

●工具研究与应用

国外穿孔机用复合顶头生产概述

宋箭平

敬华 罗丹

(北京科技大学) (成都无缝钢管厂)

论述比较了国外穿孔机用复合顶头制造的各种新工艺。指出热等静压 (HIP) 复合工艺是目前制造穿孔机用复合顶头的最佳工艺。

关键词 穿孔机 复合顶头 研制工艺

A GENERAL DESCRIPTION REGARDING MANUFACTURE OF COMPOUND PIERCER PLUG BY OVERSEAS INDUSTRIES

Song Jianping (Beijing S & T College)

Jin Hua Luo Dan (Chengdu Seamless Steel Tube Plant)

Based on a comparison between different new manufacture processes for compound piercer plugs prevailing overseas, it is concluded the hot iso-static press (HIP) combined processes is the best among all the processes employed nowadays in this regard.

Key words Piercer Compound plug Manufacture process

1 前言

穿孔顶头是无缝钢管生产中重要的工模具之一。在穿孔过程中,顶头表面因受到高温、高压和高剪应力的作用而易发生磨损、熔损和粘钢等问题,由此而缩短了顶头的使用寿命,恶化了钢管的内表面质量。尤其在穿孔含 Cr13% 以上的高铬钢及不锈钢时,由于这类钢的变形抗力大,穿孔中温升高,顶头与穿孔材料的摩擦系数大,因此,顶头的熔损、粘钢等严重。一支具有氧化层的普通顶头最多能穿轧 5 支不锈钢管坯。目前生产不锈钢管通常采用 Mo 或 Mo 基合金顶头,这类材料具有高的高温强度以及优良的抗粘钢性能,因而已被许多厂家所采用,如上海第五钢铁厂、大冶钢厂等,但是,这类材料非常昂贵,顶头的制造工艺极为复杂且机加

工困难,因而其生产成本很高。此外,这类材料的比重是钢的 1.3 倍,在 750℃ 以上易发生升华以及其热传导好等原因,导致钢管生产效率低、环境污染和顶杆变形等问题。

为了解决上述问题,美、德、日等国开展了许多研究工作,尤其是日本,用复合顶头来替代 Mo 或 Mo 基合金顶头已取得了有实际应用价值的成果。我国在该领域虽做了一些工作,但尚未取得实质性的进展,所以有必要了解国外在这个领域的发展状况,以便我们学习和借鉴,更好地改进国内穿孔顶头的制造工艺。

2 制造复合顶头的工艺及比较

2.1 制造复合顶头的工艺

制造穿轧不锈钢用复合顶头的方法有许多,随着科学技术的发展,各种新工艺将不

断涌现。下面就这类工艺近年来国外发展状况作一个简单介绍,并将它们按工艺特点分为如下7种类型。

2.1.1 直接粘接

用粘接剂直接将Ni粉+氧化铁粉或Co粉+氧化铁粉涂敷在顶头的Cr-Ni系低合金钢基材表面上。为了提高复合层与基材的结合强度,基材表面的粗糙度 $R_{\max}$ 要求在 $10\sim 100\mu\text{m}$ 的范围内;涂敷方法为喷涂或刷涂,复合层干燥后就可以直接使用。工艺流程为:铸造→机加工→喷丸→涂敷→干燥(自然干燥或烘干)。经这种工艺处理的顶头,其使用寿命略高于氧化处理的顶头或与其相当。该工艺还可对顶头进行迅速的反复处理,以延长顶头的使用寿命。

2.1.2 激光熔敷

用激光将化学成分为C 1%~3.5%、Co 0.2%~3%、W 0.1%~3%、V 0.1%~5%、Nb 0.1%~5%、Ti 0.1%~5%,余Fe的合金熔敷在Cr-Ni系低合金钢顶头的基材表面。熔敷层厚度为 $0.1\sim 10\text{mm}$ 。该复合层的组织结构为超细晶粒的过饱和固溶体,不仅具有高的强度和优良的耐磨性,而且开裂倾向小。为了获得这种组织结构的合金复合层,在制作过程中,冷却速度必须大于 300℃/s ,故一般要求激光器的功率密度为 130kW/cm^2 ,照射时间为5s。经该工艺处理的顶头,一般可穿轧不锈钢管7支左右。

