

探讨高强度结构钢板的冷弯成型工艺

张 卫 国

(镇江东联仓储设备有限公司, 江苏 镇江 212008)

摘 要: 分析了高强度结构钢板的物理性能及其冷弯成型的性能, 并根据货架组件冷弯成型生产过程中产生的冷弯裂纹、边部波浪、袋形波、纵向弯曲、角部皱褶、扭曲等冷弯缺陷, 提出了相应的工艺改进措施。

关键词: 高强度结构钢板; 冷弯成型工艺; 货架钢结构; 冷弯效应

中图分类号: TG335.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3938(2005)03-0052-03

近年来, 随着货架钢结构理论的不断探索, 物流仓储事业的不断发展和应用, 为了满足对货架钢结构强度、刚度和稳定性方面的要求, 减轻货架自重等方面的要求, 高强度结构钢板因其综合机械性能好、性价比高, 在货架钢结构设计中的使用不断增多, 给我们在货架结构件的冷弯成型工艺及改进零件成型方面, 又提出了相应的课题, 促使我们必须不断研究高强度结构钢板的物理性能及其冷弯成型加工工艺, 采取相应的技术措施, 保证材料的综合机械性能, 并满足相关钢结构设计要求, 提高货架钢结构的整体强度、刚度和稳定性方面的性能。

1 对冷弯型钢所用材料的要求

冷弯设计中普遍认为: 冷弯型钢所用材料一般采用 $w(C) < 0.1\%$ 的低碳钢, 其次是 $w(C)$ 为 $0.1\% \sim 0.2\%$ 的低碳钢 (在成型过程中易产生裂纹, 必须注意检查和控制, 必要时须经退火处理), 不采用 $w(C) > 0.9\%$ 的碳钢 (即使经过退火处理也无法进行冷弯成型加工)。

材料的材质、尺寸精度、表面质量、成型形状和力学性能等对冷弯型钢产品的表面质量、强度、耐蚀性及其使用寿命有着直接的关系, 根据《冷弯薄壁型钢结构技术规范 GB 50018—2002》有关规定: 用于承重结构的冷弯薄壁型钢的带钢或钢板, 应采用符合现行国家标准 GB 700—88《碳素结构钢标准》规定的 Q235 钢和《低合金高强度结

构钢》GB 1591—94 规定的 Q345 钢。当有可靠根据时, 可采用其他牌号的钢材, 但应符合相应有关国家标准的要求。由此我们可以参照有关规定制订高强度结构钢板的有关化学成分、材料的尺寸公差、有关钢带的不平度和镰刀弯允许偏差及材料的力学性能和冷弯试验要求。特别是相关材料的屈服点上的纵横伸长率及冷弯试验得到的弯心直径等对冷弯型钢产品的影响很大。这些实际上也进一步限制了高强度结构钢板在冷弯行业中的发展。

2 高强度结构钢板的特性

高强度结构钢共分 Q295、Q345、Q390、Q420 和 Q460 五个牌号, 根据货架钢结构的受力分析并考虑到材料的冷弯工艺性, 多选用抗拉强度大于 $490 \sim 980 \text{ MPa}$ 的高强度结构钢板。如: Q345 (基本化学成分和力学性能见表 1 和表 2)、低合金结构钢 SS490 等。为了提高钢材焊接的抗冷裂性能和低温韧性, 降低含碳量是很有效的措施。但是, 降低含碳量又会影响钢材的强度。为了弥补这一缺陷, 在钢材冶炼过程中, 可通过加入多种微量元素, 特别是 B 等能对材料淬透性有强烈影响的元素, 来提高材料的淬透性, 只要添加少量的合金元素就能通过淬火或高温回火获得回火马氏体或贝氏体。这样处理的调质钢, 不仅具有足够高的强度, 而且具有良好的塑性和韧性。所以为了达到相同的强度, 高强钢所需的合金元素含量

比正火钢低,具有低 C 和低 P 的特点,焊接工艺性好,热影响区淬硬倾向小,冷裂纹敏感性低。这些钢添加元素有 B、Cr、Ni、V、Ti 和 Cu 等,大大提高了材料的各种性能指标。S、P 和杂质对高强钢的加工性能有一定的影响,其中非金属夹杂物在轧制时会沿轧制方向形成纤维状组织,在辊式冷弯成型时易产生边角部裂纹,必须在相应的钢号化学成分中添加补充规定,以上几个方面也是我们选择高强度结构钢板在冷弯行业中应用的基本依据。

