

锻造

基于正交试验的内六角冲头磨损分析及工艺参数优化

莫 杰¹, 刘 坚¹, 李 旋¹, 郑琼娥²

(1. 湖南大学 机械与运载工程学院, 湖南 长沙 410082; 2. 深圳航空标准件有限公司, 广东 深圳 518109)

摘要: 为了减少某车用内六角螺栓头部冷镦成形冲头的磨损量, 基于 Archard 磨损理论对其进行了研究。以降低冲头磨损量为主要目标, 选取冲头的锥面角度、冲头硬度、摩擦因数、进给速度为试验因素, 设计了 $L_{16}(4^4)$ 正交试验并采用 DEFORM 进行了有限元仿真。通过对试验结果进行极差分析与方差分析, 得到各因素对于冲头磨损的影响程度顺序为: 冲头锥面角度>冲头硬度>摩擦因数>进给速度; 最优工艺参数组合为: 冲头锥面角度为 25° , 冲头硬度为 67 HRC, 摩擦因数为 0.10, 进给速度为 $100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, 在最优参数组合下, 冲头的磨损量由 $3.39 \times 10^{-6} \text{ mm}$ 降低至 $2.16 \times 10^{-6} \text{ mm}$ 。研究结果表明, 冲头磨损主要发生于冲头锥面与冲头韧带的连接处, 优化后的工艺参数使冲头的磨损量降低, 对同类型冲头磨损的研究具有参考意义。

关键词: 冷镦成形; Archard 磨损理论; 内六角冲头; 模具磨损; 锥面角度; 冲头硬度; 进给速度

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2022.09.001

中图分类号: TG375 文献标志码: A 文章编号: 1000-3940 (2022) 09-0001-06

Wear analysis and process parameter optimization on hexagon punch based on orthogonal test

Mo Jie¹, Liu Jian¹, Li Xuan¹, Zheng Qiong'e²

(1. HNU College of Mechanical and Vehicle Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;

2. Shenzhen Aero-fasteners Mfg. Co., Ltd., Shenzhen 518109, China)

Abstract: In order to reduce the wear amount of the cold upsetting punch at the head of hexagonal bolt for a vehicle, the Archard wear theory was used to research it. Then, taking reducing the punch wear amount as the main objective and selecting cone angle of punch, punch hardness, friction factor and feeding speed as the test factors, $L_{16}(4^4)$ orthogonal test was designed, and finite element simulation was performed by DEFORM. Furthermore, the influence degree order of each factor on the punch wear was obtained by the range analysis and variance analysis of the test results, that is cone angle of punch>punch hardness>friction factor>feeding speed, and the optimal process parameter combination was the punch cone angle of 25° , the punch hardness of 67 HRC, the friction factor of 0.10, and the feeding speed of $100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Under the optimal parameter combination, the wear amount of punch was reduced from $3.39 \times 10^{-6} \text{ mm}$ to $2.16 \times 10^{-6} \text{ mm}$. The results show that the punch wear mainly occurs at the connection between conical surface of punch and ligament of punch. Thus, the optimized process parameters reduce the wear amount of punch, which has reference significance for the research on the wear of the same type of punch.

Key words: cold upsetting; Archard wear theory; hexagon punch; mold wear; cone angle; punch hardness; feeding speed

圆柱头内六角螺栓是一种在汽车、航空、船舶、工程机械、数码产品等领域的常用标准件, 随着制造业的发展, 该产品的需求也逐年递增。某车用圆柱头内六角螺栓采用 SCM435 钢材料、利用冷镦方

式进行加工, 成形方式主要包括正挤压、反挤压和复合挤压; 六内角孔成形时金属流动方向与冲头进给方向相反, 成形方式为反挤压成形。使用有限元仿真方法对冷挤压成形进行研究是一种常见的研究方式。国内外学者对该领域进行了相关研究: 刘俊英^[1]对车用锁紧螺母的冷镦成形进行了研究, 基于仿真和试验结果得到了影响模具磨损的最优参数组合; 裴未迟等^[2]基于 DEFORM 对电机轴的开式冷挤压成形进行了仿真, 给出了可行的工艺参数范围; 赵志繁等^[3]对六角法兰面螺母冷镦成形进行了仿真, 仿真结果与试验结果一致, 验证了 DEFORM 仿真的可行性;

