



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107490520 A

(43)申请公布日 2017. 12. 19

(21)申请号 201710962290.1

(22)申请日 2017.10.16

(71)申请人 安徽工业大学

地址 243002 安徽省马鞍山市花山区湖东
中路59号

(72)发明人 钱健清 沈翔 石刚 陈志伟
柯彤

(74)专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 蒋海军

(51) Int. Cl.

G01N 3/28(2006.01)

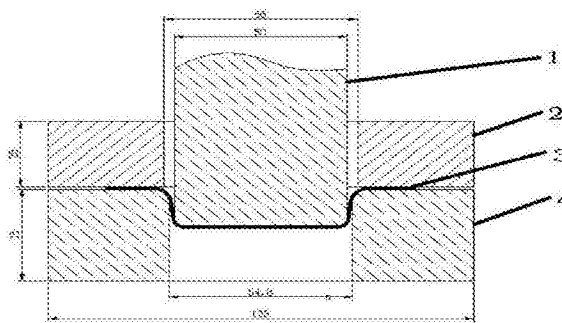
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种薄板极限拉深比的检测方法

(57)摘要

本发明公开一种薄板极限拉深比的检测方法,属于金属板料成形加工技术领域。本发明检测方法首先设计一组四个盒形件圆角各不相同的方形模,然后由压边力公式计算获得最小压边力,通过变化压边力大小获得使盒形件不发生破裂的最小圆角半径和对应的压边力,最后由极限拉深比公式计算对应的极限拉深比。本发明提供的检测方法通过少数几次试验就能获得被试板料的极限拉深比,解决了现有极限拉伸比LDR检测方法中缺少对盒形件拉深的薄板成形性能的综合判断以及所需试验次数过多等技术问题,采用本发明方法6到8次试验就可确定板料的rLDR值,大大减少了试验时间及对试样的需求。



1. 一种薄板极限拉深比的检测方法,其特征在于该检测方法的具体步骤如下:

(1) 准备模具和试样:

所述模具包括改进的方形凸模和与之相配套的凹模和压边圈;

首先确定所述方形凸模边长,所述方形凸模边长的最小尺寸为50mm,最大尺寸由所用试验机参数确定;

其次确定盒形件圆角半径尺寸,盒形件圆角指的是所述方形凸模两个直壁的相交圆角,需要准备数组盒形件圆角半径不同的模具,盒形件圆角半径最小为2.5mm;下一组盒形件圆角半径的尺寸由下面公式确定:

$$r_n = \alpha r$$

式中: r_n :下一组盒形件圆角半径,单位毫米(mm); α :系数; r :上一组盒形件圆角半径,单位毫米(mm);

α 的取值根据测量精度的要求,对于钢铁材料取值为1.2~1.6,对于铝合金、铜合金材料取值为1.1~1.4;

所述方形凸模的四个盒形件圆角半径根据上述公式设计为尺寸各不相同;

所述方形凸模与凹模间隙 c :

$$c = t_{\max} + kt; \text{ 式中 } t_{\max}: \text{ 试样最大厚度, 单位毫米 (mm);}$$

k :间隙系数, k 的取值范围0.2~1.0;

由所述方形凸模尺寸和凸凹模间隙,设计凹模内径尺寸,凹模外径要大于试样外径,凹模外径设计为:

$$D = (2.4 - 3.0) L_p; \text{ 式中 } L_p: \text{ 凸模边长, 单位: 毫米 (mm);}$$

由凹模尺寸可直接设计压边圈相应尺寸,完成模具的尺寸设计;

采用圆形试样,所述圆形试样半径 $R = (1.1 - 1.4) L_p$,式中: L_p :凸模边长,单位毫米(mm);

(2) 测量试样厚度,最少取不同位置的3个点,计算平均值;

(3) 将所述模具安装在试验机上,并将所述圆形试样放置在所述模具的相应位置;

