

标准化

行业标准《JB/T 14452—2023 钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》研制的必要性及技术概要

陈琳^{1,2}, 张军改^{1,2}, 魏巍³, 杜会琨¹, 金红³, 李盼盼¹, 石小猛¹,
崔松松¹, 张玉红¹

(1. 邯郸峰驰精密制造有限公司, 河北 邯郸 056200; 2. 河北省楔横轧及轧锻复合技术创新中心, 河北 邯郸 056200;
3. 中国机械总院集团北京机电研究所有限公司, 北京 100083)

摘要: 为了促进国内楔横轧行业规范发展, 提升我国在国际上的话语权, 参考相关规范, 结合我国楔横轧生产制造水平、技术能力、设备种类和发展现状, 在理论研究和实际数据验证的基础上, 制定了行业标准 JB/T 14452—2023《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》。该标准规定了钢质楔横轧件材料消耗工艺定额的编制方法和明细表, 包括楔横轧材料消耗构成、编制原则、编制材料消耗定额的基础材料和数据、材料消耗定额计算和材料消耗工艺定额明细表, 并将其在楔横轧件制造使用企业进行了试点推广应用, 收到了较好的应用效果反馈。

关键词: 钢质楔横轧件; 材料消耗工艺定额; 材料消耗构成; 编制方法; 行业标准

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2025.02.033

中图分类号: TG335

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2025) 02-0265-08

Research necessity and technical summary on industry standard JB/T 14452—2023 compiling requirement of process rating of material consumption for steel cross wedge rolling

Chen Lin^{1,2}, Zhang Jungai^{1,2}, Wei Wei³, Du Huikun¹, Jin Hong³, Li Panpan¹, Shi Xiaomeng¹,
Cui Songsong¹, Zhang Yuhong¹

(1. Handan Fengchi Precision Manufacturing Co., Ltd., Handan 056200, China;

2. Hebei Cross Wedge Rolling and Rolling Forging Composite Technology Innovation Center, Handan 056200, China;

3. China Academy of Machinery Beijing Research Institute of Mechanical & Electrical Technology Co., Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: In order to promote the standardized development of the domestic cross wedge rolling industry and enhance China's discourse in the international arena, referring to relevant regulations, combined with cross wedge rolling production and manufacturing level in China, technical capabilities, equipment types and development status, based on theoretical research and practical data verification, the industry standard JB/T 14452—2023 "Compiling requirement of process rating of material consumption for steel cross wedge rolling" was formulated, which specified the compilation method and detailed table of material consumption process rating for steel cross wedge rolling, including the composition of cross wedge rolling material consumption, principle of compilation, basic materials and data for the compilation of material consumption rating, calculation of material consumption rating, and detailed table of material consumption process rating. And the standard was piloted among manufacturing and using enterprise of cross wedge rolling, and positive feedback on its application effectiveness was received.

Key words: steel cross wedge rolling part; process rating of material consumption; composition of material consumption; compiling method; industry standard

1 楔横轧技术的简介及发展前景

楔横轧是一种效率高、材料利用率高、污染少

的轴类零件成形新技术、新工艺^[1-3], 是冶金轧制技术的延伸和机械加工技术的发展, 属于锻造分支的特殊成形, 被列为国家重点推广的新技术之一。

楔横轧技术起源于前捷克斯洛伐克^[4], 但由于该技术成形的特殊性和模具设计的复杂性, 直至20世纪末也只有少数国家全面掌握此技术。北京科技大学胡正寰院士带领研发团队对该技术进行了深入研究, 使该技术实现了工业化生产, 在世界上居于领先地位^[4]。后又经过以北京科技大学为首的高等院校、科研院所及楔横轧生产企业的持续研究、开

收稿日期: 2024-10-01; 修订日期: 2025-01-04

基金项目: 工业和信息化部2020年第三批行业标准制修订和外文版项目计划(2020-1690T-JB)

作者简介: 陈琳(1981-), 男, 硕士, 工程师

E-mail: 5251759@qq.com

通信作者: 张军改(1965-), 女, 学士, 正高级工程师

E-mail: 18931171789@163.com

发和推广,使楔横轧技术取得了新的突破,解决了楔横轧技术存在的突出性的工艺缺陷问题,使该技术广泛应用于高质量、大批量、外形复杂、安全性要求极高的汽车行业。近几年,经各大专院校、科研院所及企业不懈努力的研发,使楔横轧技术又有新的突破,开发了大型轴类件楔横轧多机器人自动化示范生产线,完成了重量超 600 t、高度超 7.5 m、轧辊直径为 $\Phi 1.7$ m 的两辊式楔横轧机的安装调试;并利用两台 1800 mm 轧机试制完成了单重为 540 kg、直径为 $\Phi 220$ mm、长度为 2400 mm 的铁路车轴,打破了最大楔横轧装备和最大楔横轧产品 2 项世界纪录^[5],实现了 22.24% 超小断面收缩率新能源电机轴轧制^[6],使楔横轧技术拓展至火车轴和新能源汽车领域。此外,还研究了楔横轧齿轮轴轴齿一体化成形机理,为楔横轧制带齿轴件奠定了基础^[7]。