收稿日期: 2021-08-19; 修订日期: 2021-11-23

基金项目: 国家自然科学基金创新研究群体基金资助项目 (51621004)

作者简介: 莫 杰 (1996-), 男, 硕士研究生

E-mail: mojie@hnu.edu.cn

通信作者: 刘 坚 (1975-), 男, 博士, 教授, 博士生导师

E-mail: liujian0108@vip.163.com

Kim T H 等^[4]对于螺栓坯料的缩径模具磨损进行研究,采用 Archard 磨损模型和有限元方法进行了模具磨损的分析;正交试验是模具磨损分析与工艺优化中常用的方式,朱晟平等^[5]确定优化目标为模具磨损深度和模具最大应力,通过设计正交试验,得到了优化结果,对同类型冷锻加工成形具有指导意义。

本文采用基于 Archard 磨损模型的 DEFORM 有限元分析软件对某车用圆柱头内六角螺栓的成形过程进行仿真。螺栓头部成形过程中,头部内六角成形所消耗的能量最大且成形较为复杂,且由于主要为反挤压成形,此时螺栓头部产生加工硬化,所需加载力增大,头部内六角孔成形冲头的磨损严重,使用寿命短。通过有限元建模、仿真的方式对头部成形进行工艺参数的优化设计,采用正交试验^[6-7]的方法,以冲头锥面角度^[8]、冲头硬度、摩擦因数和冲头进给速度为试验因素,以冲头磨损量为主要优化目标进行正交试验,以改善冲头的磨损情况,提高冲头的使用寿命,并寻求最优工艺参数组合。

1 有限元模型建立及变形力预测

1.1 冲头磨损模型建立

磨损是冲头失效的主要因素,本文主要针对内六角成形冲头的工艺参数优化,降低磨损量,提高冲头寿命。Archard 磨损模型中,模具的磨损量与模具的磨损系数、模具表面压力、相对滑动距离呈正相关,与模具硬度则呈负相关,磨损量的表达式为:

$$W = \int K \frac{P^a v^b}{H^c} dt \quad (1)$$

式中: W 为磨损量; K 为磨损因子, $K = 2 \times 10^{-6}$; P 为界面压力; v 为速度; H 为初始硬度; t 为时间; a 、 b 、 c 为材料常数,本文中 $a = b = 1$, $c = 2$ 。

1.2 几何模型建立及仿真设置

螺栓采用 SCM435 钢,其化学成分^[9]如表 1 所示。

表 1 SCM435 钢的主要化学成分 (%, 质量分数)

Table 1 Main chemical compositions of SCM435 steel
(%, mass fraction)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.33~ 0.38	0.15~ 0.35	0.60~ 0.85	≤0.03	≤0.03	0.90~ 1.20	0.15~ 0.30

螺栓外形呈对称性,因此,取 1/6 坯料作为研究对象,通过 Solid Works 创建各工序模具以及坯料的 1/6 三维模型,以 STL 格式导入 DEFORM 进行仿真。工艺过程分为 3 步,分别为镦粗、头部预成形、