(4) 开启所述试验机,将所述圆形试样压牢,压边力 F_c 根据以下公式计算:

$$F_{p\max} = 3 (R_m + R_e) (D_0 - L_d - r_d) \cdot t_0,$$

$$F_{c\min} = 0.1 F_{p\max} \left(1 - \frac{18t_0}{D_0 - L_d} \right) \left(\frac{D_0}{L_p} \right)^2,$$

$$F_c = \lambda F_{c\min};$$

式中: $F_{c\min}$:最小压边力,单位牛(N); $F_{p\max}$:最大拉深力,单位牛(N); t_0 :圆形试样厚度,单位毫米(mm); D_0 :圆形试样直径,单位毫米(mm); L_d :凹模内圈边长,单位毫米(mm); L_p :方形凸模边长,单位毫米(mm); R_m :抗拉强度,单位兆帕(MPa); R_e :屈服强度,单位兆帕(MPa); r_d :凹模圆角半径,单位毫米(mm);

λ :压边力比例系数,取值从0.5到1.5,间隔0.1, λ 初始取值为1;

(5) 所述方形凸模在接触所述圆形试样后速度控制在5-20mm/min并保持稳定;

(6) 当所述圆形试样的凸缘消失后,所述试验机停止运行,取出所述圆形试样;

(7) 观察并记录所述圆形试样破裂位置所对应的盒形件圆角半径,如果所述圆形试样出现全部破裂,检查所述圆形试样材料性能及模具设计;

(8) 增大压边力比例系数 λ 进行试验,直到所述圆形试样破裂的圆角增加,记录临界的 λ

值；

(9) 在所述临界的 λ 值处,进行重复试验；

(10) 直到3次试验有2次以上最小未破裂盒形件圆角半径相同,而下一组的3次试验中最小未破裂盒形件圆角半径与上一组相同的次数 ≤ 1 ,结束试验,记录较小的 λ 值；

(11) 根据试验结果计算极限拉深比：

$$rLDR = \frac{4D_0 \cdot t_0 \cdot \lambda}{L_p \cdot r}$$

式中： $rLDR$ ：极限拉深比； D_0 ：圆形试样直径,单位毫米(mm)； L_p ：方形凸模边长,单位毫米(mm)； r ：未破裂的最小盒形件圆角半径；单位毫米(mm)； t_0 ：圆形试样厚度,单位毫米(mm)； λ ：压边力比例系数。

一种薄板极限拉深比的检测方法

技术领域：

[0001] 本发明属于金属板料成形加工技术领域，具体涉及一种薄板极限拉深比的检测方法。

背景技术：

[0002] 薄板的成形性能是指金属薄板对于冲压成形过程的适应能力，即在变形过程中不发生起皱和破裂等塑性失稳情况的能力。采用模拟成形试验来检测薄板成形性能的核心思想就是利用与实际冲压相似的受力和变形情况获得薄板不发生塑性失稳的临界状态，并利用相关数据指标加以衡量。

[0003] 极限拉伸比 (LDR) 是目前检测板料成形性能的主要的方法之一。试验所使用的模具包括固定尺寸的圆柱形凸模、压边圈和数件针对不同板料厚度而具有不同凹模内径和凹模圆角的凹模。在试验过程中裁切成特定尺寸的圆形试样被放置在凹模和压边圈之间并施加一定的压边力避免试样起皱。通常情况是将凹模固定不动，对凸模施加一定的力量使凸模与凹模发生相对的运动，圆形薄板试样发生拉深变形，直到试样凸缘完全消失或板料发生破裂结束一次试验。通过不断改变圆形试样尺寸，直到找到使试样发生破裂和不发生破裂的临界尺寸。这个不发生破裂的试样尺寸与凸模尺寸的比值就是该薄板的极限拉伸比 (LDR)，以此来衡量被检测薄板的成形性能。

[0004] 在国标《GB/T 15825.3-2008金属薄板成形性能与试验方法第3部分：拉深与拉深载荷试验》中结束试验的要求是一组试样中3个试样破裂、3个试样未破裂；或者某一级试样的破裂数小于3，而下一级试样的破裂数大于4。因此完成一次薄板LDR的试验对试样的数量即试验次数的要求是比较高的。

