

热处理加热保温时间的369法则

包耳¹, 田绍洁², 王华琪³

- (1. 大连民族学院, 辽宁大连 116600; 2. 大连开发区圣洁真空技术开发有限公司, 辽宁大连 116630;
3. 大连开发区圣洁热处理高新技术研究所, 辽宁大连 116630)

摘要:通过十年来的研究、试验,总结了用于热处理加热时保温时间的简单计算法则—369法则,并在大连开发区圣洁热处理高新技术研究所及其它有关热处理单位进行了实际生产的论证和检验。实际生产表明,该369法则的实行有助于提高产品质量、提高生产率、降低生产成本、简化工艺。该法则包括各种金属材料加热保温时的369法则,真空热处理的预热、加热、保温时的369法则,以及用于密封箱式多用炉热处理加热保温的369法则。

关键词:保温时间;369法则;

中图分类号: TG113;TB333 **文献标识码:** B **文章编号:**1673-4971(2008)02-0053-03

The Formula 369 of Heating and Heat Preservation about Heat Treatment

BAO Er¹, TIAN Shao-jie², WANG Hua-qi³

- (1. Dalian Nationalities University, Dalian Liaoning 116600, China; 2. Dalian Development Area Shengjie Vacuum Development Co. Ltd., Dalian Liaoning 116630, China; 3. Dalian Development Area Shengjie High-tech Institute of Heat Treatment, Dalian Liaoning 116630, China;)

Abstract: Take More than ten years of researching and testing, we obtain the formula 369. it can be easily and simply used in heat treatment field. The practice, reasoning and checking in ShengJie High-tech Institute of Heat Treatment and some other units shows that formula 369 can help rise the productivity and decrease cost, also is easier for process. The formulary 369 includes all material heating, holding time, the preheating of heat treatment and all processes used for normal heat equipment, sealed box multi-purpose furnaces and vacuum heat treatment furnaces.

Key words: holding time ; 369 formula

1 各种金属材料在空气炉中加热淬火保温的369法则

1.1 碳素钢和低合金钢(45、T7、T8等)

传统的碳素钢淬火加热时间的计算公式:

$$\tau = K \cdot \alpha D \quad (1)$$

式中 τ 为加热时间 min; K 为反映装炉状况的修正系数,通常在1.0~1.3范围内选取; α 为加热系数,一般在0.7~0.8 min/mm; D 为工件有效厚度。

在实际生产中,一般也根据经验和工件有效厚度(mm)来计算保温时间。例如某45#钢工件的有效厚度为60 mm,在空气炉中加热淬火保温时间大约是炉温到温后再保温60 min,即工件的每1 mm有效厚度加热1 min,这是对于单件加热。对于大批量生产,一炉装入很多工件,就只有根据实际经验延长保温时间或通过窥视孔,观察工件透烧后再保温一

收稿日期:2007-09-02

作者简介:包耳(1956-),女,主要从事机械设计及工程材料方面的科研与教学工作

联系电话:0411-87656137; E-mail:baoyer5643@163.com

定的时间。

我们的经验证明,如果按照 369 法则,对于碳素钢,保温时间仅需原传统保温时间的 30% 即可。例如,对于采用箱式炉加热 $\phi 60$ mm 直径的 45 钢工件,其保温时间需 $60 \text{ min} \times 30\% = 20 \text{ min}$ 。

这样的计算是基于两个原因:一是按传统公式计算的加热保温时间偏长。实际上,在炉温仪表指示的温度到温后,按工件每 3 mm 有效厚度透烧时间为 1 min 即足够。由于碳素钢没有合金元素和碳化物,无须长时间的保温均匀化过程,所以按原保温时间的 30% 进行保温就足够了。大连圣洁热处理专业厂的实际生产也证明了这一点。此外,雷廷权等人还就“零”保温淬火作了更深入的研究和探讨^[1]。他们认为,高碳钢的短时间保温淬火可以获得较高的强度和韧性,而对于碳钢和低合金钢,因其传热系数基本相同,工件透烧的时间只决定于工件尺寸。因此,对于单件加热升温,当炉子温度到达工艺指定温度时即工件表面到达工艺温度时,工件即已透烧,而无需再额外增加透烧时间,这就是所说的“零”保温淬火。