与此同时,楔横轧系列标准相继颁布,目前共计颁布楔横轧标准 6 个,分别为:JB/T 6728.2—2008《内燃机 凸轮轴 第 2 部分:楔横轧毛坯》^[8]、JB/T 11761—2013《齿轮轴毛坯楔横轧 技术条件》^[9]、JB/T 14212—2023《锻模 两辊式楔横轧模 技术规范》^[10]及 JB/T 14452—2023《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》^[11]等行业标准,以及 GB/T 32258—2015《钢质楔横轧件 通用技术条件》^[12]和 GB/T 33878—2017《钢质楔横轧件 工艺编制原则》^[13]等国家标准。出版了 GB/T 32258—2015^[12]和 GB/T 33878—2017^[13]两个国家标准的英文版,同时 JB/T 11761—2013《齿轮轴毛坯楔横轧 技术条件》^[9]英文版已经报批,推动了一带一路的进程。其中,JB/T 11761—2013《齿轮轴毛坯楔横轧 技术条件》^[9]荣获了中国机械工业科学技术三等奖。这些标准的起草和颁布填补了国内外楔横轧标准的空白,提升了我国在世界上的话语权,为该类产品的合同订立和产品交易、特别是产品出口提供了技术支持和统一标准。2022 年 6 月 3 日,由太原重工轨道公司联合北京科技大学、太原科技大学等多所高校共同承担的大型轴类楔横轧制机器人化生产线及其应用示范项目“火车轴楔横轧制”成功落地。通过两台 1800 mm 轧机轧制出长度为 2500 mm、直径为 $\Phi 230$ mm、轴重为目前楔横轧最大产品 10 倍的火车轴。创造了楔横轧成形轴类零件最大规格的世界纪录,实现了楔横轧技术在铁路车轴加工领域的首次应用,为楔横轧成功进入火车轴领域奠定了坚实的基础,拓宽了楔横轧的应用领域。

随着楔横轧技术的不断进步,全国各地纷纷建设楔横轧企业,使该技术推广至承载驾驶人员生命安全的轿车轴和火车轴生产中,使我国成为世界上生产和应用楔横轧件最多的国家^[14]。

随着人民生活水平的不断提高,轿车由原来的不足一家一辆发展为每人一辆甚至每人多辆。同时,我国高铁事业迅速发展、国家“一带一路”政策的出台,使楔横轧件需求量与日俱增,且对楔横轧件产品质量、材料利用率和楔横轧工艺的自动化、智能化、数字化提出了更高的要求。近年来,各楔横轧相关单位通过校企联合等方式,研发非钢铁材料在楔横轧方面的应用、楔横轧技术在航空航天等领域的应用以及楔横轧空心轴、偏心轴、轴齿一体成形和模具快拆、快装等技术。

2 研制行业标准《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》的必要性

楔横轧是成形轴类零件最佳的工艺技术^[14],随着该技术大范围的推广应用,产品销售范围遍布世界各地,虽已起草了一些国家和行业标准,但还不能满足楔横轧技术的快速发展要求,还未有针对楔横轧材料消耗定额方面的标准,给楔横轧材料订购、生产安排、绿色生产、供需双方统一报价等带来了困难。

当前世界各国均在采取措施,减少浪费、提高材料利用率,以节约原材料,进而提升企业竞争力。尽管楔横轧工艺与普通锻造相比,具有节材、节能、高效等特点,但是仍存在工艺性料头消耗高、原材料甩头大等材料浪费问题。作为机械制造业的基础性行业,楔横轧行业需要合理制定工艺,提高工艺水平,编制科学、合理的材料消耗工艺定额,对企业、对社会、对国家都将起到重要作用。

材料消耗工艺定额直接关系到企业的切身利益,是企业成本核算的依据,是企业产品定价的基础资料。随着科学技术的发展,跨部门、跨行业企业之间的合作越来越多,在合作中发现材料消耗工艺定额无统一的国际、国家、行业标准,只有模锻件方面的标准,但二者工艺差别较大,不能完全套用,致使各企业的计算方法不同,无统一规范。为此,河北东安精工有限公司(现邯郸峰驰精密制造有限公司)联合北京科技大学、中国机械总院集团北京机电研究所等单位编制了行业标准 JB/T 14452—2023《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制

