

★★世纪期刊网-专业期刊论文原文服务网站★★

【关于我们】

世纪期刊网专业提供中文期刊及学术论文、会议论文的原文传递及下载服务。

【版权申明】

世纪期刊网提供的电子版文件版权均归属原版权所有人，世纪期刊网不承担版权问题，仅供您个人参考。

【联系方式】

电子邮件 support@verylib.com

【网站地址】

世纪期刊网 <http://www.verylib.com>

【网上购书推荐商家】

[当当网](#) [卓越网](#) [读书人网](#)

[京东IT数码商城](#)

本次文章生成时间：2010-3-24 13:36:56

[文章内容从第二页开始!](#)

请将本站向您的朋友传递及介绍!

• 综合评述 •

我国冷拔管技术的发展

刘铁军

(合肥钢铁集团有限公司)

摘 要 介绍了运用平面应变理论,在预应力高刚性全液压冷拔机上,通过专减壁厚拔管的变形方式,直接拔制液压气动缸筒用管。分析了拔管时的拔制力、合理减壁率及冷拔工艺与设备特点。提出了全面控制工艺系统精度是提高产品质量的关键。实践表明,采用高精密冷拔钢管制造缸筒,其强度和刚度高,耐磨性能好,且具有内表面硬外表面韧的特点。高精密冷拔缸筒管是一种直接制造各类缸筒的理想金属材料。

关键词 平面变形 专减壁厚拔管 预应力高刚性全液压冷拔机 工艺系统精度 产品性能

Development on Technology of Domestic Cold-drawn Tube

Liu Tiejun

(Hefei Iron & Steel Group Co. Ltd.)

Abstract Direct-drawing of hydraulically pneumatic cylinder tube on high-rigid prestressed cold-drawing bench with all-hydraulic drive through deformation form of tube-drawing with special reduction of wall-thickness by use of plane-strain theory is introduced. The drawing force, rational wall-thickness reduction and the characteristics of cold-draw process and equipment are analyzed. The author emphasizes that complete accuracy control of the process system is the key to improve the product quality. The practice has proven that the cylinder made with high-precision cold-drawn steel tube has high strength and rigidity, good wearresistance, hard inner surface and tough outer surface. High-precision cold-drawn cylinder tube is an ideal kind of metal material for direct production of various cylinder.

Key words plane strain tube-drawing with special reduction of wall-thickness high-rigid pre-stressed cold-drawing bench with all-hydraulic drive accuracy of process system product property

1 前言

长期以来,冷拔管技术的表现形式,始终停留于减壁必须减径的传统变形方式,使用的拔机也一直沿用单体模座。由于其拔制方法与设备结构缺乏创新,阻碍了某些高精密产品通过冷拔工艺向近终形方向拓展。

20 世纪 80 年代中期,为节能和节材、提高管材产品技术含量和附加值、优化产品结构,我国自行设计研制成功一套新颖独特的冷拔工艺系统。有效地直接拔制出高精密冷拔钢管——液压气动缸筒,目前已广泛应用。本文就此作简要介绍。

2 平面应变原理的应用

如图 1 所示,由拔模和芯头组成锥-柱状孔型,采取专减壁厚平面变形的方式进行拔管。由于拔管无需强迫缩径进行直接减壁变形:(1)允许减壁的变形量增加,内外壁可同时得到加工,从而提高了钢管塑性加工精度、表面光洁度和机械性能。(2)消除了原来拔管因缩径产生的皱折及由此可能导致纵、横向裂纹的渊源,完全排除了最终制品的质量隐患。(3)解决了用大口径管缩径为小直径管材的不合理性。因此,避免了传统拔管工艺的诸多缺点。由图 1 可以看出,模孔与芯头表面母线决定了拉拔的变形过程。实践表明,这种模型对拉拔过程、产品质量、规格范围、拔机产量等均有积极影响。

