

锻件加热规范的制订

李志广¹, 张健¹, 胡丰泽², 赵臣俊³

(1.山西柴油机厂,山西大同 037036;

2.中国人民解放军海军驻大同地区军事代表室,山西大同 037036;

3.中国人民解放军装甲兵驻山西柴油机厂军事代表室,山西大同 037036)

摘要:介绍了钢质锻件加热规范有关内容的理论计算公式,采用理论和实践相结合的方法,制订了具有实用性和可操作性及可达到优质、高效和低耗效果的锻件加热规范,以用于指导实际生产中锻件加热温度的控制。

关键词:机械制造;加热;锻件;规范制订

中图分类号:TG307 **文献标识码:**A

1 引言

锻件加热规范(加热制度)是指金属坯料从装炉开始到加热完毕整个过程对加热炉温度和坯料温度随时间变化的规定。一般包括装料炉温、加热升温速度、最终加热温度、各段加热(保温)时间和总加热时间等内容。正确的锻件加热规范可达到金属坯料在加热过程中温度应力较小、温度均匀而不产生裂纹、不过热过烧、氧化脱碳少、加热时间短、生产效率高和节省燃料能源等效果。因此,制订锻件加热规范在锻件生产中具有重要的意义。

2 锻件加热规范制订的传统方法

对于原材料规格小于 $\phi 300\text{mm}$ 的圆钢(或方钢)的型材或轧材,传统制订加热规范有理论计算法、经验估算法、类推比较法和实测法等。这些方法虽各有优点,但缺点特别明显,如其缺点是要么复杂化、片面化和绝对化,要么过于简单化,其将个别因素或理想因素作为标准依据,很难满足锻造理论和实践性很强的特点;相对稳定性差,准确性不足,误差性较大,受主客观因素影响大,无法满足快、准、全的要求,无法达到定性与定量的统一、技术与管理的统一和理论与实践的统一。因此,克服上述加热规范制订的缺点,而又发挥其优点,是制订合理和科学的锻件加热规范的关键。

收稿日期:2006-07-16

作者简介:李志广(1962-),男,工程师,分厂副厂长,从事锻造科研和管理

3 锻件加热规范的理论计算

3.1 装料炉温理论计算

钢料在开始预热阶段,温度低而塑性差,同时还存在蓝脆区,为了避免温度应力过大引起裂纹,规定装料炉温。根据加热温度应力的理论计算推导,圆钢坯料最大允许温度差:

$$[\Delta t] = \frac{1.4[\sigma]}{\beta E} \quad (1)$$

式中:[Δt]——最大允许温度差,°C;

[σ]——许用应力(可按相应温度的强度极限计算),N/mm²;

β ——线膨胀系数,mm/(mm·°C);

E ——弹性模数,N/mm²。

圆钢坯料装炉最大允许的温差,实际应用中比理论计算的偏低。

3.2 加热速度的理论计算

在加热规范中有2种不同的加热速度。一种是最大可能的加热速度(即加热炉按最大热能升温时所达到的加热速度),另一种是钢料允许的加热速度(即钢料在保持其完整性的条件所允许的加热速度)。圆钢允许的加热速度:

$$[C] = \frac{5.6a[\sigma]}{\beta ER^2} \quad (2)$$

式中:[C]——允许的加热速度,°C/h;

a ——导温系数,m²/h;

R ——坯料半径,m。

由上式可知,钢的导温系数越高,强度极限越大,断面尺寸越小,则允许加热速度越大。反之,允许的加热速度就越小。

3.3 加热时间的理论计算

钢材加热时,截面温差远小于钢材表面与炉温间温差的为“薄钢材”,反之,截面温差很大,需考虑保温时间的为“厚钢材”。

3.3.1 恒温炉内加热时间

(1)对于“薄钢材”,当加热温度 $\leq 1200^{\circ}\text{C}$ 时,可按加热炉允许的最大加热速度加热时间为:

$$\tau = \frac{GC_p}{\partial \Sigma A} \ln \left(\frac{t_l - t_s}{t_l - t_z} \right) \quad (3)$$

式中: τ ——加热时间,h;

G ——钢材重量,kg;

