

双金属复合管塑性复合成形工艺及应用

谷霞¹, 张安义², 秦建平¹

(1. 太原科技大学, 太原 030024; 2. 大同大学, 山西 大同 038300)

摘要: 简单分析了双金属复合管塑性成形的过程, 对目前国内双金属复合管的各种主要塑性成形复合技术进行了分析和比较, 最后介绍了一种新的成形工艺。

关键词: 复合管; 塑性成形; 双金属

中图分类号: TG306

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2011)03-0046-05

Technology and Application of Plastic Forming for Double Metal Combined Pipe

GU Xia¹, ZHANG An-yi², QIN Jian-ping¹

(1. Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Shanxi Datong University, Datong 037003, China)

Abstract: In this article, the process of plastic forming of double metal combined pipe was analyzed. Several main plastic forming techniques used at home were compared, and a new forming process was introduced.

Key words: combined pipe; plastic forming; double metal

双金属复合管(以下简称复合管)又称为双层管或包覆管,是由2种不同的金属管构成。管之间通过各种变形和连接技术紧密结合,受外力作用时,内外管同时变形且界面不分离(如图1所示)。一般设

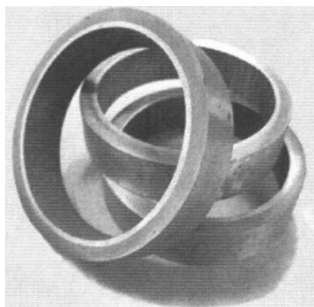


图1 双金属复合管

Fig. 1 Double metal combined pipe

计准则是基材满足设计应力,覆材能抗腐蚀或磨损等。和单一金属管相比,复合管充分利用基管和覆管的最佳性能,不仅具有高强度,而且还具有优良耐腐蚀、耐磨损性能,节省了大量贵重金属,降低了生产成本,因而双金属复合管的应用领域很广泛^[1]。

1 塑性复合成形制备技术

塑性复合成形技术是利用材料的弹塑性,使内外管接触并紧密结合。以内覆管为例,其塑性复合过程可以分为以下3个连续过程。

1) 内管变形阶段(消除间隙)。开始时内层管与外层管间存在间隙,当内管内壁加载后,内管的管

壁产生径向膨胀,直到内管外表面与外管内表面刚好接触,间隙消除,此时未产生接触压力。

2) 复合阶段(内外管同步膨胀)。随着加载压力持续增加,开始对外管加载。外管出现弹性扩张,直到外管内表面满足屈服条件后,外管才出现部分塑性扩张。随着加载压力不断加大,外管中塑性区不断扩展,直到达到最大加载压力。

3) 卸载阶段。加载压力从最大值缓慢减小至零,这时内管与外管均处于卸载状态。由于第2阶段产生了塑性变形,当加载压力完全消除后,内外管之间继续接触,产生残余接触压力。

在整个塑性复合过程中,内管完全发生了塑性变形,而外管则处于弹性变形状态或部分塑性变形状态,在卸载时由于外管回弹量大于内管回弹量,外管紧箍内管,两管间形成胀紧力,即残余接触压力,达到紧密的机械结合,残余接触压力大小取决于材料的回弹能力。如果在高温条件下,则在复合阶段中管层间的塑性变形量越大,在结合界面越易发生扩散反应,从而达到界面冶金结合。