2.1 拉拔变形力分析

作者简介:刘铁军,教授级高级工程师,安徽省合肥市(230011)合钢检测中心

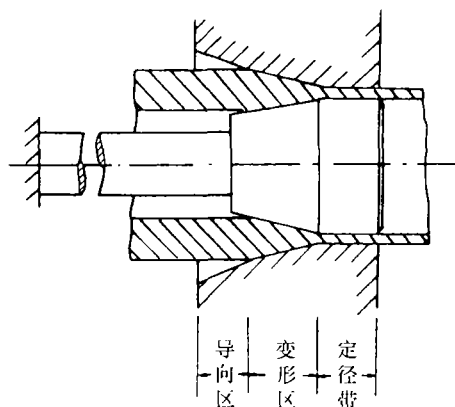


图1 专减壁厚拔管示意图

图1示出了在专减壁厚拔管过程中,拔模与芯头和金属的接触表面分有塑性变形区(以下简称变形区)和弹性变形区(以下简称定径带)。拔管前,固定芯头和拔模分别直接贴入预先加工成锥度的管坯头部,造成拉拔时管子的直径不变,只是壁厚改变。随着夹持装置拉拔钢管前进的位移增加,芯头与拔模和金属的接触面积逐步增大,形成变形区。从a点开始拔制力也呈线性增加(见图2)。由于没有周向应变,故可视为平面应变问题。当拔管到达b点以后,纯径向压缩完成。从a到b的瞬时径向减壁量不再发生变化,所以在变形区内减壁变形引起的拉拔力也不再发生变化。但在变形区受到变形结束之后的金属,进入定径带内其应力应变关系仍遵循虎克定律变化。因此,按照弹性卸载定律,这部分金属仍处于弹性变形状态,力图在径向扩张;由于在b-c段受到拔模与芯头之间的径向压力,所以在b点以后总

的拉拔力仍略有增加,到c点达到最大值。根据以上分析,拉拔力应等于克服变形区内金属拉拔应力与定径带内金属移动阻力之和。

2.1.1 变形区金属拉拔应力计算

由图2所示拔模与芯头之间管坯基元体上所作用的应力分量,假定模壁上的压力等于芯头上的压力,引用G. W. ROWE^[1]推导的固定芯棒闭式锥孔模拉拔出口处的轴向应力公式,计算本文b点处模壁或芯头上的压力。

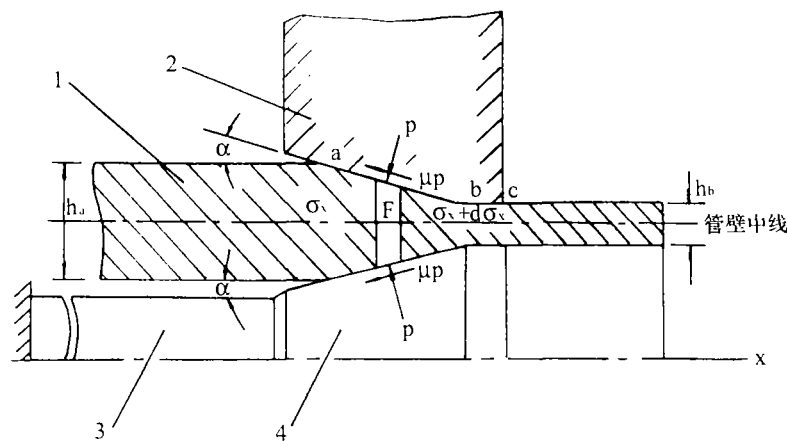
$$\sigma_{xb} = S l + B/B[1 - (h_b/h_a)^B] \\ = \bar{\sigma}_p l + B/B[1 - (1 - \epsilon)^B] \quad (1)$$

式中,B为拔制工艺参数, $B = \mu / \tan \alpha$ (其中 μ 为芯头、拔模表面上的摩擦系数, α 为拔模半角); ϵ 为拔管壁厚减壁率, $\epsilon = (h_a - h_b) / h_a \times 100\%$; $\bar{\sigma}_p$ 为平面应变条件下的平均压缩屈服应力,根据减壁率 ϵ 的大小,由采用实际测定和数学解析方法所制定的图3查得。

