

拉深用润滑剂的摩擦系数和压边力的关系研究

何丹农¹, 陶宏之¹, 包向军¹, 阮雪榆¹, 程惊雷², 蒋镜昱²

(1 上海交通大学国家模具CAD工程研究中心, 上海 200030;

2 上海大众汽车有限公司, 上海 201805)

摘要: 采用拉深用润滑剂性能评定模拟试验机研究不同种类的润滑剂在不同压边力值条件下, 拉深过程中的摩擦系数与压边力之间的关系。结果表明, 试验用的油基润滑剂粘度值越大拉深性能越好, 受压边力的影响也越小; 水基润滑剂受压边力的影响明显大于油基润滑剂, 并且存在最佳压边力。

关键词: 拉深; 润滑剂; 压边力; 摩擦系数; 润滑性能

中图分类号: TG3

文章标识码: A

文章编号: 1004-0595(2000)03-0223-03

在冲压拉深过程中, 由于工件与模具表面间的相对运动而产生摩擦, 模具表面被磨损, 工件表面易产生划痕, 在不同程度上影响了产品质量和模具寿命。在一定的工艺条件下, 当摩擦力大到一定的程度, 工件将被拉破。如果在工件与模具之间使用润滑剂或选用性能更好的拉深用润滑剂, 则可能因为润滑剂的作用而使摩擦力减小; 同时随着摩擦力的减小模具表面磨损减轻, 从而提高模具寿命^[1~4]。因此, 保持模具和工件表面处于良好的润滑状况对降低生产成本极为重要; 而选用合适的拉深用润滑剂将在一定程度上改善拉深性能。我们发现, 实验室测试时性能较好的润滑剂在生产应用中不一定有良好的润滑性能, 其原因在于, 润滑剂的使用性能与给定的压边力值的大小有关, 即有的润滑剂对压边力影响较大、有的略有波动而有的基本无影响。我们针对这一现象开展了相关研究工作, 以期工程实际中的润滑剂选择提供指导。

1 试验方法

实验室评定拉深用润滑剂的方法很多。例如: 四球试验机测摩擦系数、圆环镦粗法测摩擦系数以及在二向力的作用下(如平板滑动过程中)测摩擦系数; 或采用条料在弯曲变形过程中测摩擦系数等; 有时还可通过测试拉深过程中的总拉深力来计算摩擦系数等^[5~7]。拉深工件成型过程一般都是在高压作用下且又不断产生新生表面的条件下进行的(即变形部分一般处于三向应力的作用下)^[1,2]。因此, 我们在研究拉深过程中的摩擦时, 必须注意其与机械零件间的摩

擦有很大的差别, 与其它塑性变形过程中的摩擦也有区别。所以, 采用上述方法测得的摩擦系数与实际使用情况会有一定的差别。其主要原因是测试工况与拉深工况不同和计算方法受推导过程中假设等影响, 因此在不同程度上都存在一定的误差。为此我们采用拉深用润滑剂性能评定模拟试验机。这种试验方法是和冲压拉深工况比较吻合的直接评定方法^[8], 其系统结构如图1所示。测试摩擦系数的原理是通过安装在凹

