

苏联电站阀门锻焊结构阀体的制造工艺

乐永卓(东方锅炉厂)

〔摘要〕 本文论述目前国内发展电站阀门锻焊结构阀体制造技术的必要性,以及苏联这方面的进展,其后综述了苏联ЧЗЭМ与БЗЭМ两厂所开发的电站阀门阀体电子束焊制造工艺与锻焊结构半球形阀体的冲压工艺。

关键词 制造工艺 阀门 火力发电

前 言

随着火电机组大型化,蒸汽参数高温高压化,对火电站阀门提出了更高的要求。其中对阀体要求具有高度的可靠性与材料的严密性。我国电站锅炉行业中辅机生产落后于主机,而电站阀门生产又是辅机中的薄弱环节。电站阀门的质量问题普遍存在,制造厂的工艺技术水平与国外同行差距大,以致于采用国产大型机组的电厂,不得不进口阀门来匹配,从而大大影响大型火电机组的国产化水平与进程。

目前,国产电站阀门性能较差的主要原因之一是阀体的铸钢件质量差。传统的铸造工艺很难保证铸件内没有气孔、裂纹及夹渣等缺陷。所以铸造阀体的实际许用应力远远低于容许的许用应力,比热轧钢板和钢管的同种材料的许用应力约低1/3。同时为了保证铸件的质量,必须严格进行100%的无损探伤,但是在国内目前的生产条件下,尽管各生产厂家不断努力,但仍未能实现。所以铸件阀体,尤其是合金钢(ZG 20Cr1MoV、ZG15Cr1Mo1V)阀体,在其复杂形状转变

处,在与管道连接处,常常发生气孔、裂纹而须重新补焊,而补焊阀体的数量常常占加工件的一半以上,甚至加工件因密集性气孔、穿透性裂纹而报废。

如果改造传统铸造工艺,引进先进铸造技术与设备,又为目前大多数锅炉及阀门制造厂财力所不允许,所以发展锻焊结构的阀体,成为国内电站阀门行业近年来奋斗的目标,现已取得一些进展。

苏联自80年代初成功地开发了电站阀门冲压锻焊阀体工艺技术。该工艺的加工量小,成形好,其所需的冲压力比体积冲压制坯时小得多,故所需的压力机亦小。若将之引进,则可以充分地利用国内目前各大锅炉制造厂与阀门厂的冲压设备。所以中苏在这方面的科技合作是可能的。

80年代初苏联捷霍夫电力机器制造厂(ЧЗЭМ)和别尔卡洛德电力机器制造厂(БЗЭМ),在苏联中央机器制造工艺科学研究所(ЦНИИТ_{маш})科学生产联合体(НПО)的帮助下,分别开发了阀门阀体电子束焊制造工艺与锻焊结构半球形阀体冲压工艺。1982年БЗЭМ已经工业性生产四种规格(Dg100、150、175及400 mm)闸阀的锻焊结构的半球形阀体,此外还试制出Dg 250 mm闸阀半球

形阀体。该厂以此为基础对此冲压工艺进行了进一步完善，至今已能生产出多规格的大尺寸阀体。 $\Psi 39M$ 利用该厂提供的半球形阀体，当年就生产了1000多个闸阀。至今全部 $Dg100$ 以下的闸阀阀体，75%的 $Dg100 \sim 800$ 的闸阀均已采用该种锻焊结构的阀体。此外， $\Psi 39M$ 在开发此锻焊结构阀体的闸阀基础上，已生产出锻焊结构阀体的调节阀、节流阀及止回阀，为苏联电站阀门采用锻焊技术闯出一条新路。

量。

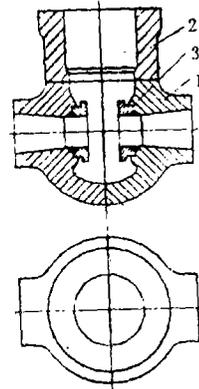


图1 大尺寸高压闸阀的冲压锻焊结构阀体

1. 半球状阀体 2. 筒形接头 3. 阀座

一、 $\Psi 39M$ 的锻焊结构半球形阀体冲压工艺

冲压锻焊结构的阀体设计成球形。其组成部分是：两个半球状阀体1；焊在球形阀体上部的筒形接头2；焊在阀体上的阀座3（图1）。在某些情况下上述的筒形接头2需进行补焊。

由于半球状阀体与筒形接头的制造是整体锻造内外成形的，所以无论是整个半球形阀体，还是筒形接头部位都具有足够的强度与刚性。尤其是筒形接头部位常产生来自连接管的弯曲力矩。