2.1.2 定径带金属移动阻力计算

经过变形区变形之后的钢管进入定径带内不再承受塑性变形。但这部分金属仍处于弹性变形状态下作整体移动,力图在径向涨大,因而受到定径带拔模与芯头的径向压力。为求定径带内这一压力和摩擦作用而产生的阻力,在定径带内管壁上取一单元体(见图4)分析其平衡状态微分方程。

根据最大切应力理论,定径带金属未到达塑性状态的条件是 $\tau_{\max} = \sigma_s / 2$ 。因而这部分金属所受径向压应力 σ_r 最大不会超过 $\sigma_s / 2$,取 $\mu \sigma_r$ 的最大可能 $|\mu \sigma_r| = \sigma_s / 2$,代入微分方程后,积分整理得到定径带出口处(c点)钢管的移动阻力为:



1—管坯;2—拔模;3—芯杆;4—芯棒;ab—变形区;bc—定径带

图2 拔管变形区受力简图

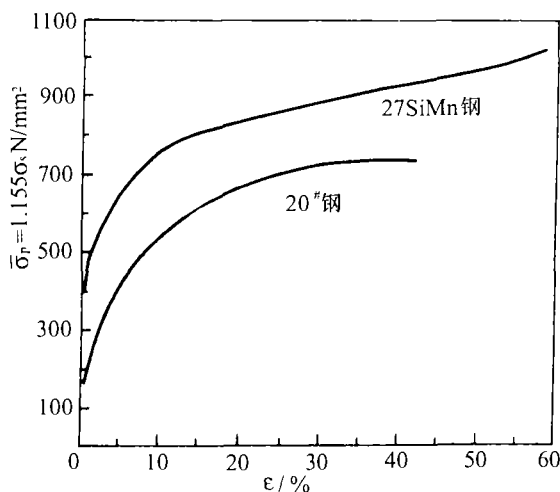
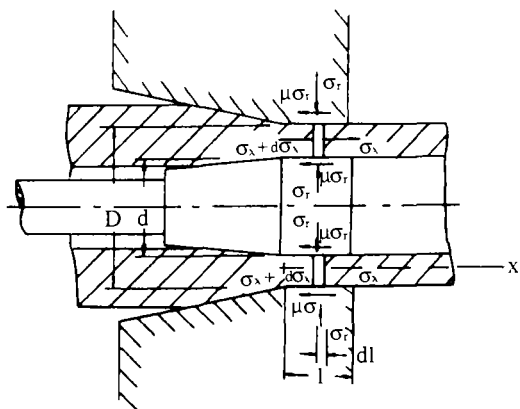
图 3 $\bar{\sigma}_p - \epsilon$ 实验值与回归曲线图

图 4 定径带管壁受力分析

$$\sigma_{xc} = 2\mu\sigma_s l / (D - d) \quad (2)$$

式中, D 、 d 分别为拔模、芯头定径带直径; l 为定径带长度。

2.1.3 拔制力计算公式

综上所述, 专减壁厚拔管单位拔制力的组成应为:

$$P = \sigma_{xb} + \sigma_{xc} \quad (3)$$

将式(1)、(2)代入式(3)得单位拔制力

$$P = \bar{\sigma}_p l + B/B[1 - (1 - \epsilon)^B] + 2\mu\sigma_s l / (D - d) \quad (4)$$

用 20 钢、27SiMn 钢热轧管, 分别在 1470kN 和 2450kN 高刚度预应力全液压冷拔机上进行了正常拔管测压试验, 其实测数据与用式(1)、(2)、(4)计算出的拉拔应力、移动阻力及总拔制力数据比较, 计算结果平均大于实测值 1% 左右, 可见计算公式有足够的计算精度。