头部内六角成形,各工序成形的产品模型如图 1 所示,内六角成形冲头如图 2 所示。

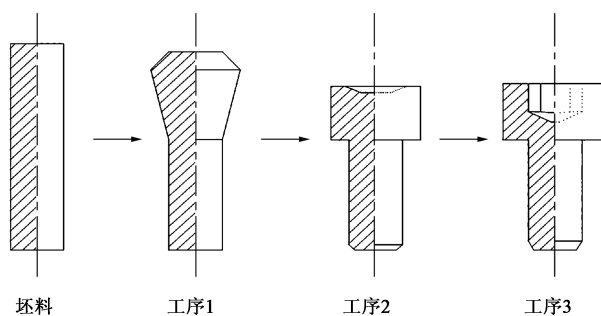


图 1 4 工序成形图

Fig. 1 Four-process forming drawing

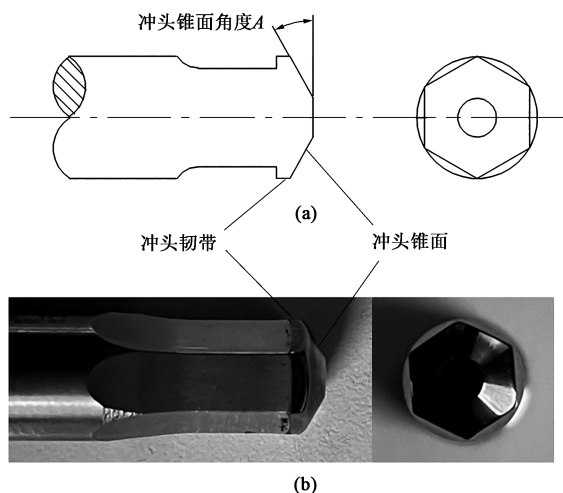


图 2 内六角冲头成形

(a) 冲头设计图 (b) 冲头实物图

Fig. 2 Hexagon punch forming

(a) Design drawing of punch (b) Physical drawing of punch

仿真过程忽略温度变化的影响,坯料设置为塑性体,工序 1 与工序 2 模具均设置为刚体,工序 3 为了了解冲头的磨损规律,将内六角孔成形冲头设置为弹性体,将坯料预划分为 47000 个四面体单元,成形冲头划分为 30000 个四面体网格,并针对冲头与工件接触部分进行局部网格单元细化。工序 3 的有限元模型如图 3 所示。

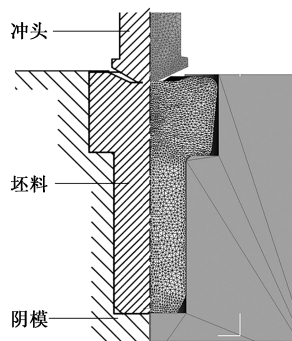


图 3 工序 3 有限元模型

Fig. 3 Finite element model of the third process

2 正交试验及试验结果

2.1 正交试验设计

实际生产中冲头磨损主要发生在冲头锥面与冲头韧带的连接处，在保证满足工件设计要求精度的情况下，选取冲头锥面角度 A 、冲头硬度 B 、摩擦因数 C 、进给速度 D 作为正交试验因素，以冲头磨损量为优化目标，通过设计正交试验并借助 DEFORM 仿真各试验方案的结果，最终选择最优组合参数进行优化。综上设置 4 因素 4 水平 $L_{16}(4^4)$ 正交试验，正交试验的因素水平表如表 2 所示。

表 2 正交试验的因素水平表
Table 2 Factors and levels of orthogonal test

水平	因素			
	$A/(^{\circ})$	B/HRC	C	$D/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$
1	25	61	0.08	10
2	30	63	0.10	60
3	35	65	0.12	100
4	40	67	0.14	140

2.2 正交试验结果分析

正交试验方案及结果如表 3 所示，将各正交试验结果绘制成图 4，由表 3 数据可知，在所有组合中试验方案 3 的工艺参数下冲头的磨损量最小，磨损量为 $2.32 \times 10^{-6} \text{ mm}$ ，各参数设计为：冲头锥面角度为 25° 、冲头硬度为 65 HRC、摩擦因数为 0.12，进给速度为 $100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ，冲头的磨损量为 $2.32 \times 10^{-6} \text{ mm}$ 。对图 4 进行分析，磨损量随着冲头角度的增大呈上涨趋势，同时在考虑其他因素的情况下，磨损量也会受到影响。