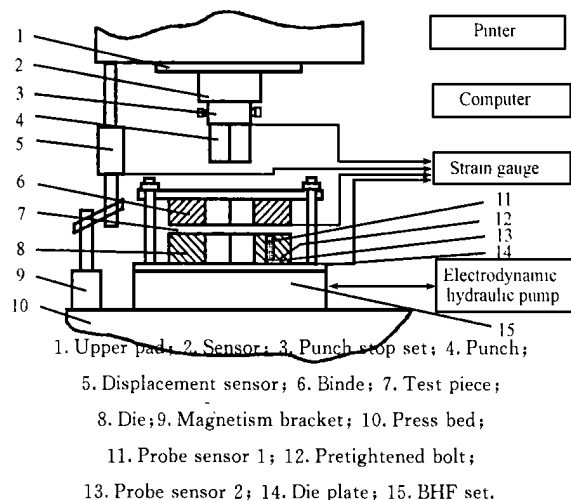


Fig 1 The sketch map of the deep drawing simulator

图1 拉深模拟试验机结构示意图

模上的探针和传感器, 直接测试拉深过程中压边圈下的摩擦系数。

在研究拉深用润滑剂的拉深性能和压边力之间的关系时我们采用的试验方法是: 将试验用模具参数

固定, 试验机速度固定, 压边力选用 $2.3 \sim 3.2 \text{ MPa}$ 五档, 试验坯料同样选用五档 ($88 \sim 96 \text{ mm}$), 试验用润滑剂选用具有同样的添加剂、同样的基础油但粘度值不同的 3 种油基润滑剂 (分别标记为: 1[#]—粘度值较小; 2[#]—粘度值适中; 3[#]—粘度值较大) 以及 1 种水基润滑剂 (标记为 4[#]). 通过改变试验中的压边力值和润滑剂以及试验用坯料, 研究其相互关系

2 试验结果

拉深过程中为了使坯料在成型过程中始终保持稳定状态, 根据产品成型的要求有时需要加压边圈^[1,2,9], 即需要给定一个合适的压边力, 以避免压边力太小时坯料在拉深过程中的起皱和压边力过大使坯料拉破. 一般采用压边圈的条件可根据拉深系数、毛坯的相对厚度 $t/D \times 100$ 或以后各次半成品的相对厚度 $t/D \times 100$ 来确定, 如图 2 所示. 在图 2 中区域

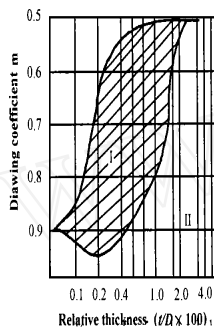


Fig 2 Conditions of using blank hold

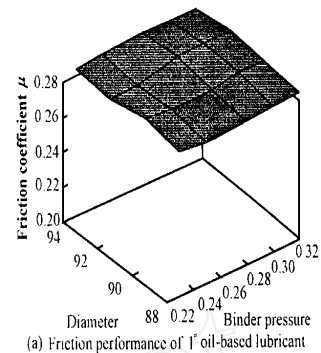
图 2 采用压边圈的条件

I 内须采用压边圈, 区域 II 内可不采用压边圈. 如果拉深工艺中需要采用压边圈, 则须给定一个合适的压边力值, 其大小可以通过以下经验公式来进行计算:

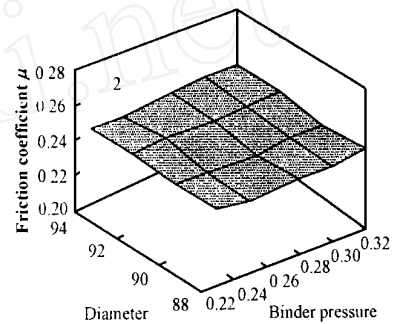
$$P = 48(z - 1.1) \frac{D}{t} \sigma_b \times 10^{-5} \quad (1)$$

式中: z 为各工序拉深系数的倒数; σ_b 为毛坯材料的抗拉强度 (MPa); t 为材料厚度 (mm); D 为毛坯直径 (mm). 但是, 在实际应用中压边力值的正确给定还和拉深过程中使用的润滑剂种类密切相关, 即采用油基润滑剂和水基润滑剂时给定的压边力值不同; 对于油基润滑剂其粘度值大小不同相应的给定压边力值亦有所区别. 因此, 为了保证最佳成型工艺状态, 在确定最佳压边力值大小时, 必须考虑润滑剂的影响. 一般而言, 提高油基润滑剂的粘度, 最大拉深力将会降低, 也就是说临界拉深比将增大. 其原因在于粘度提高, 抗压能力增强, 油膜不易破裂, 使拉深坯料在成型过程中的新生面始终处于润滑状态. 但必须注意的

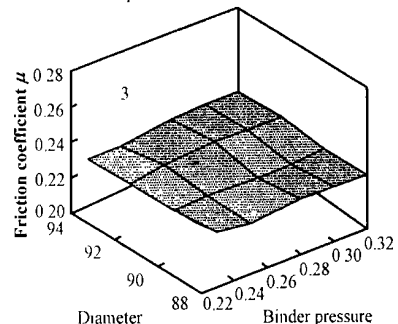
是总拉深力值大小和压边力值的大小密切相关. 因此, 有必要通过拉深试验确定试验用润滑剂的性能与压边力值之间的关系. 如能正确给定板料成型过程中的各种工艺参数, 将有利于改善拉深成型性能, 提高模具寿命, 降低产品的废品率. 实验中选用的润滑剂种类与压边力值的大小对拉深成型过程中的摩擦系数有一定的影响. 将测试结果绘成曲线如图 3 所示.