2.2 合理减壁率

采用固定式芯头组成锥形孔型拉拔, 金属在变形区始终保持平面应变条件。但由于拔制的是高精密制品管, 所以最终限制每道次减壁率 ϵ 大小的不是拔管的强度极限, 而应该是其屈服极限。因此, 根据拉拔应力公式(1)可求出每道次的最大减壁率:

$$\sigma_s / \bar{\sigma}_p = 1 + B/B[1 - (1 - \epsilon)^B]_{\max} \quad (5)$$

式中, σ_s 为拔管屈服强度; 工艺参数 B 中摩擦系数取 $\mu = 0.05$; $\alpha = 6^\circ$; 平均压缩屈服应力 $\bar{\sigma}_p = 1.155\sigma_s$ 。

代入式(5)可得 $\epsilon_{\max} = 0.34$ 。

由此表明, 拔制高精密管的道次减壁率的极限值可达到 34%。但是, 如果在大变形量条件下拔制, 当拔管离开模孔后, 由于管内无支撑, 在轴向拉应力作用下, 钢管可能产生沿周向收缩, 影响拔管公差精度等级。根据经验, 拔制缸筒管的道次减壁率, 还应参考拔管的钢种与其成品管内径 d /壁厚 $\delta < 20:1$ 时, ϵ 可在 $\geq 20\%$ 的范围内选取; 高碳钢、合金钢或 $d/\delta \geq 20:1$, $\epsilon \geq 15\%$ 为宜。

3 高刚性拔机设计

设计的高刚性全液压冷拔管机, 为预应力多座式机架结构。整个拔机由图 5 所示的 10 个部分组成。机架由 3 个闭口式牌坊、4 根拉杆、8 根撑管通过预紧力紧固成框架结构, 使整个拔机机架保持整体性。

拔机在预应力状态下工作, 承载时, 牌坊不发生震动和倾斜变形, 受力均匀, 极大地提高了拔机的刚度、强度和精度, 稳定可靠。组装调试后, 通过加载棒保压试验, 实测拔机牌坊位移、轨道梁挠度等各项性能参数, 均低于理论计算允许值。

自首台 1470kN 预应力高刚性冷拔机问世以来, 推广应用发展很快, 国内至今已生产同类型 1470~5390kN 拔机 27 台。现将拔机主要特点分述如下。

(1) 结构简单、制造方便

由于冷拔机各零部件均属简单断面, 易于加工。预应力框架结构机架的强度高、刚性好、承载力大。可以进行大变形量拔制, 对钢管的椭圆度、壁厚差有较强的纠偏作用, 有利于获得拔管内外径尺寸公差的高精度等级和低粗糙度表面。