2.3 极差分析

为了获得各因素对于冲头磨损量的影响趋势，得到最佳参数组合，对正交试验结果进行极差分析，极差分析的结果如表 4 所示，均值主效应图如图 5 所示。因子的极差值越大，则表示该因子对试验结果的影响程度越大，比较极差分析表中的极差值可知，各因素对于冲头磨损量影响程度的主次顺序为：冲头锥面角度 A >冲头硬度 B >摩擦因数 C >进给速度 D 。从图 5 中可以看出，冲头磨损量随着冲头锥面角度 A 的增大而增大，随着冲头硬度 B 的增大而减小；一般情况下，磨损量随着摩擦因数的增大而增大，而图 5 中磨损量随摩擦因数 C 的增大呈现先上升之后减小的趋

表 3 正交试验的方案及结果

Table 3 Schemes and results of orthogonal test

序 号	因素 $A/(^{\circ})$	B/HRC	C	$D/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	工艺参数 组合	磨损量/ ($\times 10^{-6} \text{ mm}$)
1	25	61	0.08	10	A1B1C1D1	3.02
2	25	63	0.10	60	A1B2C2D2	2.76
3	25	65	0.12	100	A1B3C3D3	2.32
4	25	67	0.14	140	A1B4C4D4	2.40
5	30	61	0.10	100	A2B1C2D3	3.39
6	30	63	0.08	140	A2B2C1D4	2.97
7	30	65	0.14	10	A2B3C4D1	2.57
8	30	67	0.12	60	A2B4C3D2	2.64
9	35	61	0.12	140	A3B1C3D4	3.34
10	35	63	0.14	100	A3B2C4D3	3.07
11	35	65	0.08	60	A3B3C1D2	3.05
12	35	67	0.10	10	A3B4C2D1	2.90
13	40	61	0.14	60	A4B1C4D2	4.02
14	40	63	0.12	10	A4B2C3D1	3.89
15	40	65	0.10	140	A4B3C2D4	3.52
16	40	67	0.08	100	A4B4C1D3	3.26

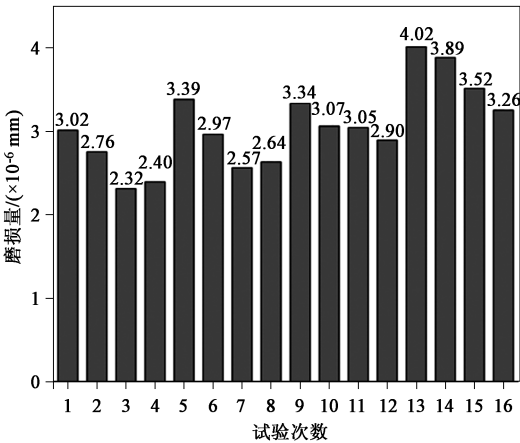


图 4 正交试验结果

Fig. 4 Orthogonal test results

表 4 磨损量的极差分析结果 ($\times 10^{-6} \text{ mm}$)

Table 4 Range analysis results of wear amount ($\times 10^{-6} \text{ mm}$)

因素	A	B	C	D
均值 1	2.625	3.442	3.075	3.095
均值 2	2.893	3.172	3.142	3.118
均值 3	3.090	2.865	3.048	3.010
均值 4	3.672	2.800	3.015	3.057
极差 R	1.047	0.642	0.128	0.108
排序	1	2	3	4
最优方案组合	A1B4C4D3			

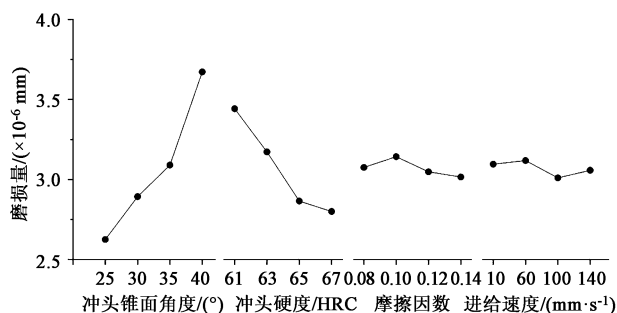


图 5 冲头磨损量正交试验效应图

Fig. 5 Orthogonal test effect diagram of wear amount for punch

势，这是因为该因素与其他因素之间存在交互作用，因而不符合一般规律，同时对进给速度 D 进行分析，其也存在与其他进给速度之间的交互作用。根据对各因素的极差分析结果可知，最优参数组合方案为 $A1B4C4D3$ ，组合参数分别为：冲头锥面角度为 25° ，冲头硬度为 67 HRC，摩擦因数为 0.10，进给速度为 $100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2.4 方差分析