表 1 Q345 钢的化学成分 %

w (C)	w (Mn)	w (Si)	w (P)	w (S)
0.2	1.0 ~ 1.6	0.55	0.035	0.035
w (Al)	w (V)	w (Nb)	w (Ti)	
0.015	0.02 ~ 0.15	0.015 ~ 0.06	0.02 ~ 0.2	

表 2 Q345 钢的力学性能

伸长率 / %	0	冲击功 / J	抗拉强度 / MPa	屈服强度 / MPa
22		34	470 ~ 650	324 ~ 259

注:其中壁厚介于 16 ~ 35 mm 时,屈服强度 325 MPa;
壁厚介于 35 ~ 50 mm 时,屈服强度 295 MPa。

3 高强度结构钢板的冷成型性能

高强度结构钢板的不足之处是热成型及焊后热处理温度的确定都受到材料软化问题的限制。因此,在实际应用中为了避免热成型工艺对材料机械性能的影响,对板厚较小的材料,采用冷成型工艺进行冷弯件加工是一种既经济又实用的办法。实际上在货架钢结构的应用中目前影响因素较小或不明显,因为货架钢结构中的应用板料厚度主要集中在 4 mm 以下;但当板厚超过 25 mm,在采用冷成型工艺进行冷弯件加工时,部分材料会发生断裂,断口呈纤维状,色泽灰暗,断口附近有宏观的塑性变形,这是属于后延性断裂特征。分析其断裂原因,除了温度、加载速度等外界因素对材料的断裂形式有很重要的影响之外,首先是冶金方面的因素,在生产薄板时,材料的压延量大,终轧温度低,组织细密,内外层均匀;而在轧制厚板时,材料的轧制次数少,终轧温度高,组织疏松,内外层均匀性较差。其次是材料的应力状态对冷成型工艺的影响,当板材比较薄时,材料在厚度方向变形比较容易,径向材料应变值小,沿厚度

方向的应力也较小,其受力接近于平面状态;而厚板由于沿厚度方向的收缩变形受到很大的限制,进行冷弯加工时,在冷弯件的表面易形成微小裂纹,裂纹处形成三向应力,即所谓的平面应变状态使材料变脆,产生断裂。另外,材料表面的温度冷硬化现象较薄板明显,硬度过高也是造成在冷弯加工中发生断裂的原因,部分材料虽然没有折断,但是,其冷弯表面已经有明显的裂纹,而且由于加工表面冷作硬化现象的发生,材料的塑性降低,一旦使用,也将对整个冷弯钢结构的强度、刚度、稳定性形成潜在的危险。在一些应用场合必须进行高强度结构钢板的冷弯试验,控制设计弯曲半径满足基本孔型设计要求。

4 高强度结构钢板的冷弯缺陷

冷弯成型过程是一个十分复杂的过程,如果设计不合理,在调试过程中会出现边部波浪、袋形波、纵向弯曲、角部皱褶、裂纹及扭曲等变形缺陷,这些问题往往在调试生产过程中才能发现,而一旦发现这些问题必须很好地解决,否则变形缺陷的存在会进一步破坏高强度结构钢板的冷弯成型工艺性。

(1) 高强度结构钢板最主要的冷弯缺陷为冷弯裂纹,这是由高强度结构钢板本身的材料特性决定的。

(2) 袋形波的产生主要是由于高强度结构钢板在弯曲过程中产生了横向拉伸的不均匀应力、应变,而板料沿厚度方向的应变相对较小,根据材料变形的泊松关系,必然会在变形比较集中的部位沿纵向出现收缩变形。而这种弹性变形的反复作用还会形成高强度结构钢板表面裂纹的产生。

(3) 边部波浪的产生主要是两种作用的综合:第一种同前面袋形波的作用机理相同;第二种是边缘部分的材料先是在外力作用下被拉伸剪切变长,后又再次被压缩剪切产生塑性变形造成波浪。