(2) 同心度高

主缸缸活塞杆的拉力作用线、拔模、芯杆和拉管装置行走轨迹的中心线以及钢管的轴线完全一致。

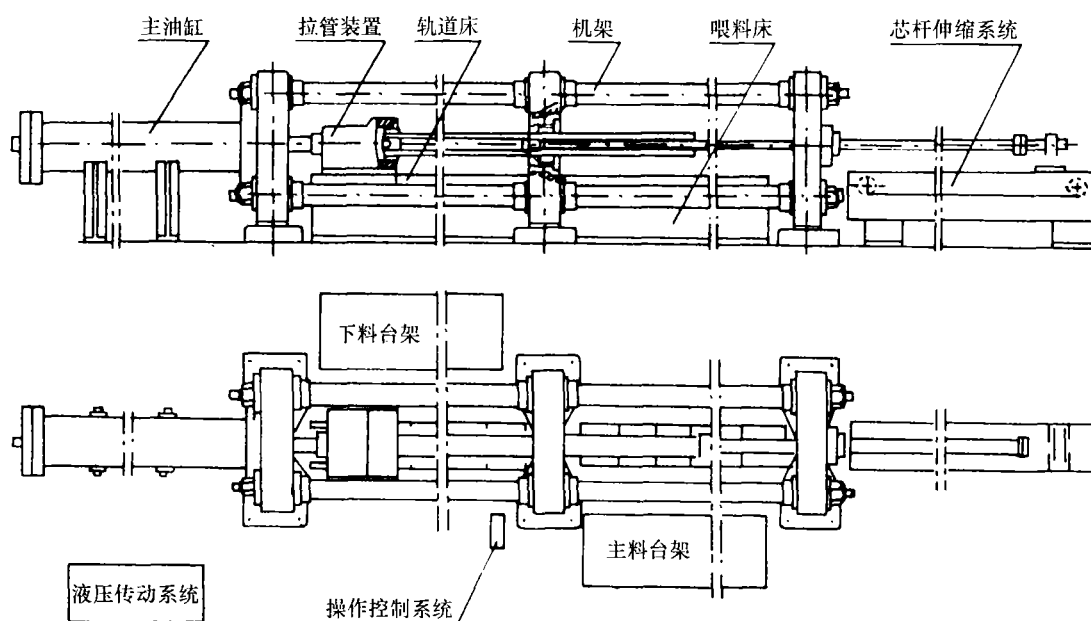


图 5 预应力高刚性全液压冷拔管机结构

所以在拔制过程中拉管始终沿拔制线运行,拔管不产生径向跳动,其同轴度和直线度高。

(3) 无级调速

由于液压系统采用插装阀集成块工作,拉拔速度可在较宽范围内平滑调整,操作非常灵活方便。根据拔管品种需要和道次变形量大小,可实行低速咬入,高速拉拔的操作制度。

(4) 拉管装置新颖

该装置由套口式锁紧油缸及卡块组成,拉拔时钢管无偏心、打滑、断头现象;比钳口式夹持装置优越,节省了钳口板消耗、减少管端车头长度,提高了成材率。

(5) 设备基础简易

由于缸座、模座和尾座是用拉杆联结而成的框架整体结构,使拔管时的拉力在整个机架中自行封闭,地基不承受拔机水平拔制力,只承受设备重量,从而节省了大量的钢筋混凝土及施工费用。

(6) 维修方便

整个拔机的主辅助设备动作全部由液压缸完成。除少量密封圈、档圈需定期更换外,拔机上无任何易损传动件,无需解体检修。

4 工艺系统监控

直接拔制内径尺寸公差符合 GB1801—1979《公

差与配合尺寸至 500mm 孔、轴公差带与配合》规定的液压气动缸筒用管,除要求足够的拔机刚度,合理的模具服役性能外,还必须要有充分的工艺系统精度保证。拔机、模具、芯杆、夹持装置和管坯等构成了一个完整的工艺系统。缸筒用管的几何精度主要取决于整个工艺系统的精度。工艺系统误差称为原始误差,引起原始误差的因素很多(见图 6)。成品管的几何精度反映了工艺系统的精度。因此,在实际生产中,首先要找出工艺系统中存在的影响原始误差的主要因素^[2],对其进行有效控制,以尽力消除或减少其产生某个静误差与动误差的影响程度,在确保工艺系统稳定基础上,保证产品的高质量要求。

5 冷拔缸筒管产品性能

冷拔缸筒用管要求尺寸精度高,内表面粗糙度值低,经权威计量部门检测均达到,个别指标优于 GB8713—1988《液压和气动缸筒用精密内径无缝钢管》和 ISO4394/I—1980(E)《流体传动系统和元件—缸筒》标准。单位质量的断面性能优于同型切削加工—调质产品(见表 1),而且四个象限的性能均匀一致。特别对于壁薄、细长难于加工的缸筒,用冷拔产品更为有利。该系列产品于 1989 年被国家计委确定为国家级新产品^[3]。