由于极差分析仅关注各因素对于试验结果的影响趋势，无法判断试验误差及各因素对于试验结果的影响是否显著。因此，对正交试验结果采用方差分析进一步剖析。方差分析可以划分数据的总差异，对因素水平引起的差异与试验误差进行统计， F 值是用于确定因素是否与响应相关联的检验统计量，利用 F 值计算 P 值，通过比较 P 值与显著性水平 α ，从而判断各因素与试验结果之间的统计意义是否显著。通常，显著性水平为 $\alpha = 0.05$ ，当 $P < \alpha$ 时，则

该因素在统计意义上显著，当 $P > \alpha$ 时，则该因素在统计意义上不显著。对正交试验进行方差分析，得到表 5 所示的方差分析结果。

表 5 冲头磨损量方差分析结果

Table 5 Variance analysis results of wear amount for punch

因素	自由度	偏差平方和/ ($\times 10^{-12}$)	均方/ ($\times 10^{-13}$)	F 值	P 值
A	3	2.3718	7.906	28.68	0.010
B	3	1.0567	3.522	12.78	0.032
C	3	0.0353	0.118	0.43	0.749
D	3	0.0265	0.088	0.32	0.812
残差误差	3	0.0827	0.276		
合计	15				

根据表 5 方差分析结果可知：各因素对于冲头磨损影响程度的顺序为 $A > B > C > D$ ，与极差分析结果一致；在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 条件下，冲头锥面角度 A 与冲头硬度 B 对冲头磨损的影响显著，摩擦因数 C 及进给速度 D 对冲头磨损的影响不显著。

3 最优方案验证

选取最优参数组合为：冲头锥面角度为 25° ，冲头硬度为 67 HRC，摩擦因数为 0.10，进给速度为 $100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ，通过 DEFORM 对最优参数组合进行仿真，得到冲头磨损对比云图图 6 与实物对比图图 7。