在实际生产中,由于装炉量很大,一炉装入的工件较多,或是炉子功率很大,升温速度很快,使得炉温仪表到达工艺指定温度时,工件表面和心部还有一定的温差,并且由于炉子大小的不同,炉温均匀性也不同,再加上一炉装入许多工件,所有工件温度的均匀化也需要一定的时间,所以我们把碳素钢和低合金钢的保温时间定为传统保温时间的 30%,这样就保证了工件热处理的性能要求,缩短了工艺周期,大幅度节省了能源和降低了生产成本。

1.2 合金结构钢(40Cr、40MnB、35CrMo)

因为合金结构钢中添加了一些合金元素,在加热保温过程中为使碳化物均匀化需要一定的时间。根据 369 法则,合金结构钢加热的保温时间可以是原来传统保温时间的 60%。例如用传统的公式计算的 40Cr 的保温时间如果为 100 min,根据 369 法则,新的保温时间为: $100 \text{ min} \times 60\% = 60 \text{ min}$ 。樊东黎等人所提出的加热时间的节能算法,与传统的 αD 法计算的时间比例也是缩短到 60%^[2]。

1.3 高合金工具钢(9SiCr、CrWMn、Cr12MoV、W6、W8 等)

对于这些合金元素含量较高的钢种,合金碳化

物较多,因此需要较长的保温时间,使其均匀化。369 法则的保温时间是原来传统保温时间的 90%。

1.4 特殊性能钢(不锈钢、耐热钢、耐磨钢等)

这些钢种的 369 法则可按照合金工具钢的公式计算。即以传统公式计算的加热保温时间 $\times 90\%$ 作为保温时间。

1.5 预热淬火

对于大型工件(有效直径 $\geq 1 \text{ m}$)调质处理的预热保温时间的 369 法则为

$$\text{即 } T_1 = 3D \quad (2)$$

$$T_2 = 6D \quad (3)$$

$$T_3 = 9D \quad (4)$$

式中: T_1 为第一次预热时间/h; T_2 为第二次预热时间/h; T_3 为最终保温时间/h; D 为工件有效厚度/m。

康大韬等人对大型锻件热处理的研究^[4]也表明,对于直径 $\phi 475 \sim 1030$ mm 的大型锻件,淬火加热时应该有一次或二次预热保温,并且阶梯加热时,最大温差出现在 $400 \sim 560$ °C 和 $800 \sim 850$ °C,在这两个温度范围内的保温时间也适用预热淬火的 369 法则。

实际生产证明,对于空气炉加热的中小零件(有效尺寸 ≤ 500 mm),预热和加热时的保温时间也可按 369 法则计算。

2 真空加热保温时的 369 法则

传统的真空炉加热保温时间的计算公式如下所示

$$T_1 = 30 + (1.5 \sim 2)D \quad (5)$$

$$T_2 = 30 + (1.0 \sim 1.5)D \quad (6)$$

$$T_3 = 20 + (0.25 \sim 0.5)D \quad (7)$$

式中: D 为工件有效厚度/mm; T_1 为第一次预热时间/min; T_2 为第二次预热时间/min; T_3 为最终保温时间/min。

这些公式仅仅是根据工件的有效厚度,加上一定的修正系数来计算保温时间^[5]。在实际工作中,保温时间还与装炉量的大小有关。因此,包耳等人通过试验研究,提出了新的真空炉的加热保温时间与装炉量、工件有效厚度等因素之关系的经验公式。

$$T_{K1} = T_{K2} = T_{K3} = 0.4 \times G(\text{kg}) + D(\text{mm}) \quad (8)$$

式中: G 为装炉工件净重量/kg,其它符号意义与以前各式相同。该式是基于装炉量在 $100 \sim 200$ kg 左

右,工件有效尺寸在100 mm左右所提出的^[6]。经过几年的研究、试验、总结及实际生产,本文又总结、完善了用于真空热处理加热的369法则。

工件尺寸基本相同,摆放整齐,并留有一定空隙(摆放空隙 $<D$)时,按下式计算之:

$$G \leq 300 \text{ kg}: T_{\text{真}1} = T_{\text{真}2} = T_{\text{真}3} = 30 + D \quad (9)$$

$$G = 301 \sim 600 \text{ kg}: T_{\text{真}1} = T_{\text{真}2} = T_{\text{真}3} \\ = (30 \sim 60) + D \quad (10)$$

$$G = 601 \sim 900 \text{ kg}: T_{\text{真}1} = T_{\text{真}2} = T_{\text{真}3} \\ = (60 \sim 90) + D \quad (11)$$

$$G \geq 901 \text{ kg}: T_{\text{真}1} = T_{\text{真}2} = T_{\text{真}3} = 90 + D \quad (12)$$