C_p ——钢材平均热容量,kJ/(kg $\cdot^{\circ}\text{C}$);

A ——钢材受热面积,mm²;

$\partial \Sigma$ ——综合给热系数,W/(m² $\cdot\text{k}$);

t_l ——炉温, $^{\circ}\text{C}$;

t_s ——钢材加热开始时钢材温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_z ——加热终了时钢材温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

(2)对于“薄钢材”,当加热温度 $> 1200^{\circ}\text{C}$ 时,按综合辐射传热计算,忽略影响不大的对流传热的加热时间为:

$$\tau = \frac{100GC_p}{A\sigma \left(\frac{T_l}{100} \right)^3} \left[\psi \left(\frac{T_z}{T_l} - \psi \frac{T_s}{T_l} \right) \right] \quad (4)$$

式中: σ ——导出辐射系数为3.5~4,W/(m $\cdot\text{K}^4$);

T_l —— t_l+273 ,K;

T_s —— t_s+273 ,K;

T_z —— t_z+273 ,K。

(3)对于“厚钢材”,当加热温度 $\leq 1200^{\circ}\text{C}$ 时的加热时间为:

$$\tau = \frac{GC_p}{\partial \Sigma A \Phi_m} \ln \left(\frac{t_l - t_s}{t_l - t_z} \right)$$

式中: Φ_m ——迟缓加热系数。

(4)对于“厚钢材”当加热温度 $> 1200^{\circ}\text{C}$ 时的加热时间为:

$$\tau = \mu MK \delta^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

式中: δ ——钢材加热厚度,m;

K ——材料系数;

M ——放置系数;

μ ——尺寸系数。

3.3.2 热流不变情况下加热的加热时间

$$\tau = \frac{J\sigma\rho}{2q} \quad (6)$$

式中: J ——钢材加热前后的增热含量,kJ/kg;

q ——热介质传给钢材表面的热流,

$$q = \sigma \left[\left(\frac{T_{dm}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right], \text{W/m}^2;$$

T_{dm} ——对数平均炉温, $T_{dm} = \frac{t_z - t_s}{\ln(t_z/t_s)} + 273$,K;

t_z ——加热终了的炉温, $^{\circ}\text{C}$;

t_s ——加热开始炉温, $^{\circ}\text{C}$;

T_m ——钢材表面平均温度,K。

从以上钢材加热理论计算的加热时间可以看出,很难判断出加热炉中何时为恒温,何时为热流不变,何时为表面温度不变,其计算值过于理想化和绝对化,同时其计算是一个极其复杂的过程,难以满足锻造生产实践的要求。

4 锻件加热规范的制订

以 $\phi 300\text{mm}$ 以下碳素结构钢和低合金钢的钢材的相关数据为研究对象,对圆钢直径 d 、长径比 l/d 、放置间距、加热设备、加热介质、炉温、加热温度和材料牌号等相关因素进行具体分析,综合锻造加热理论计算法、经验估算法、类推比较法和实测法等,理论和实践相结合,制订了具有实用性和可操作性及可达到优质、高效和低耗效果的锻件加热规范企业标准。

4.1 装料炉温和升温速度

钢在锻造之前,应达到始锻温度,但是如果温度升的太快,由于温度应力过大,可能造成钢料破裂,相反如果升温速度过于缓慢会降低生产率,增加燃料消耗,因此,在实际中应按一定的加热规范进行加热。

(1)对于导热性好和锻造工艺性好的,直径小于 $\phi 200\text{mm}$ 的圆钢或方钢对边尺寸小于200mm的碳素结构钢和合金结构钢,装料炉温一般不受限制,尽可能采用最大加热速度,炉温和始锻温度稍高些,如始锻温度可稍许超过过热温度,采用高温锻造,变形抗力较小,减少能耗,塑性好,金属易流动和易成形。钢材经过塑性变形后的内部组织为均匀的再结晶组织,强度和塑性得到了提高,并消除了铸造残余应力,即使在加热断面温差达 $600^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 的情况下,也不会破裂。

