 扫描速度  $V$  为  $12.7\text{ mm/s}$  以  $P$  为变量,

取 3 个水平, 作正交试验, 激光功率  $P$  取值分别为  $1\ 000\text{ W}$ 、 $1\ 500\text{ W}$ 、 $2\ 000\text{ W}$ 。试验后经体视显微镜观察发现: 参数为激光光斑直径  $\varnothing 4\text{ mm}$ 、激光功率  $1\ 500\text{ W}$ 、扫描速度  $12.7\text{ mm/s}$  的试样外观效果最好, 故取该参数加工样品, 并进行金相显微分析。

#### 3.3 试验结果

在本试验条件下, 处理后冲模的硬度测三点平均值可达到 HRC67.8 凹 R 工作面刃口部位的金相组织为: 隐针状马氏体 + 少量细小针状马氏体 + 弥散分布的细小碳化物 + 少量的残余奥氏体。如图 3 经上线试验, 冲模使用寿命为  $18\sim 19\text{ d}$ , 寿命提高约  $20\%\sim 30\%$ 。

#### 3.4 结果分析

采用激光相变硬化法, 它是高能密度的激光束快速照射冲模工作部位, 其表面瞬间吸收光能并立即转化为热能, 使表层组织奥氏体化, 此时基体仍处于冷态并与加热区之间有较高的温度梯

度, 停止激光照射, 加热区急冷而发生自冷淬火, 表层发生马氏体转变, 这种马氏体晶粒十分细化, 具有比常规淬火更高的缺陷密度, 含碳量高, 残余的奥氏体含碳量也高, 从而使加热区的性能大大提高<sup>[3]</sup>.

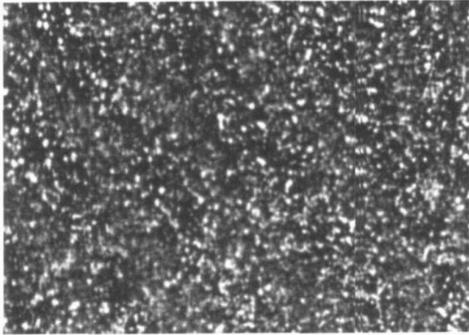


图 3 刃口部位的金相组织 500×

Fig 3 Metallographic structure of cutting edge 500×

冲模的失效受诸多因素的影响, 其中磨损失效的原因, 主要是表面硬度和碳化物的性质、大小、分布和数量, 经激光处理后的碳化物呈弥散分布的颗粒状, 量多且分布均匀, 同时因硬度较常规热处理工艺高, 且表面层无明显梯度变化, 残余应力低, 可减少微裂纹的产生和发展, 有利于提高耐磨性和抗冲击疲劳性能。

## 4 结论

1) 药物冲模凹 R 工作面和刃口部位的磨损, 加剧疲劳裂纹的形成, 恶化粗糙度, 最终形成缺口或因磨损量超标而失效;

2) 用 GCr15 钢制作的药物冲模采用常规热处理工艺处理, 使用寿命偏短, 增加冷处理和时效处理工序可提高冲模使用寿命;

3) 采用激光相变硬化法处理冲模工作部位, 较普通热处理淬火可提高硬度 4~5HRC, 且组织细化, 使用寿命延长 20% 以上。

### 参考文献:

- [1] 邹湘军, 樊湘芳, 石世宏, 等. 圆片冲头零件激光淬火工艺实验 [J]. 激光技术, 2002, 26 (1): 68-70
- [2] 邹湘军, 娄燕, 石世宏, 等. GCr15 钢药物冲头的磨损和工艺改进 [J]. 金属热处理, 2002, 27 (5): 50-52
- [3] 张光钧, 李军, 李文戈. 激光表面改性的发展趋势 [J]. 金属热处理, 2006, 31(11): 1-7.
- [4] 于永泗, 齐民. 机械工程材料 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2007
- [5] 刘江龙. 高能束热处理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.