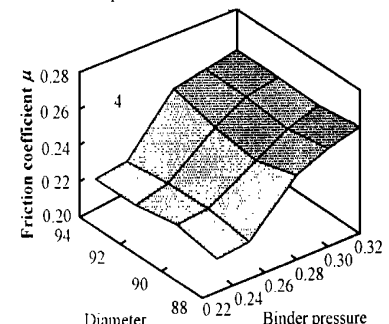
(a) Friction performance of 1[#] oil-based lubricant



(b) Friction performance of 2[#] oil-based lubricant



(c) Friction performance of 3[#] oil-based lubricant



(d) Friction performance of 4[#] oil-based lubricant

Fig 3 The relationship among friction coefficients and blank holder force and blank diameter

图 3 4 种润滑剂的摩擦系数与压边力和坯料直径的关系

从图3(a~c)中可以看出:在每一给定的压边力值条件下,油基润滑剂的粘度值大小与摩擦系数值密切相关,即润滑剂的粘度值越大其摩擦系数越小;油基润滑剂的摩擦系数随压边力值的变化而产生的波动明显小于水基润滑剂;对于水基润滑剂,在试验给定的五档压边力范围内出现相应的最小摩擦系数范围[见图3(d)];此外,不论是油基润滑剂还是水基润滑剂,当拉深坯料的尺寸发生变化时,相应的拉深过程中测得的摩擦系数的变化不明显

3 结论

a 在实验室评定拉深用润滑剂应选用与拉深工况较为吻合的试验机

b 在薄板拉深成型工艺中为了正确给定压边力值,除了应考虑拉深系数和毛坯的相对厚度外,还应考虑所使用的润滑剂种类

c 油基润滑剂粘度值受压边力的影响不明显;水基润滑剂的摩擦系数受压边力值大小的影响明显大于油基润滑剂;在实际生产中必须注意水基润滑剂最佳压边力范围的选定,否则将影响润滑剂的性能

d 实验用坯料的直径变化对摩擦系数的变化基本无影响

参考文献:

- [1] 中川威雄 主编 郭青山译 板料冲压加工[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1982
- [2] 李硕本 主编 冲压工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982
- [3] 常荣福 编著 冲压成形中的摩擦分析[M]. 北京: 航空工业出版社, 1989
- [4] 张光林 编著 冲压加工润滑技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 1996
- [5] ASTM Committee D-2 on Petroleum Products and Lubricants, Standard Practice for Evaluating Sheet Metal Forming Lubricant[M]. New York: ASTM, 1982
- [6] Snickers R J J M, Smits H A A. Experimental set-up and data processing of the radial strip-drawing friction test[J]. Journal of Materials Processing Technology, 1997, 66: 216~223
- [7] Wang Wei, Wangoner R H. A Realistic Friction Test for Sheet Forming Operations[J]. SAE Paper 930807, 1993, 8: 915~922
- [8] 何丹农, 沈利冰, 程鹏 拉深中摩擦系数分布规律的研究[J]. 属成形工艺, 1998, 6: 37~39
- [9] 王孝培 主编 冲压手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988

Research on the Relationship between the Friction Coefficients of Lubricants for Drawing and Blank Holder Force

HE Dan-nong¹, TAO Hong-zhi¹, BAO Xiang-jun¹, RUAN Xue-yu¹, CHENG Jing-lei², JIANG Jing-yu²

(1. National Die & Mold CAD Engineering Research Center, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China;

2. Shanghai Volkswagen Automotive Company Ltd, Shanghai 201805, China)

Abstract: A test rig for simulated evaluation of performance of drawing lubricants was used to examine the relationship between blank holder force and the friction coefficients of various lubricants during drawing. As the results, blank holder force has different effect on the lubricating performance of different lubricants for drawing. Such an effect is more prominent for water-based lubricants for drawing than the oil-based counterparts. The higher the viscosity of a lubricant, the less the effect of blank holder force on the lubricating performance. Moreover, there exists an optimal blank holder force for the best lubricating performance of the drawing lubricants. Thus it is imperative to select appropriate holder force in engineering applications.

Key word: drawing; lubricant; blank holder force; friction coefficient; lubricating performance