要求》^[11]。

本标准规范了钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求,并明确了材料利用率、工艺性损耗、非工艺性损耗的确定及计算方法,可以指导楔横轧企业在保证产品质量的前提下,最经济合理地使用材料、节约能源;解决了企业成本核算依据及产品定价资料不清晰、对生产进度的掌控与材料供应之间的配合关系不合理的问题,实现了指导企业、规范市场,提升生产效率,避免积压或浪费材料的目的;解决了我国钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求领域标准的空白,为我国该类产品的的设计、生产过程中选择最优的材料利用率及最低的工艺损耗提供了统一的参考依据,符合国家关于建设资源节约型和环境友好型社会的要求。该标准具有实际应用价值,是各楔横轧生产企业迫切需要的一项标准。

3 行业标准《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》的技术概要

行业标准 JB/T 14452—2023《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》^[11]由中国楔横轧生产实践方面具有领军地位的河北东安精工有限公司(现邯郸峰驰精密制造有限公司)、东风锻造有限公司和在理论研究方面权威的北京科技大学和中国机械总院集团北京机电研究所等单位共同起草,经过充分的理论研究和基础数据收集、整理、试验验证、数据优化等实际论证,形成了标准的基础数据,通过数据的再验证,最终形成了该标准。

该标准明确了钢质楔横轧件材料消耗的构成,规定了材料消耗工艺定额的编制原则、基础材料和数据,以及定额的计算公式、计算步骤、参数选择等,最终给出了钢质楔横轧件材料消耗工艺定额明细表。该标准适用于钢质楔横轧件的材料消耗工艺定额的编制活动。以下为该标准的关键性成果内容。

3.1 材料消耗构成

材料消耗总量包括材料消耗工艺定额和非工艺性损耗两大部分。材料消耗工艺定额又包括楔横轧件本体质量及工艺性损耗,本标准重点在于控制工艺性损耗。

3.2 编制原则

应本着节能、节材、先进、合理的原则编制钢质楔横轧件材料消耗定额。在具体编制过程中需遵循以下原则。

(1) 宜使用倍尺材料和搭配下料的方式,搭配下料时的下料平头损耗和下料残余损耗应分摊到两个或多个产品中,如果搭配下料产品的比例相差悬殊,则将下料平头损耗和下料残余损耗分摊到主要产品中。

(2) 宜采用节材的切断方式和节能的加热方式。

(3) 工艺性损耗应根据工艺流程确定。

(4) 在订购钢材时,楔横轧材料消耗定额宜考虑不可避免的非工艺性损耗,例如废品损耗和破坏性检验损耗。

(5) 楔横轧材料消耗定额应随轧件图纸及生产工艺更改而及时更改。

(6) 计算材料消耗定额中的轧件质量时,宜采用图纸公称尺寸加上上偏差 1/2(凹档尺寸加下偏差 1/2)。

(7) 对于端部有变形的圆钢,圆钢端头变形应符合 GB/T 702—2017^[15]的规定。切斜度小于 2/100 的钢材,计算材料消耗定额时,可适当减小或忽略下料平头损耗。

(8) 计算材料消耗定额可使用长度法或质量法。

(9) 各种损失率可直接累加,楔横轧锯口直径直接按圆钢直径计算。

(10) 计算材料消耗定额时,宜采用产品质量乘以(1+损耗率)。

(11) 圆钢长度按照 GB/T 29533—2013^[16]中的式(1)计算平均长度,也可直接用定尺(6 m)或倍尺长度。

(12) 计算材料消耗定额时,圆钢直径宜采用公称直径加上上偏差 1/2。

(13) 宜根据实际零件质量状态调整工艺参数,以优化工艺定额编制表。

3.3 编制材料消耗定额的基础材料和数据

钢质楔横轧件材料消耗定额编制过程中需要的基础材料和数据包括:

- (1) 零件图、毛坯图、产品技术协议;
- (2) 轧制方式、断面收缩率;
- (3) 工艺流程;
- (4) 生产设备,主要包括下料设备、加热设备、轧制设备和正火设备;
- (5) 毛坯质量(轧件本体质量)、料头长度、加热损耗、清理损耗、废品率、破坏性检验率、下料平头损耗、下料残余损耗、下料锯口损耗;
- (6) 钢材定尺、倍尺、短尺长度,材料技术协

议等。

3.4 材料消耗定额计算公式

材料消耗定额按式 (1)、式 (2) 和式 (3) 进行计算。

$$m = M/N \quad (1)$$

或:

$$l = L/N \quad (2)$$

$$m_{dj} = \pi \rho D^2 l / (4n \times 10^6) \quad (3)$$

式中: m 为整根楔横轧件材料消耗定额, kg; M 为一根圆钢的质量, kg; N 为一根圆钢出料段的数量; l 为材料消耗定额对应的整根楔横轧件料段长度, mm; L 为一根圆钢的长度, 可按平均长度, 也可按 6 m 定尺长度或倍尺长度, mm; m_{dj} 为单件轧件材料消耗定额, kg; ρ 为钢材密度, ($\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$); D 为圆钢公称直径加上其上偏差 1/2, mm; n 为一次轧制楔横轧毛坯件数。