[0005] LDR试验的试验目的是找到使试样不发生破裂是最大试样尺寸。所以在试验的初始阶段是无法确定所需试验的尺寸从而在试验开始前就准备好全部试样。通常情况是准备数块尺寸差距较大的试样进行预实验，从而确定所测试的板料的LDR大致区间。之后在该LDR区间内进行逐次试验。即完成一次试验，观察实验结果，确定下一次试验的试样尺寸。因此，在LDR试验中大量的时间被用于反复取样和制样中。此外，在这种一次试验结果确定下次试样参数的模式下对试样放置的位置要求完全的对中，各次试验的参数如润滑条件、试样表面状态、凸模的位移速度等都尽量保持一致。

[0006] 为了简化试验难度和减少试样的需求。一种简化测量LDR的拉深载荷试验 (TZP) 也被用来检测板料成形性能。TZP试验是利用圆形试样在拉深过程中试样直径与最大拉深力存在近似线性的关系，从而使用不同尺寸的试样进行拉深试验并记录下最大拉深力和极限拉深力。通过这两条力与试样尺寸关系的曲线 (近似直线) 的交点确定试样不发生破裂的极限尺寸从而获得该板料的LDR。

[0007] TZP试验由于在一开始就确定了试样的尺寸，并且对试样的需求量要远小于LDR试验，因此进行TZP试验的难度要小于LDR试验，所需的试验时间也明显减少。但是，TZP试验所获得的结果是一个近似值，并且与试验过程的规范性有着直接的联系。此外，由于在获取极

限拉深力时是使用压边圈将凸缘压紧直到试样破裂,这就对试验机的压边力大小需求和拉深力的测量精度有着很高的要求。也就是说,TZP试验降低了试样数量和试验时间的要求,从而提高了对设备和操作过程的规范性的要求。

[0008] 在LDR试验包括TZP试验中有一个较大的缺陷是对压边力的控制。压边力的大小是拉深成形的重要参数。最佳的压边力是使拉深过程凸缘不发生起皱的最小压边力。在LDR和TZP试验中也是要求尽量采用最佳压边力。过大的压边力会增大拉深试样危险区的应力,使试样提早破裂,也就是会降低LDR的值。在每次试验中由于试样的尺寸是变化的,所以无法使用同一个压边力参数。在更改压边力参数的过程就是一次全新的尝试。过大或过小的压边力所获取的试验结果都会直接影响最终的LDR值。

[0009] 在薄板用于实际生产的过程中,除了如筒形件、杯形件等截面为圆形的零件制品外,非圆形截面的盒形件等也是实际冲压零件中常见的形状。形状上的差异导致在冲压过程的的应力应变相对于圆形截面制品的变形过程要复杂的多。使用传统的薄板成形性能的检测方法所获得的性能数据对盒形件等非圆形截面制品的参考意义要远小于圆形或近似圆形截面的制品。

发明内容:

[0010] 本发明针对现有极限拉伸比LDR检测方法中缺少对盒形件拉深的薄板成形性能的综合判断和所需试验次数过多的缺陷等技术问题,提供一种薄板极限拉深比的检测方法。

[0011] 本发明所提供的一种薄板极限拉深比的检测方法的具体步骤如下:

[0012] (1) 准备模具和试样:

[0013] 所述模具包括改进的方形凸模和与之相配套的凹模和压边圈;

[0014] 首先确定所述方形凸模边长,所述方形凸模边长的最小尺寸为50mm,方形凸模边长最大尺寸由所用试验机参数确定。

[0015] 其次确定盒形件圆角半径尺寸,盒形件圆角指的是方形凸模两个直壁相交圆角,需要准备数组盒形件圆角半径不同的模具,盒形件圆角半径最小为2.5mm;下一组盒形件圆角半径的尺寸由下面公式确定:

[0016] $r_n = \alpha r$

[0017] 式中: r_n :下一组盒形件圆角半径,单位毫米(mm); α :系数; r :上一组盒形件圆角半径,单位毫米(mm);