(2)直径超过 $\phi 200\text{mm}$ 或方钢对边尺寸超过200mm以上的含碳量大于0.45%~0.50%的碳素结构钢和合金结构钢,应采用三段加热规范。其装料炉温应小于 $1150^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$,装炉后要预热保温,保温时间占整个加热时间的5%~10%;然后再以最大可能的加热速度加热升温到始锻温度进行保温,保温时间占整个加热时间的80%~90%;当加热到始锻温度后需要均热,均热时间占整个加热时间的5%~10%。

(3) 对于导热和锻造工艺性较差及热敏性强的合金钢(如高铬钢和高速钢等)或合金工具钢,锻造技术难度大,为确保其加热质量和锻造质量,对装料炉温、加热速度和加热时间等温度工艺参数要严格控制,装料炉温应为 400℃~650℃,当升温到 800℃~850℃时要进行预热,预热时间占整个加热时间的 10%;然后以最大可能的加热速度升温到始锻温度进行保温,保温时间占整个加热时间的 80%;当加热到始锻温度后需均热,均热时间占整个加热时间的 10%。

(4)对于钢质锻件或有色金属(如铝及铝合金、铜及铜合金等)锻件,在进行电加热时,应控制好电加热的有关参数,其中装料炉温不受任何温度限制,而加热速度和加热时间等参数由电加热设备予以控制。

4.2 加热时间

锻件加热时间,一般是预热、加热和均热三段时间的总和,既不能过短,也不能过长,在保证加热质量的前提下,力求加热过程越快越好。

4.3 锻件装料数量

锻件加热的装料数量与加热设备、加热介质、材料规格、放置形式和钢种类别等因素有关,既不能过多,也不能过少,应具体情况具体分析。

(1)锻件坯料在液化气炉(或煤气炉)中加热时要控制最大装料数量,在炉膛中装料的最大体积不得大于炉膛容积的 2/3。

(2)锻件坯料在箱式炉或者井式电阻加热炉加热时(在锻造温度范围内),应该控制最大装料数量,在炉膛中装料的最大体积要求不得大于炉膛容积的 1/2。

(3)锻件坯料在中频感应加热炉中加热时,可以

采取无间距装料,锻件坯料加热不允许超出加热炉管,两端分别距离出口和入口处的尺寸不得小于 30mm。

(4)锻件坯料在接触式电热墩机上加热时,随锻造节拍每次装夹加热 1 件。

(5)锻件坯料在盐浴炉中加热时的最大装料数量不得超过盐浴炉加热筐所能容纳锻件坯料的最大数量。

5 结束语

(1)锻件加热规范的制订,完善和细化了锻造工艺规程,现已纳入了企业标准,是一种直观、简便、实用、具有可操作性和深受操作者欢迎的锻件加热温度控制的指导性文件。

(2)锻件加热规范在锻造生产实践中应用,能有效地保证锻件加热质量,提高锻件加热效率,同时也能降低锻件加热成本,实现了锻件加热的优质、高效和低耗。

【参考文献】

- [1] 李志广.实现锻件经济性的七项原则[J].锻压机械,2000,(4):28-30.
- [2] S Kobayashi, S I Oh, T Altan. Metal Forming and the Finite Element Method[M]. New York: Oxford University Press, 1989.
- [3] 杨世铭.传热学基础[M].北京:高等教育出版社,1997.
- [4] 中国机械工程学会锻压学会.锻压手册[M].北京:机械工业出版社,1993.
- [5] 张志文.锻造工艺学[M].北京:机械工业出版社,1984.

Planning Criterion for Heating of Forgings

LI Zhiguang¹, ZHANG Jian¹, HU Fengze², ZHAO Chenjun³

(1. Shanxi Diesel Works, Datong 037036, Shanxi China;

2. Military Representative Office in Datong District, Datong 037036, Shanxi China;

3. Military Representative Office in Shanxi Diesel Works, Datong 037036, Shanxi China)

Abstract: Calculating formulas for heating criterion of steel forgings have been introduced. It has been planned through method combined theory with practice, forgings heating criterion with features such as practicability, maneuverability, high quality, high efficiency and lower consumption, hence a guidance for control of heating temperature of forgings.

Keywords: Machinery manufacture; Heating; Forgings; Planning criterion