3.5 材料消耗定额计算步骤

钢质楔横轧件材料消耗定额的计算步骤如下。

(1) 由零件图 (图 1) 转化为毛坯图 (图 2 和图 3)。

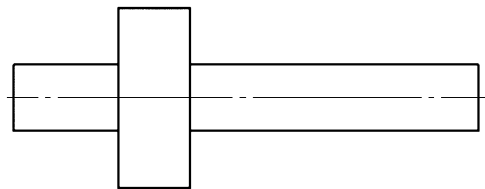


图 1 零件图

Fig. 1 Part diagram

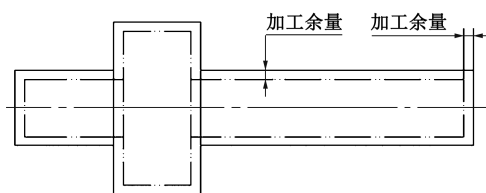


图 2 楔横轧单件毛坯图

Fig. 2 Single piece blank diagram of cross wedge rolling

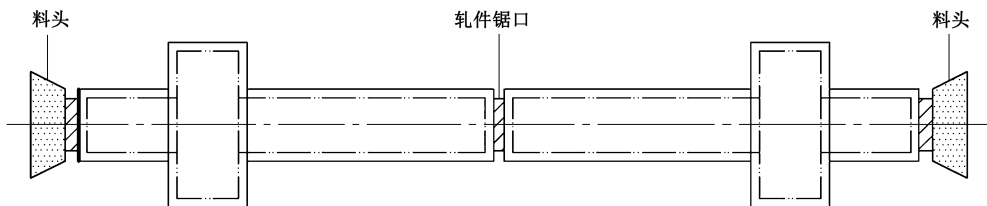


图 3 楔横轧整根毛坯图

Fig. 3 Entire blank diagram of cross wedge rolling

(2) 确定圆钢直径。

(3) 计算轧件的断面收缩率 ψ 。

(4) 确定轧制方式, 包括: 一次轧制楔横轧毛坯件数、料头端位置、起楔次数等。

(5) 由毛坯图转化为圆钢段示意图 (图 4), 其中, L_{zt} 为轧件料头长度, L_{dj} 为单件轧件转化为圆钢直径的圆钢段长度, L_{zk} 为轧件锯口长度。并根据体积不变原理, 计算单件轧件本体质量或对应圆

钢段长度, 按式 (4) 和式 (5) 计算。

$$m_z = \rho v_z \quad (4)$$

$$L_{dj} = 4 \times 10^6 \times m_z / (\rho \times \pi \times D^2) \quad (5)$$

式中: m_z 为轧件本体质量 (即按毛坯图公称尺寸加上其上偏差 1/2 计算的交货状态的轧件毛坯本体质量), kg; v_z 为轧件本体体积, mm^3 。

(6) 确定轧件锯口长度、原料下料锯口长度和轧件料头长度, 见表 1 和表 2。料头端的台阶不参

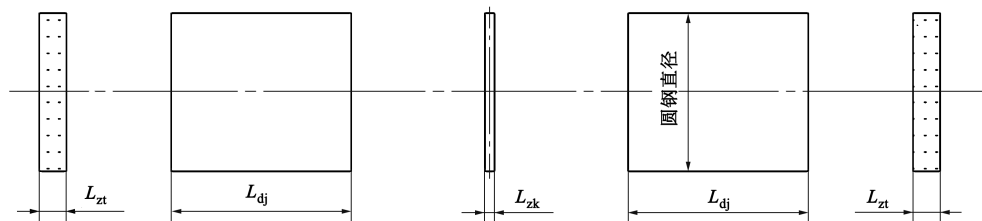


图 4 毛坯图转化为圆钢段示意图

Fig. 4 Schematic diagram of blank diagram converted into round steel section

加轧制时，轧件料头长度为 10~15 mm。

(7) 确定各工序的加热损失率、各工序废品率及破坏性检验率，见表 1。

(8) 如图 5 所示，计算整根楔横轧件需要消耗

的圆钢坯料长度，其中， L_{rs} 为加热损耗长度， L_d 为整根楔横轧件消耗圆钢段长度（即下料长度，含轧件本体消耗、轧件锯口、轧件料头、加热损耗和原料下料锯口），计算公式见式（6）。