[0018] α 的取值根据测量精度的要求,对于钢铁材料取值为1.2~1.6,对于铝合金、铜合金材料取值为1.1~1.4;

[0019] 所述方形凸模的四个盒形件圆角半径根据上述公式设计为尺寸各不相同;

[0020] 所述方形凸模与凹模间隙 c :

[0021] $c = t_{\max} + kt$;式中 t_{\max} :试样最大厚度,单位毫米(mm);

[0022] k :间隙系数, k 的取值范围0.2~1.0;

[0023] 由方形凸模尺寸和凸凹模间隙,设计凹模内径尺寸,凹模外径要大于试样外径,凹模外径设计为:

[0024] $D = (2.4-3.0) L_p$;式中: L_p :凸模边长,单位:毫米(mm);

[0025] 由凹模尺寸可直接设计压边圈相应尺寸,完成模具的尺寸设计;

[0026] 采用圆形试样,所述圆形试样半径 $R = (1.1-1.4)L_p$,式中: L_p :凸模边长,单位毫米(mm)。

[0027] 模具表面应该磨光,表面轮廓面的圆角过渡必须光滑,除特殊要求外,表面粗糙度 R_a 不大于 $0.8\mu m$ 。若试样边部有毛刺,应使用砂纸等打磨光滑。使用聚乙烯薄膜或全损耗系统用油对试样表面和与试样接触的模具表面进行润滑。试验放置位置应保持试样中心、凸模中心和凹模中心在一条直线上。

[0028] (2) 测量试样厚度,最少取不同位置的3个点,计算平均值。

[0029] (3) 将所述模具安装在试验机上,并将所述圆形试样放置在所述模具的相应位置。

[0030] (4) 开启所述试验机,将所述圆形试样压牢,压边力 F_c 根据以下公式计算:

$$[0031] \quad F_{pmax} = 3(R_m + R_e)(D_0 - L_d - r_d) \cdot t_0,$$

$$[0032] \quad F_{cmin} = 0.1F_{pmax} \left(1 - \frac{18t_0}{D_0 - L_d}\right) \left(\frac{D_0}{L_p}\right)^2,$$

$$[0033] \quad F_c = \lambda F_{cmin};$$

[0034] 式中: F_{cmin} :最小压边力,单位牛(N); F_{pmax} :最大拉深力,单位牛(N); t_0 :圆形试样厚度,单位毫米(mm); D_0 :圆形试样直径,单位毫米(mm); L_d :凹模内圈边长,单位毫米(mm); L_p :方形凸模边长,单位毫米(mm); R_m :抗拉强度,单位兆帕(MPa); R_e :屈服强度,单位兆帕(MPa); r_d :凹模圆角半径,单位毫米(mm);

[0035] λ :压边力比例系数,取值从0.5到1.5,间隔0.1, λ 初始取值为1。

[0036] 压边力是板料成形性能的重要参数,最佳的压边力是使板料不发生起皱的最小的力。但是在实际生产过程中很难调整到最佳的压边力。因此,将压边力的数值作为最终结果的组成部分是必要的。通过调整压边力使所述圆形试样在所设计的模具尺寸下在不同的盒形件圆角区域分别出现破裂和未破裂的情况。

[0037] (5) 所述方形凸模在接触所述圆形试样后速度控制在5-20mm/min并保持稳定。

[0038] (6) 当所述圆形试样的凸缘消失后,所述试验机停止运行,取出所述圆形试样。

[0039] (7) 观察并记录所述圆形试样破裂位置所对应的盒形件圆角半径,如果所述圆形试样出现全部破裂,检查所述圆形试样材料性能及模具设计。

[0040] (8) 增大压边力比例系数 λ 进行试验,直到所述圆形试样破裂的圆角增加,记录临界的 λ 值。

[0041] (9) 在所述临界的 λ 值处,进行重复试验。

[0042] (10) 直到3次试验有2次以上最小未破裂盒形件圆角半径相同,而下一组的3次试验中最小未破裂盒形件圆角半径与上一组相同的次数 ≤ 1 ,结束试验,记录较小的 λ 值。