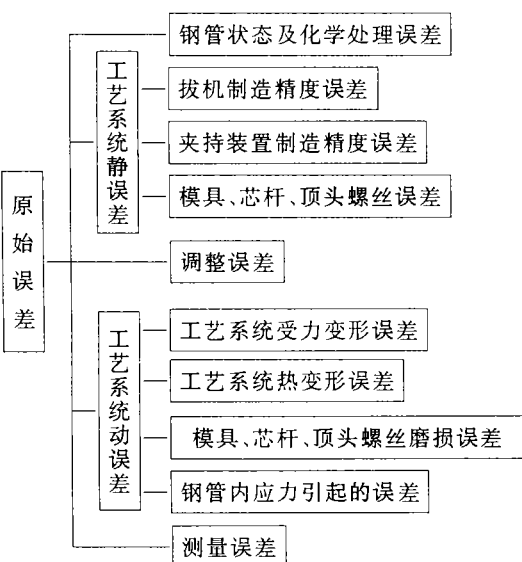


图 6 影响缸筒用管几何精度的因素

根据专减壁厚拔管不同变形方案,缸筒管还可具有不同的性能特征。例如,将 20 钢 $\varnothing 56(H8)mm \times 5mm$ 缸筒管制成的叉车用升降缸筒,在门架试验台上(泵站压力 17.5MPa)连续作 8 万次(行程 125km)疲劳试验。试验结果表明,缸筒的尺寸、形位公差精度无变化,无磨损痕迹;缸筒外壁沿径向(大于壁厚 1/2 的基体上)金相组织显示出轻微变形或未变形的特征,基本上保持了原管坯的组织结构;强度变化不明显,拉力试样的断口为典型的杯状塑性断口,表现出高塑性与高韧性的特征。缸筒管的这种内硬外韧特征,恰好与缸筒在受内压时所产生的周向应力分布一致。

由此可见,冷拔缸筒具有高强度、高刚度及内表面硬、外表面韧等优异性能,选其制造液压气动设备,可在相同的耐压度下减小缸筒的壁厚,减轻缸体的实物重量,达到降低制造成本的目的。

表 1 冷拔缸筒管与调质管的力学性能对比^[4]

钢 种	冷 拔 状 态				调 质 状 态			
	$\sigma_{0.2}/MPa$	σ_b/MPa	$\delta_5/\%$	HB	$\sigma_{0.2}/MPa$	σ_b/MPa	$\delta_5/\%$	HB
	$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\geq$
20	560	700	9	180	500	600	21	170
30	620	730	8	200	590	630	15	210
45	682	780	7	215	650	750	12	250
20Mn2	624	791	8	195	590	785	10	187
27SiMn	810	950	8	230	835	980	12	255

注:冷拔状态数据指内壁,均为 3 个数的平均值;调质状态数据选自文献^[5]。
冷拔状态随拔制规格的不同,变形量分别在 25%~35%之间。

6 结语

运用平面变形原理,采取专减壁厚的拔管方式,在预应力高刚性冷拔机上直接拔制高精密缸筒管,是冷拔技术的一大突破。十多年来的工业生产与实际使用表明,采用冷拔工艺直接生产液压气动缸筒用管,技术先进可靠,比采用金属切削工艺生产缸筒其金属利用率可提高 15%~30%,节约电能达到 70%~80%,提高工效几十倍,具有较高的经济价值和社会效益。

目前,该系列产品的品种规格(内径 $\times$ 壁厚: $\varnothing 40\sim 317mm \times 3\sim 25mm$)已达到 150 余种。广泛应用于煤矿液压支柱和支架、叉车行业、消防系统、各种汽车吊、重型自卸汽车用缸筒及各类大中型液压气动机械的缸体等领域。产品覆盖全国,市场前景广

阔,是一种制造缸筒的理想金属材料。

参考文献

- 1 张子公等译. 工业金属塑性加工原理. 北京:机械工业出版社,1984:123~125.
- 2 刘铁军. 液压气动缸筒用高精度冷拔钢管生产的回顾与展望. 钢管,1996,(4):8~9.
- 3 中国新闻社编. 国家级新产品选(下册). 机械工业出版社,1989:388.
- 4 刘铁军. 高精度冷拔管制造液压缸筒的优越性分析. 钢管,1999,(1):20.
- 5 徐灏主编. 机械设计手册(第一卷). 北京:机械工业出版社,1991:2~47,3~94,4~248.

(收稿日期 2002-03-13)