塑性复合成形技术是利用管材局部或整体的塑性变形来达到内管与外管间紧密结合的复合工艺。按塑性复合成形过程中有无工具接触,可分为有工具接触成形法和无工具接触成形法。

1.1 有工具接触成形

有工具接触成形的基本特征是成形过程中管材需要与刀具接触来完成塑性成形。

1.1.1 拉拔复合法

主要工艺流程为:复合管接触表面清洁处理→配管→某一端热缩头冷拔→表面抛光。一种拉拔复合的专利技术如图2所示,它先将薄的不锈钢衬

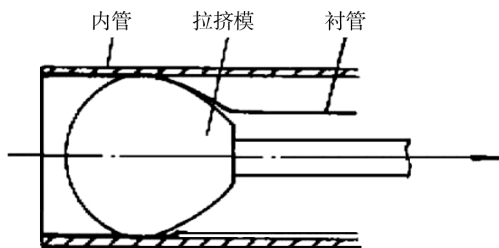


图2 拉拔复合法

Fig. 2 The method of drawing composite

一拉挤模放在衬管一端内作轴向的扩挤运动,使衬管紧贴在钢内管内表面。

拉拔法一般都附带缩径加工和扩径加工,这取决于基管与覆管之间弹性模量的差异、加工性能的不同以及覆材是在内或在外的不同等。

机械拉拔法的模具表面与管材的表面全接触,在拉拔过程中摩擦阻力大,因此与滚压法相比需要的成形力大,能耗高。

1.1.2 滚压复合法

一种以液压胀形或其他现有工艺^[2]使双金属内外管达到小间隙松配合的滚压技术如图3所示。内

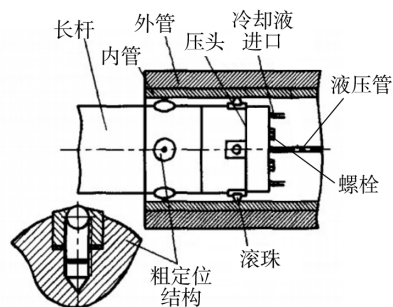


图3 滚压复合法

Fig. 3 Rolling composite method

外管的紧密配合则通过管内壁的滚压过程完成,且周向分布的滚压元件能自动进行径向位移补偿,同时滚压力保持稳定。

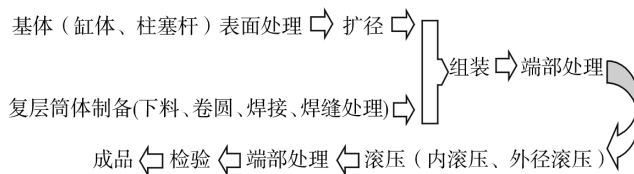


图4 滚压复合法的主要工艺流程

Fig. 4 Forming process flow chart of rolling composite

该方法的关键技术是复层钢板的精密剪切,筒体的精密焊接和滚压工具的制作与滚压参数设定。为此太原科技大学研制开发了专用设备与工具,主要有:薄壁筒体的成形设备,薄壁筒体的自动焊接设备,缸体扩径与表面处理设备,滚压复合设备与工具。

目前该方法已广泛应用于煤矿用单体液压支柱和综采支架油缸的制造和修复工艺中,且在长尺寸双金属管生产中也得到很好的应用。

管轧制成异型管,使管径缩小,然后再套入钢管中用

1.1.3 旋压复合法

旋压复合的原理如图5所示。复合过程类似于

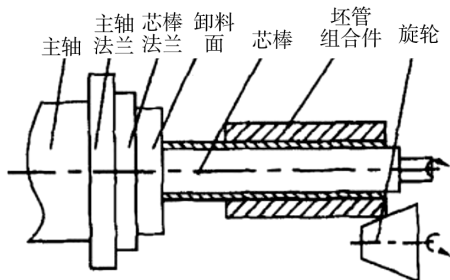


图5 旋压复合法

Fig. 5 Spin forming composite method

碾轧钢管,组合好的复合管坯在旋转的同时,3个呈锥形的旋轮反方向旋转并推进,此时外层碳钢管均匀地贴在不锈钢管上,形成紧配合的细螺纹连接。

由图5可以看出,旋压复合方法与滚压法类似,也是通过复合器的旋转使其和内管发生摩擦,把部分机械能转化成热能,使内管达到软化点;同时复合器向外挤压使外管发生弹性变形,内管发生塑性变形,二者产生过盈配合,紧密贴合。旋压工艺生产的双金属管如图6所示。