[0043] (11) 根据试验结果计算极限拉深比(rLDR):

$$[0044] \quad rLDR = \frac{4D_0 \cdot t_0 \cdot \lambda}{L_p \cdot r}$$

[0045] 式中:rLDR:极限拉深比; D_0 :圆形试样直径,单位毫米(mm); L_p :方形凸模边长,单位毫米(mm); r :未破裂的最小盒形件圆角半径;单位毫米(mm); t_0 :圆形试样厚度,单位毫米(mm); λ :压边力比例系数。

[0046] 本发明方法的原理如下:盒形件与筒形件在拉深成形中的主要区别在于盒形件的危险区域被集中于角部,盒形件角部圆角半径即对应于方形凸模截面的四个圆角大小,其

与板料受力和破裂有直接关系。盒形件圆角半径越小,在盒形件角部受力就越集中,则盒形件越容易破裂;与之,板料的性能越好则在只改变盒形件圆角半径大小的情况下,使其破裂的盒形件圆角半径就会越小。本发明利用这一原理,通过设定盒形件的四个不同圆角的半径,通过少数几次实验,能够准确的检测出LDR值。

附图说明:

[0047] 图1为本发明中盒形件拉深模具的结构示意图;

[0048] 图2为盒形件拉深模具中的方形凸模的截面图。

[0049] 图中:1:方形凸模;2:压边圈;3:拉深后的圆形试样;4:凹模。

具体实施方式:

[0050] 以下通过具体实施例来进一步说明本发明提供的一种薄板极限拉深比的检测方法:

[0051] 首先设计模具:如图1所示,盒形件拉深模具包括由方形凸模、压边圈及凹模。方形凸模的横截面形状如图2所示,为一正方形,且正方形的四个圆角半径即盒形件圆角半径各不相同。

[0052] 图示设计忽略了模具与成形机连接部分,这部分在不同的试验机上是不相同,参考试验机说明书或与制造厂家联系获得。

[0053] 设计凸模尺寸:方形凸模边长为50mm,最小盒形件圆角半径取值为2.5mm,根据公式计算后,四个圆角取值分别为2.5mm、3.6mm、5.5mm和8.6mm,由于各级圆角半径差距较远,最后的结果精度会略差,但模具的使用范围会基本上包括所有性能的板料。

[0054] 深冲系列冷轧薄板一般用于汽车外板、家电面板等需要优良冲压性能的零件生产,因此厚度一般低于2mm,以 $t_{\max}=2\text{mm}$, k 值取0.2,确定方形凸模与凹模的单边间隙为2.4mm。

[0055] 由方形凸模尺寸和凸凹模间隙值确定凹模尺寸。凹模外径根据公式计算设计为外径125mm。

[0056] 圆形试样尺寸计算设计为直径115mm。

[0057] 其余尺寸由经验和使用的NHB-30A型多功能板料成形试验机的设备参数确定。

[0058] 至此完成模具的全部尺寸设计。

[0059] 使用某钢厂生产的厚度均为1.0mm的DC01冷轧薄板和DC04冷轧薄板作为检测模具的试验板料,DC01和DC04为试验板料的钢材牌号。

[0060] DC01冷轧薄板和DC04冷轧薄板分别使用线切割切取圆形试样直径115mm若干块,将表面清洗干净并使用砂纸将毛刺打磨去除。

[0061] 压边力根据公式计算DC01最小压边力为52kN、DC04为45kN。

[0062] λ 取值为1,拉深过程中压边力保持稳定。

[0063] 将模具放置在试验机对应位置,调试好试验机各个参数。必要时进行预成形试验以获得最优的试验参数。

[0064] 试样表面涂油润滑,放置于模具对应位置,试样中心与模具中心的对中。施加压边力到要求值,使试样被压边圈和凹模固定位置。控制凸模运行速度为10mm/min直至试样凸