表 1 参数选择
Table 1 Parameter selection

参数	取值	备注
钢材切斜度 Δ/mm	圆钢直径的 15%（GB/T 702—2017）	也可按供需双方规定执行
平头长度 L_{pt}/mm	$\Delta+10$	—
锯片厚度 b/mm	普通带锯：2；圆盘锯：3	也可按实际切断工具厚度计算
原料下料锯口长度 L_{yk}/mm	b +料段上偏差 1/2	切断断口统称为锯口
轧件锯口长度 L_{zk}/mm	2.5~4.0	一般情况下，锯口处直径 $<\Phi 50\text{ mm}$ ， $L_{zk}=3\text{ mm}$ ；锯口处直径 $\geq \Phi 50\text{ mm}$ ， $L_{zk}=4\text{ mm}$
损失率（工艺性损失）/%	燃气炉：1.5~2.5；电阻炉：1.0~1.5；感应加热炉：0.5	工艺性总损失为各种损失之和；多工序热损可累加；单工序多次加热按一次加热损失率乘以加热次数计算
废品率/%	0.5~1.0	—
破坏性检验率/%	1.0~3.0	—

表 2 轧件料头长度 L_{zt} （mm）
Table 2 Length L_{zt} of rolled material head（mm）

产品最大直径	断面收缩率/%		
D_{\max}	<75	75~85	86~95
$<\Phi 50$	12~16	16~18	18~20
$[\Phi 50, \Phi 75)$	20~22	22~24	24~26
$[\Phi 75, \Phi 95)$	22~24	24~26	26~28
$[\Phi 95, \Phi 100)$	24~26	26~28	28~30
$[\Phi 100, \Phi 130)$	26~30	28~32	30~34

$L_d = L_{dj} \times n + L_{zk}(n - 1) + L_{zt} \times 2 + L_{rs} + L_{yk} = \lceil [L_{dj} \times n + L_{zk}(n - 1) + L_{zt} \times 2](1 + \eta) + L_{yk} \rceil$ （6）

式中： η 为加热损失率，%（在购置钢材时， η 宜适当增加废品率和破坏性检验率）； $\lceil \rceil$ 为向上取整符号。

(9) 确定平头长度 L_{pt} （图 6），见表 1。

(10) 如图 6 所示，按 6 m 定尺钢材，计算圆钢出料段的数量，计算公式见式（7）。其中， L 为圆钢长度， L_{cy} 为下料残余长度。

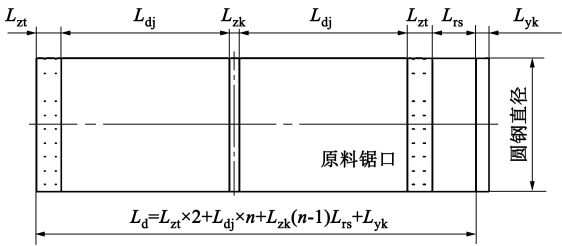


图 5 整根楔横轧毛坯加上料头损耗、锯口损耗和加热损耗转化为圆钢直径后的长度示意图
Fig. 5 Schematic diagram of length for entire cross wedge rolling blank converted into round steel diameter after adding material head loss, saw edge loss and heating loss

$$N = \lfloor (6000 - 2L_{pt})/L_d \rfloor$$
（7）

式中： $\lfloor \rfloor$ 为向下取整符号。

(11) 按 6 m 定尺钢材，计算单件楔横轧件需要的材料消耗，即单件定额，计算公式见式（3）。

(12) 确定倍尺长度和按倍尺长度的出料段数量 $N_b = N + X$ ，其中 X 为自然数，其取值宜确保圆钢

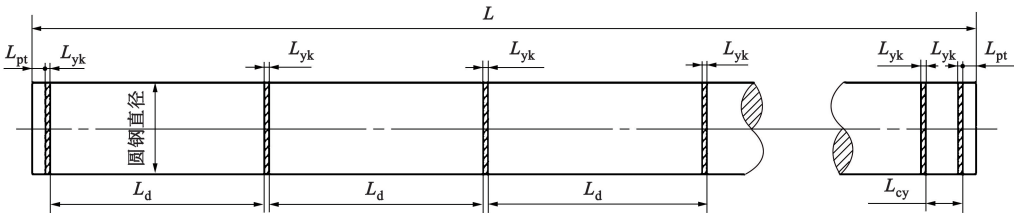


图 6 圆钢下料示意图
Fig. 6 Schematic diagram of round steel cutting

长度在 6~7 m, 计算公式见式 (8)。

$$L_{bc} = N_b L_d + 2L_{pt}$$
 (8)