3.1 磨损量对比

将 1/6 冲头模型通过对称边界复制 5 次之后

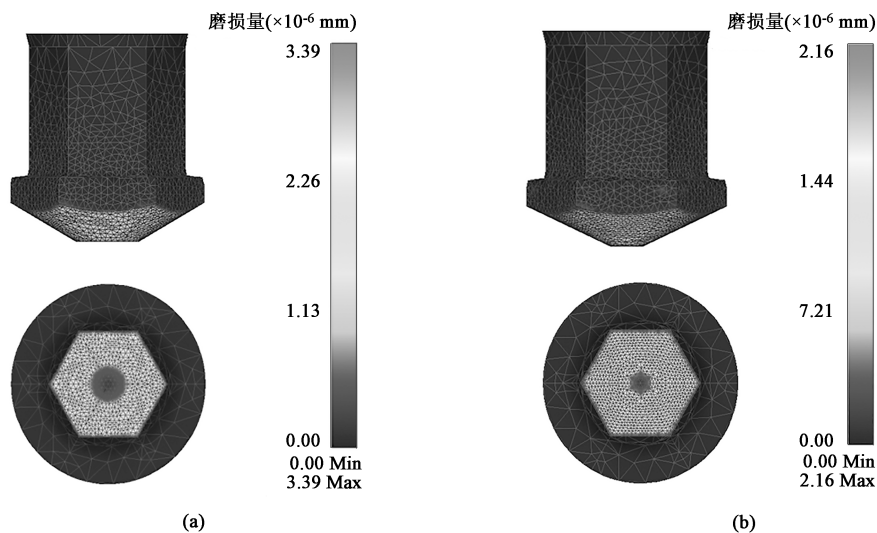


图 6 不同工艺参数下冲头磨损对比

(a) 现行工艺参数 (b) 最优工艺参数

Fig. 6 Comparison of punch wear under different process parameters

(a) Current process parameters (b) Optimal process parameters

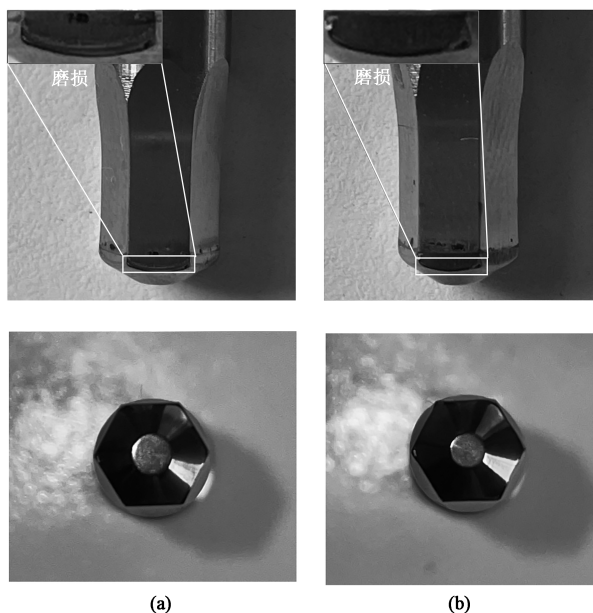


图7 不同工艺参数下冲头磨损实物图

(a) 现行工艺参数 (b) 最优工艺参数

Fig. 7 Physical drawings of punch wear under different process parameters

(a) Current process parameters (b) Optimal process parameters

组合可以得到冲头的完整模型,对现行工艺参数下冲头磨损量与最优工艺参数下冲头磨损量进行对比,由图6可知,冲头磨损主要集中于冲头锥面与冲头韧带之间的连接圆角处,而韧带部分主要为划伤,此处坯料将进行头部六角边形变,应力集中,造成连接处的磨损量增大。由图6a可知,现行工艺参数下冲头磨损集中于连接圆角处,最大磨损量为 3.39×10^{-6} mm,由图6b可知,采用最优工艺参数组合仿真的冲头最大磨损量为 2.16×10^{-6} mm,磨损量减小了36.3%。图7为冲头工作 10^5 件次时的实际磨损对比,图7a为现行工艺参数下的冲头磨损,可见磨损主要存在于锥面与韧带的连接处,与仿真结果吻合,从图7b中方框表示处可看到,最优工艺参数组合下冲头磨损量减小,仅有几处出现点蚀现象。

3.2 加载力对比

在保证工件设计精度的情况下,加载力越小,对于能量的消耗越小,不同工艺参数下,加载力的增长趋势与大小均会有不同的表现。对现行工艺参数与最优工艺参数下的加载力进行分析得到加载力对比图图8,最优工艺参数组合试验中,由于冲头锥面角度减小,导致在成形初始与工件的接触面小于未优化之前,因而接触时加载力降低至281 N,相比现行工艺参数的冲头加载力1132 N降低了75.1%;冲头行程前20%内,优化之后的加载力曲线逐渐逼近未优化的加载力曲线,在冲头行程到达

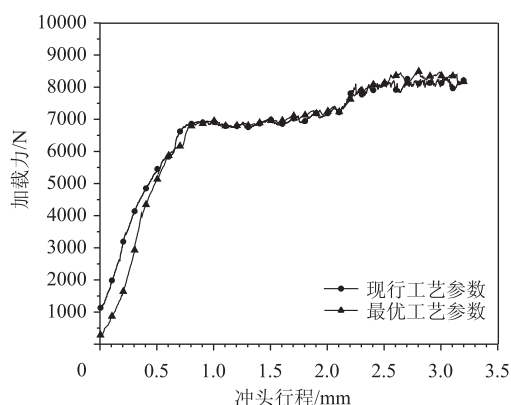


图8 不同工艺参数下加载力对比

Fig. 8 Comparison of loading force under different process parameters

0.7 mm时,两加载力曲线相交,随后工件金属流动至冲头韧带,工件进行内六角成形,加载力均趋于稳定,此阶段为内六角成形主要阶段;随着冲头行程的增大,加工硬化效应增大,加载力随之增大,在成形后期,由于金属硬化导致加载力一定程度增大,除去因网格重划分等因素的影响,整个头部成形过程中,最大加载力达到8207 N。