图6 旋压复合双金属管

Fig. 6 The double metal combined pipe by spin forming composite method

1.1.4 胀接法

胀接技术分为机械胀接和液压胀接。机械胀接是利用滚胀芯轴回转挤压内管发生塑性变形,外管发生弹性变形,从而外管对内管产生残余应力,以达到复合管内外壁的紧密贴合。

液压胀接是用管内高压水施压代替滚胀芯轴回转挤压。液压胀接法接触压力分布均匀,便于控制,但是结构复杂。2种胀接法的缺点是内外层只是机械结合,难以适应高温环境。

1.1.5 复合挤压法

复合挤压一般是对双金属管坯进行热挤压,特别适合于热加工性能差、塑性低的高合金。其原理如图7所示^[3],它是将2种以上的金属组成的一个

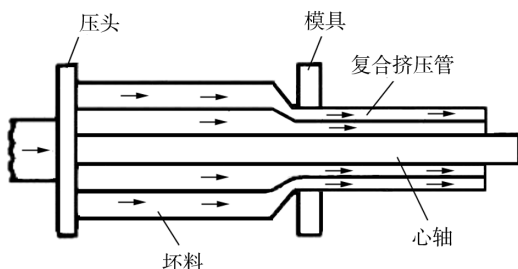


图7 复合挤压法

Fig. 7 The method of co-extruding

大直径复合管坯料加热到1200℃左右,然后通过模具和芯轴间的环状空间进行挤压。

主要工艺流程为:基体→用机械加工或化学法处理待复合表面→装配两端焊接密封→双层管坯加热→在挤压机上进行热塑性变形→冷轧或冷拔(必要时)。

热挤压的变形抗力小,允许每次变形程度大,表面粗糙度高,因此也有先热挤压再进行冷拉冷拔制造复合管的方法。

1.1.6 三辊斜轧成形法

将2种金属组装在一起,在热状态或常温下,通过三辊斜轧机进行大压下量的减径,从而实现强烈的塑性变形,使2种金属紧密结合在一起。由于斜轧过程的剪切变形,会导致新金属表面大量出现,产生冶金结合的趋势增大,进而利于2种金属的结合。

斜轧成形法工艺过程简单,工艺参数调整方便,生产成本低。

在热状态或冷状态下,采用三辊斜轧机对组装在一起的双金属管斜轧,可以获得较好的结合状态。

斜轧复合的机理是轧件在轧辊和顶头及芯棒的作用下,产生径向压缩、轴向延伸以及纵向和周向滑移。由于在压力状态下,切向滑移产生大量新表面,进而形成冶金结合,由于金属的变形量大、能产生足够的变形热和轧制力,有利于实现2种金属的冶金结合。

斜轧复合的特点如下所述。

1) 2种金属结合强度高,能够实现大面积的冶

金结合。

2) 可以生产中等直径以上的双金属管,长度在6 000 mm 以上。

3) 复合后的双金属管可以继续加工,如冷轧或冷拔。

4) 采用斜轧法轧件可以实现较大的延伸量,可以用较短的坯料生产较长的产品,因此坯料表面处理较为方便。

5) 由于三辊联合穿轧机可以在较大范围内调整轧辊孔喉直径,因此能够适应不同直径的双金属管生产要求。

采用斜轧工艺能够将双金属管坯一次穿轧成合格的热轧双金属成品管,具有流程短、金属消耗少、变形量大等优点。适合大批量生产,并材质适应广泛,可以生产不锈钢/钢、铜/钢、铝/钢和钛合金/钢等双金属管坯。其钢种牌号可以覆盖全部无缝钢管的适用钢种。

斜轧工艺生产的双金属管的尺寸公差为:外径 ± 0.015 mm,壁厚 ± 0.15 mm。

1.2 无工具接触成形法

无工具成形技术是指在成形过程中不需要与工具接触而通过某种特殊工艺完成塑性成形的方法。

1.2.1 抽真空法

抽真空法的原理如图8所示,其制备方法是

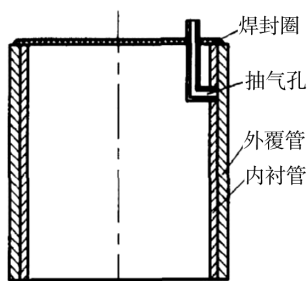


图8 抽真空法原理

Fig. 8 Vacuum principle

内衬管和外覆管表面处理后,套合在一起组成复合管坯。在复合管坯两端面两管的连接缝上进行焊封,而在复合管坯壁上打孔至与两管夹层空间相连,通过加热使夹层内气体排出或通过钻孔对夹层抽真空后焊封钻孔,使得内、外壁在大气压力下紧密结合。

1.2.2 爆炸成形法

爆炸成形依靠炸药爆炸产生连接金属所需的压力,使两搭接表面实现固相焊接。具体方法是先把基管和覆管组装成复合管坯,靠炸药爆炸产生的冲击波使内管发生塑性变形,紧贴于外管。