式中: L_{bc} 为圆钢倍尺长度, mm。

(13) 按倍尺钢材, 计算 l (图 7), 计算公式见式 (2)。

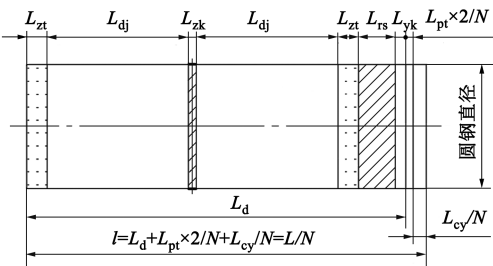


图 7 整根楔横轧件下料定额长度示意图

Fig. 7 Schematic diagram of cutting rate length for entire cross wedge rolling

(14) 按倍尺钢材, 计算材料消耗定额, 计算公式见式 (3)。

(15) 若有已知长度的库存钢材, 计算定额时, 首先按照 GB/T 29533—2013^[16] 中式 (1) 计算出钢材平均长度, 然后按以上第 (10)~第 (14) 步计算其定额消耗。

(16) 楔横轧件材料利用率的计算公式如式 (9) 所示。

$$K = m_z / m_{dj}$$
 (9)

式中: K 为楔横轧件材料利用率, %。

4 钢质楔横轧件材料消耗工艺定额明细表

采用行业标准 JB/T 14452—2023 《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》^[11] 中提供的材料消耗工艺定额的计算方法, 帮助楔横轧企业计算得到生产定量钢质楔横轧件所需消耗的材料, 并最终汇总形成钢质楔横轧件材料消耗工艺定额明细表 (表 3) (其中, L_{max} 为圆钢最大长度, L_{min} 为圆钢最小长度, L_s 为圆钢短尺长度), 以便于企业依据先进科学的方法计算各自的生产成本, 合理制定产品价格, 防止客户强行降价带来的质量风险, 遏制楔横轧企业间通过牺牲产品质量、降低产品价格的无序竞争。表 3 中给出的数据为经计算得到的某新产品 YHLG 所使用圆钢长度、直径及各种参数及 V_{p1} 产品参数。

表 3 钢质楔横轧件材料消耗工艺定额明细表

Table 3 Detailed list of material consumption process rate for steel cross wedge rolling

产品名称	m_z/kg	$D/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	$L/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	$L_{max}/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	$L_{min}/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	$L_s/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$
YHLG	3.24	70	7000	7000	4000	4000
Vp1	0.59	48	6000	6000	4000	4000
产品名称	$L_{yk}/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	$L_{cy}/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	$L_{pt}/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	n	$L_{zt}/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	$L_{zk}/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$
YHLG	2.7	67	10	2	22	3
Vp1	2.7	96	5	2	16	3
产品名称	$\eta/\%$	$L_d/(\text{mm} \cdot \text{kg}^{-1})$	N	m_{dj}/kg	$K/\%$	
YHLG	1.5	268	26	4.09	79.1	
Vp1	1.5	123	48	0.89	66.46	

标准创新性地提出了使用倍尺钢材、产品搭配下料等下料方式以及减小料头、锯口损失等理念, 以减少材料浪费、进一步提高材料利用率。

通过使用倍尺材料和搭配下料的方法, 减少了材料甩头损失, 进一步提高了原材料利用率。一般情况下, 钢厂以 6 m 定尺交货, 因楔横轧件以长度下料, 不同楔横轧件下料长度不同, 下料后每支圆钢会剩余不同长度的比料段短的甩头作为废品扔掉, 这部分甩头有的接近料段长度, 造成很大的浪费, 为保证每种楔横轧产品下料时甩头最小, 该标准规定采购料段倍

数的倍尺钢材, 减少甩头损失; 另外, 如果因采购数量少, 钢厂无法满足倍尺要求时, 可采用两种或者多种产品搭配下料的方式, 减少甩头损失, 即将长甩头用作其他产品, 提高原材料利用率。

通过合理的料头计算和中差轧制, 保证了产品质量, 降低了材料消耗。企业需采购的钢材规格是根据楔横轧料段长度计算, 钢材以重量交货, 实际到货钢材直径越大, 圆钢支数越少, 材料利用率越低; 同样长度的圆钢出料段的根数越少, 每根料段的重量越大, 材料消耗越多, 造成直径超差的浪费。

圆钢直径不均匀,会造成某些料段因重量不足而充不满,导致材料浪费。因此,标准中要求钢材直径均匀一致且保持中差,既可减少材料浪费,又能保证产品质量。另外,根据楔横轧工艺的特点,楔横轧件成形过程中表面材料流动快、心部材料流动慢,在产品两端会产生凹心造成产品报废,为此,楔横轧件两端均需留有一定长度的料头,待成形后将有凹心的料头切掉作为废料扔掉。从节材角度看,这部分废料越小越好,但过小会导致凹心部分仍保留在产品上,造成产品报废,或者因为料头过小,材料得不到及时补充而导致端头疏松。因此,在保证产品质量的前提下,料头越小越好。

行业标准 JB/T 14452—2023《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》^[11]对钢材端部进行平头、小料头和中差轧制、各种工艺性损耗的优化及科学合理的定额消耗,可倒逼非工艺性损耗降低,确保