(4) 造成纵向弯曲的原因较多,其中一个很重要的原因是断面的边部在弯曲侧面时受到张紧力的作用,力图将整个断面沿纵向拉长,但张紧力不足以拉长整个刚性断面,导致轧件前端出现向上或向下弯曲的现象,厚板比薄板更容易产生纵

向弯曲。目前由于设备装置有校直装置来弥补校正,所以并不为很多人重视。

5 高强度结构钢板的冷弯工艺

(1)由于高强板所形成的高刚性型钢具有很大的惯性矩和抗弯模量,特别是由于应用上的要求需要预冲孔后进行冷弯加工生产,会形成材料表面平整度和材料边缘尺寸上的差异,因此要求对该类高强度结构钢板的冷弯孔型的设计中需要多加侧向定位装置,合理设计孔型、合理布置轧辊间隙等,确保进入每道孔型的材料不跑偏并尽可能地消除材料表面平整度和材料边缘尺寸上的差异对后续冷弯成型形状的影响;另一个突出的特点为:高强度结构钢板的成型回弹现象较严重,回弹会导致出现弧边,必须依靠过弯来修正,且过弯角比较难掌握,需要在生产调试过程中进行调整修正。

(2)需要较多的成型道次。在辊式冷弯成型过程中主要加工过程为弯曲变形,除产品弯曲角局部有轻微减薄外,变形材料的厚度在成型过程中假定保持不变;在孔型设计时,要注意合理分配变形量,尤其是在第一道、后面几道,变形量不易过大。另外可以使用侧辊和过弯辊,对型材进行预弯,且使型材断面的中性线与成品型材的中性线重合,使型材上下所受的力平衡,从而避免纵向弯曲。如果在加工过程中发现纵向弯曲,可根据实际情况增加部分轧辊,尤其注意后面几道。其它如使用矫直机进行矫直,变更机架间距,采用托辊,调整各架次的轧辊间隙等措施均可减小或消除纵向弯曲。需要注意的是,通过调整各架次的轧辊间隙来减轻纵向弯曲需要有熟练的技术才行。

(3)辊式冷弯速度的控制,成型辊压力的调

整要合适,尽量减少反复冷弯弯曲疲劳裂纹,并适当进行润滑和冷却,进一步减少热应力裂纹的产生等,控制弯曲半径,即弯曲半径不能太小,否则产品表面易产生裂纹,针对高强板在冷成形冷弯工艺中出现的后延性断裂现象,为了满足结构设计要求,建议在满足材料的力学设计要求的前提下优化截面形状,如增加弯角半径、减小冷弯角或加大截面形状等方式处理也是一种行之有效的方法。

6 结 语

由于结构设计和应用上的需要,大量使用冷弯型钢时,应对高强度结构钢板的具体成型工艺做一定时期的生产现场的产品跟踪并不断完善冷弯成型工艺,以保证产品的设计质量和加工质量,对高强度结构钢板冷弯型钢采用冷成型工艺时,要注意其开口断面的尺寸变化较大且不稳定,当产品尺寸要求较严格时,必须结合后续加工手段来达到,这样才能充分发挥高强度钢板的综合机械性能,最终保证冷弯型钢结构的整体加工质量。

参考文献:

- [1] GB50018—2002,冷弯薄壁型钢结构技术规范[S].
- [2] CECS23-90,钢货架结构设计规范[S].
- [3] 王先进.冷弯型钢生产及应用[M].北京:冶金工业出版社,1994.

作者简介:张卫国(1968-),男,工程师,主要从事企业的设备管理和维修、产品开发等工作,(地址)镇江市东吴路129#3-401室(电话)0511-8817039(E-mail) zhangweiguozj@163.com。

收稿日期:2004-10-10

编辑:罗刚

中哈石油管道全线开工

据《经济参考报》报道 3月23日,新疆陆路口岸阿拉山口附近,中哈石油管道新疆段工程正式开工。中哈石油管道西起哈萨克斯坦里海沿线的阿特劳,最终到达中国新疆的独山子石化公司,管道全长3000多公里,由中哈双方投资30亿美元。按照规划,该管道将于2005年12月16日全线贯通。

ing and double faced forming of CO₂ gas metal - arc welding to welded pipe. Prepared welding process is practical and reliable and provides reference basis for the similar welding of welded pipe.