2.1.3 堆焊

用堆焊法将顶头基材表面复合上厚约 $2\sim 6\text{mm}$ 的耐热合金、金属或钢结硬质合金,其耐热性、耐磨性和抗粘钢性能优良。顶头的基材为Co、Ni及Fe基等合金,加热时其组织变化小,与复合层熔焊性好,热膨胀收缩系数与复合层的相当(热膨胀收缩系数之差 $<15\%$),其强度高和韧性好。堆焊材料一般是含有硬质相如NbC、VC、 W_2C 、

TiC 、 Cr_3C_2 等合金碳化物或W粒体积百分比达20%~90%的Co、Ni、Fe基合金或金属。为了改善熔焊性能及界面结合强度,堆焊前需对顶头进行预热,堆焊后进行消除应力处理。为了提高顶头的使用寿命,有的厂家采用中间过渡层或准梯度功能复合层来改善顶头堆焊质量;有的应用堆焊与表面氧化处理相结合的方法,表面氧化层的厚度一般为 $30\sim 300\mu\text{m}$ 。经上述工艺处理的顶头,可穿管8支左右。

2.1.4 浸渗

Mo及Mo基顶头存在的主要问题之一就是在 1200℃ 穿孔时易产生 MoO_3 白烟(升华),既缩短了顶头的使用寿命,又严重地污染了环境。为了改善Mo及Mo基合金的高温抗氧化性能,采用扩散浸Si法,使顶头表面形成富Si的涂层。这样,顶头在穿孔时可形成致密的 SiO_2 ,一方面可防止Mo及Mo基合金的氧化,另一方面可在高温、重载下起润滑作用,以延长顶头的使用寿命。Si富化层的厚度一般为 $5\sim 200\mu\text{m}$,形成方法有Si粉埋入或其他一些方法。经这种工艺处理后的顶头可以减少Mo及Mo基合金中 MoO_3 的形成,提高了顶头的使用寿命,也改善劳动作业条件。

2.1.5 化学气相沉积

以Cr-Ni系低合金结构钢作为顶头基材,应用化学气相沉积法(称为CVD法),在顶头表面上复合一层或多层强度和硬度高、热传导系数小且耐氧化的陶瓷层。陶瓷层厚度一般为 $2\sim 10\mu\text{m}$ 。由这种工艺处理的顶头,其使用寿命可达40支左右,最高可达100支。物理气相沉积法(称为PVD法)一般不用于顶头的表面处理,因复合层与基材界面结合强度低,涂层易剥落。

2.1.6 等离子喷涂

以Cr-Ni系低合金结构钢作为顶头基材,应用常压或负压等离子喷涂法将含有金

属碳化物 30%~70%的Co、Ni 基合金或含有 Mo 50%~80% (wt) 的 Fe、Ni 基合金涂敷在顶头表面, 其复合层厚度一般为 1~3mm。经前者工艺处理的顶头使用寿命可达 8 支, 而后者可达40支。等离子喷涂可以进行单层或多层涂敷, 并形成准梯度功能复合层, 进一步提高顶头的使用寿命。

2.1.7 热等静压 (HIP)

在粉末冶金工业中, 为了制取高密度、高强度的材料或制品, 需采用一种高温、高压的致密化成型工艺。这种工艺能使粉末材料或制品的理论相对密度 (TD) 达到 99% 或100%, 使其具有优良的性能。但是, 由于它的设备复杂, 处理周期长, 生产成本低, 因此, 仅仅用于制造某些具有特殊用途难致密化的高合金、陶瓷材料或制品。

将热等静压用于制造复合顶头始于80年代。日本在这方面做了许多工作, 其典型工艺为: 粉末→冷等静压(预成型)→机加工→包套→抽真空焊封→热等静压。该工艺的优点是复合层与基材的界面结合强度高, 复合层厚度变化范围大。顶头基材一般采用 Cr-Ni系低合金结构钢、HB 热作模具钢以及陶瓷材料 (ZrO₂、Si₃N₄)。复合层材料多采用 Mo 或 Mo 基合金以及陶瓷等高温强度高、耐粘钢性能好、抗熔损性好的材料。复合层厚度大致为 2~20mm。预涂敷方法除

冷等静压外, 目前已发展了冷等静压+真空烧结或在保护气氛中烧结、直接粘着+真空烧结和等离子喷涂等新工艺。同时, 在热等静压工艺中还发展了无包套复合工艺, 进一步降低了顶头的生产成本。此外, 由于 Mo 或Mo基合金的热传导系数是钢的3倍以上, 且膨胀系数低, 单独在钢基表面复合 Mo 或 Mo 基合金易造成顶杆的粘着、变形和复合层的剥落, 因此, 在顶头基材与Mo或Mo基合金复合层之间设置中间过渡层, 如氧化铁、Ni、陶瓷层以及在基材表面形成一定形状的沟槽来减少复合层的剥落, 阻热量传播至基材, 提高界面结合强度。采用上述热等静压工艺制造复合顶头可节约大量昂贵的 Mo, 降降生产成本, 提高顶头的使用寿命和无缝钢管的质量。