3.3 仿真金属流线分析

金属在冷挤压过程中,金属组织沿着塑性成形的方向受到挤压,从而在宏观上表现出流线型条纹,即为金属流线,平滑流畅的金属流线可以在一定程度上提高工件的力学性能。宋寅哲等^[10]通过改进螺栓法兰面的预成形设计方法,使金属流线分布更为均匀,提高了模具的使用寿命;苗战等^[11]研究了坯料高径比、挤压速度和摩擦因数等对于金属流线的影 响;苑世剑等^[12]对挤压过程进行了变形分区,使死区缺陷完全消失。

内六角冲头成形时为侧面金属向上流动,中心金属向两侧流动,接触冲头锥面和冲头韧带处的金属流动快,接触阴模处则多为金属流动死区,流动部分金属与未流动金属有较大的速度差,因此,在内外金属流动速度差的影响下,靠近冲头韧带处的金属流线呈现向下弯曲的趋势,而在底部金属向上流动的作用下,呈现出凸形金属流动曲线;对于接触冲头锥面处的金属流动,由于最小阻力原理,金属将沿冲头锥面向两侧移动,而接触锥面处的金属由于摩擦力的影响,金属流动速度要小于未接触冲头锥面的金属流动速度,因此,锥面处的金属流线呈S形,出现明显的金属流线拐角,导致力学性能较弱。由图9可知,优化后工件的中心金属流线较现行金属流线更为缓和,金属流线的拐角更小,且大多出现在成形锥面之上,

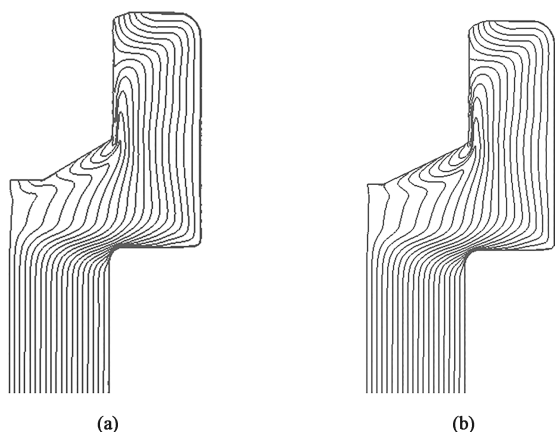


图 9 不同工艺参数下的金属流线图

(a) 现行工艺参数 (b) 最优工艺参数

Fig. 9 Metal streamline diagrams under different process parameters

(a) Current process parameters (b) Optimal process parameters

一定程度上改善了金属流线,提高了工件的力学性能。

4 结论

(1) 基于 Archard 磨损理论,对于某车用内六角螺栓成形进行了有限元建模仿真,通过 DEFORM 仿真软件进行内六角冲头仿真,发现冲头最大磨损集中在冲头锥面与冲头韧带的连接圆角处,与实际冲头磨损发生处吻合。