Key words: CO₂ gas metal-arc welding; single welding and double faced forming; welding process

Evaluation of Flaw Kinds During Welded Seam Ultrasonic Test

HUANG Lei, WANG Chang-an, NI Hu-qian

Abstract D: 1001-3938(2005)03-0049-EA

Abstract: It presents qualitative evaluation method of flaw combined with the position of flaw and welding procedure through analysis of typical flaws and its character of reflected wave as well as wave's forms of flaws.

Key words: ultrasonic testing; welded seam; flaw evaluation

Discussion on Cold Bending Forming Process of High Strength Structure Plate

ZHANG Wei-guo

Abstract D: 1001-3938(2005)03-0052-EA

Abstract: It analyzes physical property of high strength structure plate and its property of cold bend forming and puts forward related process improving measure in accordance with shelf module's cold bend defects of cold bending cracks, side wave, pouched wave, longitudinal bending, corner wrinkle and twist, etc. occurred during cold bend forming production.

Key words: high strength structure plate; cold bending forming process; shelf steel structure; cold bending effect

Preparing Pipe Additional Technical Specification for Crossing Changjiang of YICHANG Crude Oil Pipeline

ZHAO Wen-ming

Abstract D: 1001-3938(2005)03-0055-EA

Abstract: It introduces preparing principle and main target requirement of ERW pipe additional technical specification for Yizheng—Changling crude oil pipeline project in chemical composition, mechanical properties, geometrical dimensions, manufacturing process and test requirement combined with application of ERW pipe on this project and aimed to special work conditions of directional drilling crossing. It points out that to establish pipe additional technical requirement shall consider from practical demand and live up to rational matching harmony to gain final the best quality-value ratio.

Key words: ERW pipe; pipe crossing; additional technical specification; rational matching; quality-value ratio

Production Method Research to Internal Surface Hot Coating of Electric Welded Pipe

Translated and edited by L N Li-heng

Abstract D: 1001-3938(2005)03-0057-EA

Abstract: It presents a process method which it hot applies on the surface of strip first and then formed pipes with strips well treated. It indicates the method that it can adopt to compress 10% thickness after applying and make the coated layer pre plastic deformation as well as applies different thicknesses layers (i.e. gradually increasing applying thickness from centre line of strip) along with the direction of strip width during coating to increase the uniformity of coating layers after forming and improve anti-corrosion properties of coated layers by researching the properties and production process of this process method to produce two different sizes welded pipes.

Key words: electric welded pipe; coating; anti-corrosion property; production; process

Paint Mist and Yawp Pollution Control of Pipe Spray Paint Section

WANG Fu-mao, WANG Fa-zhan

Abstract D: 1001-3938(2005)03-0060-EA

Abstract: The pipe shall be protected with surface paint to prevent pipe rust during transportation for ensuring the quality of pipe during galvanized pipe production process. It analyses the composing and its harm of paint mist contamination and introduces design principle and process disposal of secondary filtering absorption clarifier. It puts forward yawp optimize design scheme of control spray paint fanner—assembly type double layers optimizing sound isolation cover. After disposal, contamination of paint mist and yawp at pipe spray paint section gained effective control, achieved project effect with drop yawp above 25 dB(A) and meet the requirements of environment yawp specification.

Key words: steel pipe; paint mist; yawp; pollution control

Pre Evaluation on Reliability of West-East Gas Transmission Pipeline

LUO Jin-heng, Zhao Xin-wei, Han Xiao-yi, Dong Bao-sheng, Huo Chun-yong

Abstract D: 1001-3938(2005)03-0062-EA

Abstract: The actual pipeline generally occur certain failure probability and reliability due to the indetermination of pipe quality, material property, internal pressure, accident load etc. It introduces a method that use failure evaluation chart and Monte Carlo method to calculate pipeline reliability and pre-evaluate the reliability of West-East Gas Transmission Pipeline by adopting target reliability abroad. The results show that the reliability of West-East Gas Transmission Pipeline fully meets requirements of specification whether it exist certain probability of defects failure inspection or not. In order to improve reliability of pipes, strict inspection shall be performed through manufacture of pipes and welding during construction of pipeline to avoid defects failure inspection caused by man.

Key words: west-east gas transmission pipeline; reliability; failure evaluation chart; pre-evaluation; monte carlo method