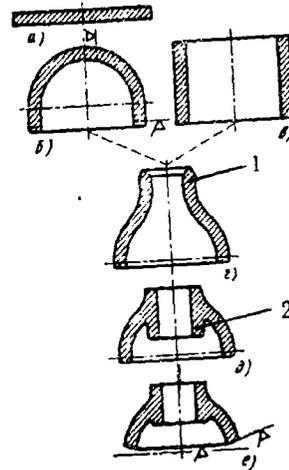


图2 闸阀的半球形阀体冲压成型工艺

1. 外凸台 2. 内凸台

球形阀体有两条环焊缝：两个半球阀体之间；半球阀体与筒形接头之间。半球形阀体毛坯施焊边缘沿周边的厚度尺寸是一致的，所以制造中能够使用手工焊与自动焊（例如真空电子束焊—ESW等）与无损检验。这就是此阀体结构优点之所在；其外表面不必机械加工（筒形接头坡口加工除外）。

制造此半球形阀体可采用两种毛坯：圆形板坯与管坯，其加工工艺如下。

1. 圆形板坯的冲压成型工艺

采用圆形板坯来冲压成型阀体时，其板坯的厚度要等于阀体壁厚（图2、a）。在确定此板坯的直径尺寸时，应考虑所制作的阀体的体积，并应留有毛边、烧损等金属余

冲压一开始，将圆形板坯挤压成带有较长直边的球形封头（图2、b），并在此球形封头中心上开孔，以及对此封头端面进行修边（如图2、b虚线所示）。其后，对此封头进行纵向挤压缩口成型（图2.2）。同时借助于此挤压工序，把此球形封头的直边进一步挤压出有相当长度的外凸台1。

此后，对该半球形阀体毛坯的外凸台1进行镦粗与扩孔，并把该毛坯向内挤压出内凸台2，以完成此半球形阀体毛坯中心部位

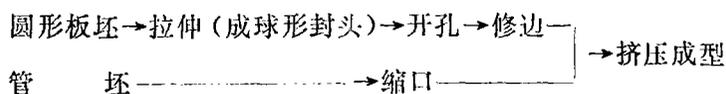
的最后成型加工(图2,д)。在这些工序中,半球形阀体毛坯内凸台部分的成型是借助于移动的顶杆(图3中的4)的支撑来完成的。因此,在该毛坯中心区域将产生三向挤压应力,该毛坯外壁将被挤压到阴模(图3中的2)上,以防止褶皱。在冲压厚壁的半球形阀体毛坯时,一般可以不用顶杆支撑。最后对冲压成型的半球形阀体毛坯进行焊前的端面机加工(图2,е)。

2. 管坯的冲压成型工艺

用管坯来制造半球形阀体首先是把热轧管切割成圆筒短管(图2,в)。该管坯的壁

厚与直径要等于阀体球形部分的相应尺寸。冲压一开始是纵向挤压缩口,然后如加工圆形板坯一样,进行局部的成型冲压。

在用管坯冲压成型阀体时,省掉了以下工序:挤压成球形封头并开中心孔,以及球形封头的修边工作。所以两种冲压方式相比较,管坯冲压的工作量大大小于板坯冲压工作量,但是管坯冲压方式的应用受到热轧管本身尺寸的限制,该方式只能用于制造尺寸小的阀体($Dg < 250$)。综上所述,以上毛坯冲压成型半球形阀体的工艺可简化表示为:



上述半球形阀体毛坯制造工艺的主要特点是板材冲压工序(用于总的造型)与体积冲压工序(用于内凸台成型)相结合。因此所需的冲压力比模锻阀体用体积冲压制坯要小得多,可降低到 $1/3 \sim 1/5$ 。

3. 半球形阀体毛坯的冲压成型动作

为了减少冲压工作量与毛坯的加热次数,采用了多动复合模。半球形阀体的板坯或管坯利用此模,一次加热和一次装坯,经总体成型与挤压出内凸台,而冲压成阀体。

此多动复合成型模有4个主要部件(图3)。

在下模1上装有顶杆4。此顶杆可同时进行毛坯内部形状的造型,它装在移动式的冲床台面上。挤压阴模2固定在冲床外滑块上,而成型冲头3固定在冲床内滑块上。顶杆4装在下部顶缸的柱塞上。为了加工安装方便,此冲模的所有工作部件的形状都是旋转体,这就是其他体积冲压冲模所不具备的长处。