2.2 各种工艺比较

各种制造复合顶头的工艺如表 1 所示。由表 1 可见, 第 1 种工艺的设备投资少、生产成本低, 且无污染, 但顶头的使用寿命低, 仅略优于经氧化处理的顶头或与其相当; 第 2、第 3 种工艺的设备投资较高、生产成本较低, 顶头的使用寿命略高于第 1 种工艺; 第 5、第 6 种工艺比较理想, 虽然设备投资较高, 但是顶头的生产成本较低, 而且顶头的使用寿命是经氧化处理的顶头的 8~10倍; 第 7 种工艺是目前最理想的生产复

表1 各种制造穿轧不锈钢用复合顶头工艺的比较

工艺序号	工艺种类	设备投资	生产成本	环境污染	基材钢种	使用寿命(支)	损坏形式
1	直接粘接	低	低		18Cr-Ni	5	粘钢、剥落
2	激光熔敷	高	较低		18Cr-Ni	7	开裂、剥落
3	堆 焊	较高	较低		18Cr-Ni	8	开裂、剥落
4	浸 渗	较低	较低	有	18Cr-Ni	>100	开裂、升华
5	化学相沉积	较高	较低	有	18Cr-Ni	40	粘钢、剥落
6	等离子喷涂	较高	较低		18Cr-Ni	40	开裂、剥落
7	热等静压	高	较高		18Cr-Ni	>100	升华
8	纯Mo或Mo基合金	高	高		18Cr-Ni	50~100	升华、开裂
9	氧化处理	较低	低		18Cr-Ni	4	粘钢、熔损

注: 第 8、第 9 种工艺是比较好, 分别为纯Mo或Mo基合金顶头和Cr-Ni系氧化处理顶头。

合顶头的工艺之一, 尽管设备投资高, 顶头生产成本较高、工艺也较复杂, 但是顶头的使用寿命是一般氧化处理顶头的数十倍, 高于Mo或Mo基合金顶头, 并且节约了大量昂贵的Mo, 其生产成本低于Mo或Mo基合金顶头, 所以, 该工艺得到了迅速的发展和应用。此外, 在第7种工艺中若采用无包套工艺, 则可进一步降低生产成本, 这是HIP复合工艺中的一个发展方向。

3 结语

对多种穿轧不锈钢用复合顶头制造工艺

的分析表明, 各种工艺都存在着一定的局限性, 如前3种工艺的顶头使用寿命低, 第5、第6种工艺虽然能在一定程度上提高顶头的使用寿命, 但是因其工艺自身的限制, 而只能使顶头的使用寿命达到40支。HIP工艺虽能大幅度提高顶头的使用寿命, 但仍不能彻底解决 MoO_3 的升华以及制造工艺较为复杂等问题。所以, 仍有必要对制造复合顶头的工艺进行深入的研究, 发展新的复合材料及复合工艺。

(收稿日期: 1993-05-03)

(上接第40页)

由于轧后钢管温度高, 其表面很快形成一薄层氧化铁皮, 因高压水除鳞有利于改善定(减)径后钢管的表面质量; 另外钢管定(减)径后温度高易引起机械性能的恶化, 而高压水又能起调节轧后温度的作用。

微张力减径机减径量大(40%~60%), 除了能提高整个机组的延伸能力, 扩大产品规格范围外, 还能有效地消除轧后荒管的外螺纹和其它表面缺陷。从目前情况看, 配置微张力减径机有利于提高产品成材率。

4 结语

尽管AR轧管机目前还存在一些尚待解决的问题, 尤其是用作高产量轧管机不太合适, 但是该机组具有设备少、工序简单、产品质量好、生产灵活性大、成材率高等一系列其它类型轧管机组不可比拟的优点, 所以该轧管机在今后无缝钢管生产领域中将具有旺盛的生命力。烟台鲁宝钢管厂的生产实践表明, AR轧管机适合于中小型生产企业, 可作为我国中小型无缝钢管轧机技术改造的优选机型。

(收稿日期: 1992-11-02)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告