缘消失完成一次拉深。各次试验结果见表1。

[0065] 表1 试验过程和结果

[0066] 试验次数	压边力比例系数 λ		DC01 最小未破裂圆角半径 (mm)	DC04 最小未破裂圆角半径 (mm)	
	DC01	DC04			
1	1	1	5.5	5.5	
[0067]	2	1.1	1.2	8.6	5.5
	3	1.1	1.5	5.5	5.5
	4	1.1	1.5	8.6	5.5
	5	1.0	1.5	5.5	8.6
	6	1.0	1.6	5.5	8.6
	7		1.6		8.6

[0068] 由表1中的数据就可以确定最终结果,DC01的压边力系数 $\lambda=1.0$,最小未破裂圆角半径 $r=5.5\text{mm}$;DC04的压边力比例系数 $\lambda=1.5$,最小未破裂圆角半径 $r=5.5\text{mm}$ 。利用本发明方法计算rLDR如下:

[0069] $rLDR_{DC01}=1.68$

[0070] $rLDR_{DC04}=2.51$

[0071] 为了验证本发明方法试验结果与传统LDR之间的差距(GB/T 15825.3-2008),用传统LDR检测方法对相同板料分别在48次和41次试验后得到的LDR结果如下:

[0072] $LDR_{DC01}=1.68$

[0073] $LDR_{DC04}=2.53$

[0074] 由结果可知,采用本发明方法检测出的rLDR值与传统的LDR检测方法获得的结果相近,但是可以预先准备好试样,并且本发明方法在6到8次试验就可确定板料的rLDR值,大大减少了试验时间和试样需求。

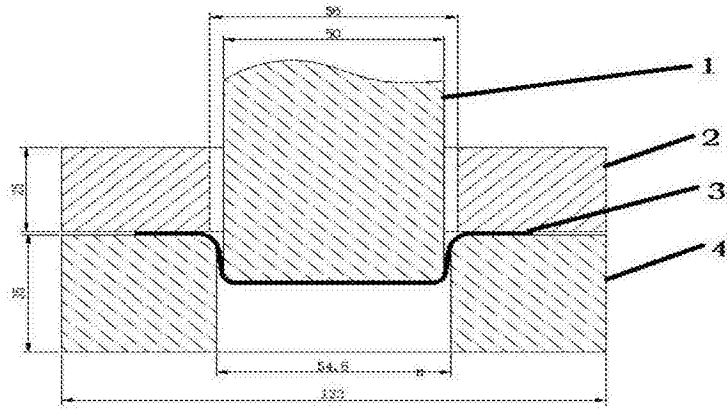


图1

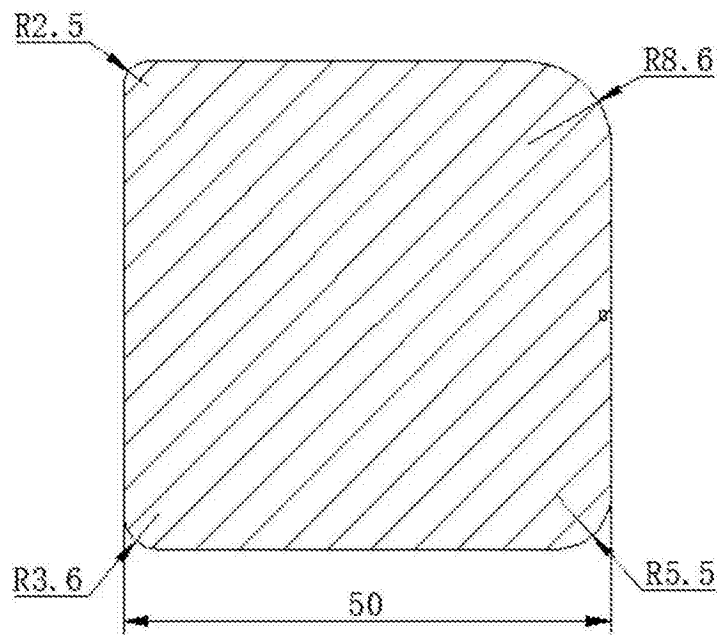


图2