此模具的动作原理如下:

把半球形阀体的板坯或管坯装在下模上(图3,а)。其后,对滑块完成工作冲程,向下挤压毛坯(图3,б)。此时阴模2向下模1挤压,逐渐内外成形,出现了阀体的雏形。毛坯已成型的周边部分在局部挤压过程中不能再有变形。为了支撑毛坯的壁,使之不被褶皱,支撑顶杆4向上移动到使其圆锥面触及到毛坯(图3,в)。

在内滑块工作冲程中,圆锥形的成型冲头3向下冲入被挤压毛坯的孔内,对毛坯上部进行扩孔(图3,г)。在一定的压力下,成型冲头凸肩挤压到毛坯上端面上。与此同时,与毛坯接触的顶杆在毛坯金属一定的反压力下,开始下移(图3,д),在冲头的最

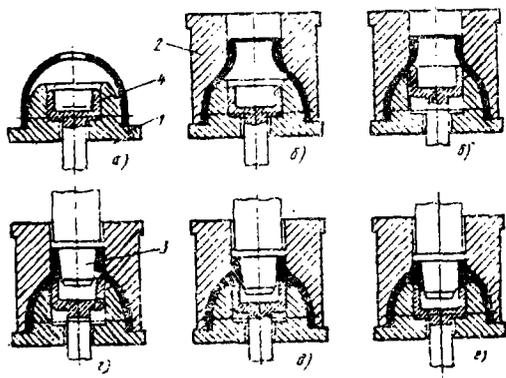


图3 半球形阀体毛坯冲压成型动作

1. 下模 2. 挤压阴模 3. 成型冲头 4. 顶杆

后压力作用下，顶杆降到下死点上，毛坯金属填满模腔的整个空间（图3,e）。

4. 筒形接头的冲压成型动作

当采用管坯来制造阀体上部的筒形接头（图1中的2）时，用镦粗方法可获得筒形接头的厚壁部分。根据筒形接头厚壁部分的体积大小，有两种制造方式。如果筒形接头厚壁部分所需的体积可以用小于此接头厚壁部分高度3倍的短管来填满，则按常规工艺来进行冲压，即毛坯管端自由镦粗，以便在筒形接头厚壁区挤压出金属。

但是此方式由于受到毛坯管径规格的限制，而且在管坯冲压的工艺流程中，除了镦粗外，还要进行管坯纵向挤压加工处理。

所以为了取得壁厚有较大体积的筒形接头，现设计了另一种冲压工艺方法，即毛坯变形部分沿外径方向增大。采用此工艺方法时，毛坯的变形是从支撑环（图4中2）与冲头（图4中1）内凹部所组成的环形腔，挤压到阴模（图4中3）的工作腔内的。当冲头的工作冲程结束时，若必要可以设计出把此支撑环提升到某一高度值。此支撑环的提升是在阴模腔内的金属作用力下而形成的（见图4）。

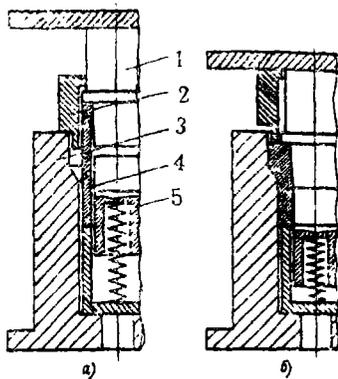


图4 筒形接头毛坯冲压镦粗动作

a—最初状态 6—冲压结束状态

- 1. 冲头 2. 支撑环 3. 阴模 4. 管坯
- 5. 支撑套筒

采用支撑环，保证了筒形接头冲压成形的准确性。此筒形接头的厚壁部分是这样冲压成形的，即逐次加热并自由镦粗，直到刚好填满冲模腔为止。

上述冲压筒形接头的两种方式，都是在冲膜中装有伸入到管坯内腔中的支撑套筒5。因此保证了冲压的筒形接头内表面有准确尺寸与形状。

二、ЧЗЭМ锻焊结构阀体的电子束焊接工艺

苏联 ЧЗЭМ 过去制造电站阀门阀体也是传统的铸造方式。如上所述，该方式的缺点是显而易见的：金属材料使用率低，阀体材料的致密性差，以至电站阀门常出故障，尤其是机组启停时。为此，ЧЗЭМ 在苏联 ЦНИИТ_{маш} 的 НПО协助下，开发了采用电子束焊（ESW）的锻焊结构阀体的阀门生产技术。