式中: G 为装炉总重量,包括工件、料筐、料架及料盘的所有重量(kg); D 为工件有效直径/mm)

对于变形要求严格的工模具,因为真空炉在低温时传热速度较慢,第一次预热保温时,若时间太短则工件表面和心部的温差太大,可能会造成工件热应力变形。因此,第一次预热时间应取上限值,第二次预热取中限值,最终热处理取下限值。

对于普通合金结构钢工件或变形要求不太严格的工件,第一次预热的时间可以取下限值,而在最终加热时取上限值。

对于一次仅装一件的大型工件,因为其受热均匀,传热较快,透烧较好,第一次和第二次预热时可以取下限,最终加热时,则根据实际要求取中限或上限。这样不但保证了工件热处理后的质量要求,也大大节约了加热时间,降低了生产成本。

叶俭等人对于 $\phi 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 工件真空热处理加热保温时间的研究表明,淬火加热保温时间在90~150 min之间时,其机械性能相近^[9]。

3 密封箱式多用炉的369法则

工件在密封箱式炉中加热的热效率比真空炉高,故其369法则的参数可以按真空炉369法则中的下限选取,即

$$G = 301 \sim 600 \text{ kg}: T_{\text{真}1} = T_{\text{真}2} = T_{\text{真}3} = 30 + D \quad (13)$$

$$G = 601 \sim 900 \text{ kg}: T_{\text{真}1} = T_{\text{真}2} = T_{\text{真}3} = 60 + D \quad (14)$$

$$G \geq 901 \text{ kg}: T_{\text{真}1} = T_{\text{真}2} = T_{\text{真}3} = 90 + D \quad (15)$$

4 结论

(1)在空气炉中加热保温,采用369法则确定各种材料的加热淬火保温时间,平均可节省保温时间30%。此外,由于加热保温时间减少,缩短了钢件在高温停留的时间,奥氏体晶粒比较细小,淬火后可得到较细小的马氏体组织,故塑性、韧性有所提高,有些钢件可获得较高的强度指标。

(2)对于真空炉加热保温的工件,应用369法则,缩短了加热及保温时间,369法则引入装炉量作为计算时的依据,更为简便和切合实际生产。此外,根据工件大小和摆放空间大小的不同,采用不同的计算公式,使得工件的加热保温更加合理,不但降低了热处理成本,也大大提高了产品质量和生产效率。

(3)对于采用密封箱式多用炉加热,应用369法则将提高可控气氛热处理的效率,产品质量及经济和社会效益。

参 考 文 献

- [1] 雷廷权,傅家骥.金属热处理工艺方法500种.北京:机械工业出版社,2004,92-96.
- [2] 樊东黎,等.热处理数据手册.北京:机械工业出版社,2000,123-126.
- [3] 李泉华,徐跃明等.材料热处理工程师资格考试指导书,北京:中国机械工程学会热处理分会出版社,2005,278-279.
- [4] 康大韬,叶国斌等.大型锻件材料及热处理.北京:龙门书局,1998,166-174.
- [5] 阎承沛.真空热处理工艺与设备.北京:机械工业出版社,2003.36-39.
- [6] 包耳等.真空热处理工艺参数的选择.国外金属热处理.2005(4),41-42.
- [7] 王德文,等.提高模具寿命的应用技术实例.北京:机械工业出版社,2004,92-94.
- [8] 任慧远,等.4Cr5MoSiV1钢的真空热处理及气体氮碳共渗,当代热处理技术与工艺装备精品集.北京:机械工业出版社,2002,297-301.
- [9] 叶俭,陆建明等.大型压铸模用钢及其真空热处理工艺研究,首届中国热处理活动周论文集,IV14-IV22.