产品外观质量、外形尺寸及心部质量的提高,标准实施后可以提高材料利用率达1%以上。

5 标准应用案例

邯郸峰驰精密制造有限公司收到某客户一张图号为 Vp1 的毛坯图纸,见图 8,轧制方案如图 9 所示。

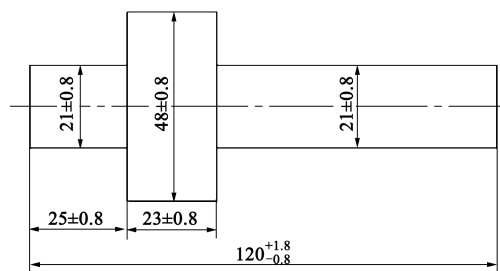


图 8 毛坯图

Fig. 8 Blank diagram

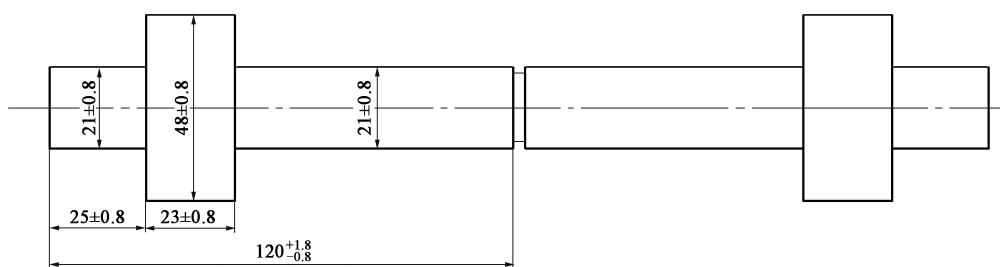


图 9 轧制方案

Fig. 9 Rolling scheme

定额计算步骤为:

(1) 根据式 (4) 或用 CAD 计算单件轧件本体质量 m_z , 计算结果为 0.59 kg。

(2) 选择 D 。因轧件最大直径为 $\Phi 48$ mm, 所以 D 选为 $\Phi 48$ mm。

(3) 按表 1 和表 2 选择各参数: L_{zk} 取 3 mm; L_{zt} 按表 2 取值, 因轧件最大直径为 $\Phi 48$ mm, 小于 $\Phi 50$ mm, 断面收缩率为 80%, 所以取 16 mm; η 按表 1 取值, 因轧制用感应加热, 正火为电炉, 两工序热损之和按 1.5% 取值; L_{yk} 取 2.7 mm; L_{pt} 按表 1 取值, 因该产品为协议材, 圆钢端头要求严, 因此取 5 mm。

(4) 按式 (5) 计算单件轧件转化为圆钢直径的圆钢段长度 $L_{dj} = 41.53$ mm。

(5) 按式 (6) 计算整根楔横轧件消耗圆钢段长度 $L_d = 123$ mm。

(6) 按式 (7) 计算一根 6000 mm 圆钢出料段数量 $N = 48$ 。

(7) 按式 (3) 计算单件楔横轧件材料消耗定额 $m_{dj} = 0.89$ kg。

(8) 材料利用率 $K = 66.46\%$ 。

如果根据该标准的小料头轧制技术, 料头长度可从 16 mm 减小至 11 mm, 定额可下降至 0.8 kg, 下降 0.09 kg; 材料利用率可提升至 73.38%, 提高了 6.92%。本产品还可以一轧四件, 且采用该标准的倍尺材料, 定额可下降至 0.72 kg, 下降了 0.17 kg; 材料利用率可提升至 81.92%, 提升了 15.46%, 大大节约了材料。

6 结语

楔横轧技术已被广泛应用于汽车、工程机械、非行走机械等行业, 并逐步为国外汽车界所接受, 并在火车轴上试验成功, 销往国内及美国、俄罗斯、日本、欧洲、东南亚等国家。该工艺节能、节材、高效、低噪、环保、近净成形, 符合我国节能、减

排政策,具有广阔的市场前景和市场竞争能力,适应楔横轧业的发展,使楔横轧技术更快、更好地得以推广,规范国内楔横轧市场生产交易,行业标准 JB/T 14452—2023《钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求》从材料消耗构成、材料消耗工艺定额编制原则、编制材料消耗定额的基础材料和数据、材料消耗定额计算等方面提出了规范要求,充分体现了其实用性和指导生产的作用,有利于指导楔横轧产品设计、原料采购、生产安排、验收交货、合同订立及产品交易,规范市场竞争,推动楔横轧行业的技术进步,通过该标准的试点推广应用,验证了该标准对实际生产的应用价值及其先进性,对实际生产具有指导意义,结果证明,该标准具有可操作性和实用性。

参考文献:

- [1] 路红岩,闫华军,张双杰,等. 楔横轧多台阶轴轧曲线优化研究 [J]. 锻压技术, 2019, 44 (12): 41-48.
Lu H Y, Yan H J, Zhang S J, et al. Research on optimization of rolling curve for multi-step shaft in cross wedge rolling [J]. Forging & Stamping Technology, 2019, 44 (12): 41-48.
- [2] 曾健,徐春国,任伟伟,等. 不同端部形状下工艺参数对楔横轧轧件凹心深度的影响 [J]. 塑性工程学报, 2017, 24 (2): 111-117.
Zeng J, Xu C G, Ren W W, et al. Effect of process parameters on concavity depth of rolled piece by cross wedge rolling under different end shapes [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2017, 24 (2): 111-117.
- [3] 赵静,崔欣,徐文腾,等. 楔横轧多楔成形铝合金轴心部质量影响规律与疏松位置预测 [J]. 宁波大学学报(理工版), 2018, 31 (1): 13-18.
Zhao J, Cui X, Xu W T, et al. Influence rules of core quality and forecast of loose location of aluminum alloy shaft formed by multi-wedge cross wedge rolling [J]. Journal of Ningbo University (Natural Science and Engineering Edition), 2018, 31 (1): 13-18.
- [4] 张军改,崔松松,秦思晓,等. 国内楔横轧技术现状与发展趋势 [J]. 锻压技术, 2020, 45 (6): 1-7.
Zhang J G, Cui S S, Qin S X, et al. Current situation and development trend of cross wedge rolling technology in China [J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45 (6): 1-7.
- [5] 林龙飞,王宝雨,郭威,等. 基于混合损伤准则的火车轴楔横轧芯部损伤建模与分析 [J/OL]. 机械工程学报, 1-12 [2024-08-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2187.TH.20240814.1019.046.html>.
Lin L F, Wang B Y, Guo W, et al. Modeling and analysis of central damage of cross wedge rolling railway axles based on hybrid damage criterion [J/OL]. Journal of Mechanical Engineering, 1-12 [2024-08-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2187>.
- TH.20240814.1019.046.html.
- [6] 张军改,陈琳,李盼盼. 楔横轧小断面收缩率新能源电机轴容易产生的缺陷及其解决措施 [J]. 锻造与冲压, 2023 (17): 20-24.
Zhang J G, Chen L, Li P P. Defects and its solutions to EV motor shafts made in cross wedge rolling with a small rate of reduction [J]. Forging & Metalforming, 2023 (17): 20-24.
- [7] 束学道,陈啸谷,连奇杰,等. 楔横轧齿轮轴轴齿一体化成形机理研究 [J]. 哈尔滨工程大学学报, 2024, 45 (9): 1800-1809.
Shu X D, Chen X G, Lian Q J, et al. A study on the integrated forming mechanism of cross-wedge rolling gear shaft and tooth [J]. Journal of Harbin Engineering University, 2024, 45 (9): 1800-1809.
- [8] JB/T 6728.2—2008, 内燃机 凸轮轴 第2部分: 楔横轧毛坯 [S].
JB/T 6728.2—2008, Internal combustion engines—Camshafts—Part2: Wedge-cross rolling blanks [S].
- [9] JB/T 11761—2013, 齿轮轴毛坯楔横轧 技术条件 [S].
JB/T 11761—2013, Specification of gear-shaft blank produced by cross wedge rolling [S].
- [10] JB/T 14212—2023, 锻模 两辊式楔横轧模 技术规范 [S].
JB/T 14212—2023, Forging dies—Two-roller type of cross wedge rolling dies—Specifications [S].
- [11] JB/T 14452—2023, 钢质楔横轧件材料消耗工艺定额编制要求 [S].
JB/T 14452—2023, Compiling requirement of process rating of material consumption for steel cross wedge rolling [S].
- [12] GB/T 32258—2015, 钢质楔横轧件 通用技术条件 [S].
GB/T 32258—2015, Steel cross wedge rollings—General specification [S].
- [13] GB/T 33878—2017, 钢质楔横轧件 工艺编制原则 [S].
GB/T 33878—2017, Steel cross wedge rollings—Technological design principle [S].
- [14] 张军改,张康生,金红,等. 国家标准《钢质楔横轧件 工艺编制原则》研制的必要性及技术概要 [J]. 锻压技术, 2019, 44 (3): 188-192.
Zhang J G, Zhang K S, Jin H, et al. Necessity and technical summary of the development of national standard ‘Steel cross wedge rolling-Technological design principle’ [J]. Forging & Stamping Technology, 2019, 44 (3): 188-192.
- [15] GB/T 702—2017, 热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差 [S].
GB/T 702—2017, Hot-rolled steel bars—Dimensions, shape, weight and tolerances [S].
- [16] GB/T 29533—2013, 钢质模锻件材料消耗工艺定额编制方法 [S].
GB/T 29533—2013, Compiling method of technological norm for steel die forging material consumption [S].