(2) 对冲头锥面角度、冲头硬度、摩擦因数以及进给速度这 4 个工艺参数进行优化设计,各因素对冲头磨损量的影响程度顺序为:冲头锥面角度>冲头硬度>摩擦因数>进给速度;对正交试验结果进行分析,得到的最优参数组合为:冲头锥面角度为 25° ,冲头硬度为 67 HRC,摩擦因数为 0.10,进给速度为 $100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(3) 采用最优工艺参数组合进行仿真验证,初始加载力由 1132 N 减小至 281 N,减少了 75.1%;冲头行程前 20% 内,优化后的加载力均小于现行工艺的加载力,冲头磨损量由 $3.39 \times 10^{-6} \text{ mm}$ 减少至 $2.16 \times 10^{-6} \text{ mm}$,减少了 36.3%;最优工艺参数下工件的金属流线得到改善,拐点位于锥面下方的流线数量减少。本文对于同类型的内六角冲头成形工艺具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 刘俊英. 基于正交试验的车用螺母成形分析及模具磨损优化 [J]. 锻压技术, 2020, 45 (2): 182-187, 193.
Liu J Y. Forming analysis and mould wear optimization on nuts for vehicle based on orthogonal test [J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45 (2): 182-187, 193.
- [2] 裴未迟, 张玉强, 孟宪举. 基于 Deform 轴类零件台阶圆角开式冷挤压工艺有限元模拟 [J]. 现代制造工程, 2011, (6): 73-75, 83.
Pei W C, Zhang Y Q, Meng X J. Finite element simulation for shoulder fillet of shaft parts in open-die cold extrusion process based on deform [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2011, (6): 73-75, 83.
- [3] 赵志繁, 侯怀书, 钱瑞福, 等. 六角法兰面锁紧螺母冷锻挤成型数值模拟及优化 [J]. 热加工工艺, 2020, 49 (17): 101-104, 107.
Zhao Z F, Hou H S, Qian R F, et al. Numerical Simulation and optimization of cold heading-extrusion of hexagon flange face locking nuts [J]. Hot Working Technology, 2020, 49 (17): 101-104, 107.
- [4] Kim T H, Kim B M, Choi J C. Prediction of die wear in the wire-drawing process [J]. Journal of Materials Processing Technology, 1997, 65 (1): 11-17.
- [5] 朱晟平, 莫帅, 王霄. 基于 Deform 与 Isight 的六角法兰面螺栓冷锻模具设计与优化 [J]. 机械设计, 2019, 36 (3): 50-55.
Zhu S P, Mo S, Wang X. Design and optimization of the cold-heading die for hexagonal flange bolts based on Deform and Isight [J]. Journal of Machine Design, 2019, 36 (3): 50-55.
- [6] 刘瑞江, 张业旺, 闻崇炜, 等. 正交试验设计和分析方法研究 [J]. 试验技术与管理, 2010, 27 (9): 52-55.
Liu R J, Zhang Y W, Wen C W, et al. Study on the design and analysis methods of orthogonal experiment [J]. Experimental Technology and Management, 2010, 27 (9): 52-55.
- [7] 陈庭. 基于正交试验的螺母冲裁成形模具磨损分析及参数优化 [J]. 锻压技术, 2020, 45 (3): 141-145.
Chen T. Wear analysis and parameter optimization in blanking forming for nut based on orthogonal experiment [J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45 (3): 141-145.
- [8] Lin Z, Xia J, Wang X, et al. Optimization of die profile for improving die life in the hot extrusion process [J]. Journal of Materials Processing Tech., 2003, 142 (3): 659-664.
- [9] 雍治文. SCM435 合金冷锻钢线材研制 [J]. 金属制品, 2007, (6): 44-46.
Yong Z W. Research and manufacture of SCM435 alloy wire rod for cold heading [J]. Metal Products, 2007, (6): 44-46.
- [10] 宋寅哲, 金城旭, 任靖日, 等. 基于仿真金属流线的冷锻表面粗糙带预测及改进 [J]. 塑性工程学报, 2019, 26 (4): 55-60.
Song Inchul, Jin C X, Ren J R, et al. Prediction and improvement of rough band of cold forging surface based on simulated metal flow lines [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2019, 26 (4): 55-66.
- [11] 苗站, 张治民, 于建民, 等. 不同参数对铝合金枝杈类构件金属流线的影响及优化 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (2): 105-110.
Miao Z, Zhang Z M, Yu J M, et al. Influence of different parameters on metal streamline of aluminum alloy part with branch and optimization [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (2): 105-110.
- [12] 苑世剑, 李峰, 刘钢. 不同摩擦挤压过程中金属流动行为的变形分区研究 [J]. 金属学报, 2007, (2): 199-204.
Yuan S J, Li F, Liu G. Research of metal flow during extrusion process under different friction condition by deforming area division [J]. Acta Metallurgica Sinica, 2007, (2): 199-204.