该法的工艺流程为:内外层管→接触表面机械加工或化学处理→爆炸焊接切头→精整。采用该方法制备复合管的时候需要设专门的爆炸场地或空间,要有特殊的安全措施。

1.2.3 电磁成形法

电磁成形法^[4]是利用瞬间高压脉冲磁场迫使金属产生塑性变形,其原理如图9所示。当高压直流

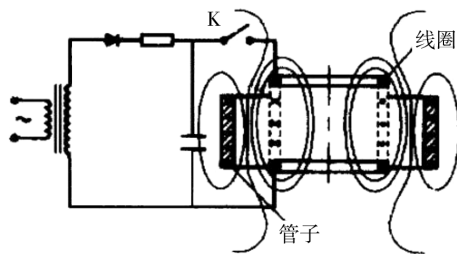


图9 电磁成形原理

Fig. 9 Electromagnetic forming principle

电源对高压脉冲电容器充电,电压达到开关的临界击穿电压时,隔离间隙被击穿,电容器将储存的全部能量加在线圈上。由此在线圈上几微秒的瞬间有很大的电流,产生脉冲磁场,放置在线圈外的管材就会感应反向电流,而产生反向磁通阻止磁通穿过管材,迫使磁力线具有扩张的性能,使管材表面各部分受到巨大的冲击压力,在几微秒内就和模具或另一管材进行撞合。

电磁成形法效率高、安全,可连接性质迥异的2种金属,但仅适于加工铜或铝等强度低、导电性能好的金属,而且现有的设备装机容量太小。

2 塑性复合成形工艺综合对比

双金属复合管具有良好的性价比,因此有很强的市场竞争力^[5]。采用双金属复合管制作套筒类机械零件能够显著降低产品的制造成本。

各个塑性复合工艺的综合对比见表1,列出了各工艺的优缺点。

表 1 塑性成形复合工艺对比
Table 1 Comparison of combined plastic forming technology

成形工艺	工艺优点	工艺缺点
机械拉拔法	工艺简单,设备投资少	高温易分层
滚压复合法	工艺灵活,能耗低,适于单件和批量生产	内管易开裂且易加工硬化
旋压复合法	工艺简单,成本低,效率高	结合强度低,加工大管径较困难
胀接法	接触压力分布均匀,便于控制,无加工硬化现象	胀形装置结构复杂,对焊管质量要求较高,且对密封技术要求也高
复合挤压法	很适合于加工性能差、塑性低的高合金	该法仅限于碳钢、不锈钢和高镍合金钢管的复合,挤压后的表面粗糙度较高
三辊斜轧法	该法工艺过程简单,工艺参数调整方便,生产成本低,且该工艺流程短、金属消耗少、变形量大,材质适用也广泛	—
抽真空法	工艺简单,成本低廉,复合管质量好,寿命长	适用于常温环境下,界面结合强度有限
爆炸成形法	可以生产各种材质匹配的复合钢管,且产品的适用性强	界面接合区易形成波形,管坯长度受限,具有一定的危险性
电磁成形法	效率高,安全,可连接性质迥异的 2 种金属	限于其工艺特殊,适用于加工强度低,导电性能好的材料,故适用范围有限

3 结语

双金属复合管具有良好的综合性能,既有很高的强度,又有很好的耐腐蚀、耐磨性能以及其他特殊性能。实践表明,一些典型的塑性成形技术如挤压、滚压、轧制等在双金属复合管的制备中具有很大的发展潜力和很好的发展前景。

目前还有一些非塑性复合成形技术,比如离心铸造(离心铝热剂法)、消失模真空吸铸法、中频感应加热钎焊法、堆焊成形法等,但都需要专用设备,工序复杂,技术要求高,生产成本也高,不如塑性成形技术应用广泛。

比较有工具接触成形法和无工具接触成形法可知,在复合管的制备工艺中,有工具接触成形法生产率高,质量好,可节省金属材料的损耗,但一次性投资大,无工具接触成形法可实现多种金属间的复合,一次性投资少,且结合面的塑性变形量大,结合强度

高。未来的复合管制备技术,将倾向于采用能产生大塑性变形量的塑性成形结合技术。

参考文献:

[1] 肖桂华. 不锈钢-碳钢复合管的生产技术[J]. 四川冶金, 2000(1): 58—59.

[2] 章新生. 一种可用于双金属管和内壁耐磨金属管生产的方法: 中国, CN1174767[P]. 1998-03-04.

[3] 谢建新, 池田圭介. 铝-铝合金双金属管的多坯料挤压成形[J]. 轻合金加工技术, 1996, 24(7): 25—28.

[4] 李洪涛, 王绍安, 邱春诚, 等. 电磁成形工艺及应用[J]. 电加工, 1999(3): 36—38.

[5] 陈明微. 双金属复合管制造和加工的关键技术及其用途[J]. 钢铁工艺, 1996(1): 11—16.

[6] 於方, 秦建平. 双金属管在管道输送中的应用[J]. 焊管, 2000(1): 34—36.