电子束焊是目前先进焊接方式之一，其效率比自动埋弧焊高得多，是后者的6~8倍，而且把焊缝中的缺陷数量减低到1%，并有效改善了焊工劳动条件。加之焊接输入热少，熔化区与热影响区小，以及焊接收缩变形很小，从而在大功率电子束焊机与大型真空室建成的今天，获得广泛的应用。

该厂为开发此电子束焊工艺，进口了西德 Leybold Heraeus 公司的电子束焊机 ESW—2001/25H。在此基础上，对该电子束焊缝材料的致密性进行了试验研究。其结果表明，焊缝质量符合火电站与核电站焊缝检验规范，其机械性能、低周疲劳、抗腐蚀及持久强度等性能的研究，都取得了令人满意的结果。例如 15rc 及 15X1M1 ϕ 钢的焊缝的强度极限值在 293 K 时是一样的（280~300 MPa）。在低周负荷（10⁴ 次循环）时，阀体断裂发生在母材上。工作在 843 K 及

15 MPa 的蒸汽参数下的15X1M1 ϕ 钢材焊缝与工作843 K及15 MPa 蒸汽参数下的15 гс 钢材焊缝的腐蚀倾向, 都略低于各自钢种的母材。在843 K温度时15 X1M1 ϕ 钢焊缝的持久强度, 相当于该钢种本身的持久强度水平。

在开发锻焊结构阀体电子束焊接工艺的基础上, ЧЗЭМ安装了锻焊结构阀体的电站阀门生产线, 以便组织工业生产。

该生产线包括以下工段: ①制备用于电子束焊的半球形阀体; ②去除油污; ③安装两个半球形阀体并实施电子束焊; ④焊后的无损探伤检查; ⑤热处理; ⑥机加工及最后检查。

两个半球形阀体用电子束焊焊接时是在专门的调位装置上进行安装。该装置的光学系统能够把阀体对接边缘的间隙调整到小于0.2 mm; 把对接位置的水平精确度调整到小于水平面的 ± 0.1 mm。

安装好的阀体与调位装置一同装入真空室, 按以下工序自动施焊: 真空室抽到所需的真空度; 压紧施焊; 向真空室充气。此时工艺流程规定, 电子束以水平方向在阀体直壁上从其根部随移动衬垫沿阀体环缝施焊。衬垫的厚度一般是阀体施焊边缘厚度的20%, 即在6~15 mm之间。

半球形阀体对接环缝最后封口时, 电子束焊不必很平稳地熄弧, 因为在此封口处, 以后还要开孔, 安装筒形接头。半球形阀体采用电子束焊的焊接参数为: 电压150 kV, 电子束电流15~17 mA, 聚焦电流470 mA, 焊接速度12 m/h, 从焊枪头到施焊工件的距离220 mm。继后的工件环缝也是在同样的焊接参数下施焊, 只不过随施焊工件的边缘厚度增大, 电子束电流将增大到65~140 mA。

为了提高焊接过程中金属熔液的流动性, 以及改善熔池金属的除气过程(以此可减小焊缝金属中气孔的产生率), 采用了电子束的环扫描(频率100 Hz, 振幅1 mm)。

本文得到东锅阀门分厂王承亥、工艺处方有忠等的帮助, 特表谢意。

参考文献

[1] Чертков Н А, Зыбко И Ю и т.д. Промышленное освоение процесса ЭЛС штампованных корпусов арматуры. Энергомашиностроение, 1981, (9): 8-9

[2] Мошняк Е Н, Гуревич В З и т.д. Технология штамповки заготовок штампованных корпусов арматуры. Энергомашиностроение, 1982, (9): 9-11

[3] 溶接技术, 1986, (5): 56-62

[4] 溶接技术, 1986, (1): 5

Manufacturing Technology of Forge-welded valve Body Used in Soviet Power Stations

Le Yongzhuo (Dongfang Boiler Works)

Abstract

The author dwells on the necessity of developing at present the manufacturing technology of forge-welded valve body for use in Chinese power stations and describes the achievements of such technology in the Soviet Union. In addition, a comprehensive account is given of the electron-beam welding technology for fabricating valve bodies and the stamping technology for manufacturing semi-spherical valve bodies of forge welded construction, which have been currently developed by two Soviet manufacturing works.

Key words: manufacturing technology, valve, thermal electric power generation