



钢的淬火加热时间与黄金数字

湖南浦沅集团公司 (长沙 410007) 傅德永

近年来,国内外的热处理工作者对钢的淬火加热时间做了大量的试验工作,通常认为钢制工件加热到预定的温度后,就完成了必要的组织转变和扩散,不需要继续保温很长时间,这样,加热时间将会缩短很多,既减少了钢在高温下的氧化脱碳,又节省了大量能源。

目前,在生产实际中人们常根据工件的有效尺寸采用经验公式来计算加热时间,并结合各厂实际情况和经验进行适当修正。但是总的来说,加热时间还是偏长,因此需要通过试验进一步地探讨出比较合适的加热时间。

笔者长期在生产一线从事热处理工艺工作,在解决现场出现的具体问题时发现,钢的淬火加热时间与黄金数字有着密切的联系。于是在后来的试验中以黄金数字作为加热系数,计算钢的淬火加热时间,取得了较好的效果,在获得同样的淬硬层深度的情况下,加热时间缩短了很多。如盐炉加热淬火,加热时间缩短了50%以上,而工件表面硬度还稍有提高。

一、钢的淬火加热时间

钢的淬火工艺主要由以下三个过程组成:升温、保温和冷却。这三个过程是制定现场生产工艺曲线的依据。这里主要讨论前两个过程。

(1) 升温过程是工件在低温下进炉加热升温,或者炉子已经加热到规定温度,将工件放进炉中加热,直到炉温升到(重新升到)预定温度。实际上,在升温过程中,工件的温度总是滞后于炉温的,而测定工件何时到温,特别是心部何时到温,既不精确,又比较繁琐。因此,升温过程多数指的是炉子的升温过程。通过控制炉子的升温过程达到控制工件升温过程,当炉子(测温仪表指示温度)到温后,即为升温结束,接着进入保温阶段。

(2) 保温过程是炉温达到预定温度后,在该温度下恒温保持一定时间,以使炉中工件全部达到预定温度,完成必要的组织转变和扩散。在保温过程中,炉内工件一边继续升温,一边进行组织转变和

扩散,保温结束后上述过程全部完成。保温过程所需的全部时间,称为保温时间,即钢的加热时间。

工件的升温时间受到装炉温度、炉子功率以及装炉量等多种因素影响。除盐炉外,升温时间很长,往往要数小时,远远超过了按各种方法计算的加热时间。所以,升温过程中的升温时间不能计算在加热时间之内,而工件何时到温又难于精确地测定,如常用的目测方法往往受到光线强弱、经验多少等影响,误差很大。因此,在实际生产中,常以炉温仪表到温后才开始计算加热时间,这时炉温已稳定在恒定的温度下,炉子向工件的传热处于稳定状态,计算的加热时间比较准确,这也有利于生产现场管理和计算机自动化管理。

本文采用下列公式计算淬火加热时间:

$$t = a \cdot K \cdot D$$

式中 t ——加热时间, min;

a ——加热系数, $a = 1.618$ (1.5 ~ 2.0) min/cm;

K ——修正系数,在空气炉中加热时,当工件进炉时炉温已经达到规定温度,但没有影响炉温,或者炉温稍有下降而在较短时间内又重新升到规定温度时, K 值取4;其他情况 K 值取1;

D ——工件有效尺寸, cm。

二、黄金数字

在《算法》一书中,费波南斯提出一个关于大自然数字的观念,称之为“费波南斯数列”,其形式如下:1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144……

上述数字中,相邻两数之间存在着固定关系和比例,其中任何一个数都是位于它前面相邻两数之和,如:2 = 1 + 1, 3 = 1 + 2, 5 = 2 + 3, 8 = 3 + 5, ……另外,除前面5个数之外,其余相邻两数之比大致接近0.618和1.618,如:8 ÷ 13 = 0.615, 13 ÷ 8 = 1.625, 13 ÷ 21 = 0.619, 21 ÷ 13 = 1.615, 21 ÷ 34 = 0.618, 34 ÷ 21 = 1.619, 34 ÷ 55 = 0.618,



$55 \div 34 = 1.618$, ……

0.618 和 1.618 是最基本的两个数, 它们还可以衍出 0.382、2.618、3.236 等数字, 这些数字统称为黄金数字, 它们是自然界中一种固定的比例。黄金数字在诸如金融交易活动、生产和科学试验等人类社会活动中, 获得了广泛应用。

笔者正是利用 1.618 这个数字作为钢的淬火加热系数, 进行了部分试验工作。试验中将它控制在 1.5~2.0 之间, 而低于 1.5 时可靠性差一些, 超过 2.0 加热时间偏长, 当工件尺寸较小或者含碳量和合金元素含量较高时取上限。

三、试验数据及结果

试验主要对 45 钢、40Cr、42CrMo、GCr15、40CrMnMo 和 T10 钢等几种常用材料进行淬火试验。采用比较法, 即试件的化学成分、形状尺寸、加热温度、冷却条件完全相同, 同时进炉, 只是加热时间不同, 进行对比试验。因受篇幅限制, 下面仅将部分试验数据及结果列举如下。

1. 盐炉加热淬火

淬火加热系数取 1.618 (1.5~2.0), 修正系数取 1。

(1) 材料 45 钢, $\phi 75\text{mm}$, 加热温度 820°C , 盐水冷却。

7# 试样的加热时间: $1.5 \times 7.5\text{min} = 11.25\text{min}$; 8# 试样的加热时间: $2.0 \times 7.5\text{min} = 15\text{min}$; 10# 试样的加热时间: $4.0 \times 7.5\text{min} = 30\text{min}$ 。

淬火后各试样表面硬度均在 59~64HRC 之间, 淬硬层深度约为 2.4~2.6mm。7# 和 10# 试样截面上硬度分布曲线见图 1。

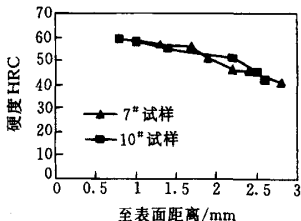


图 1

(2) 材料 40Cr, $\phi 75\text{mm}$, 加热温度 820°C , 饱和氯化钙水溶液冷却。

21# 试样的加热时间: $1.5 \times 7.5\text{min} =$

11.25min ; 24# 试样的加热时间: $4 \times 7.5\text{min} = 30\text{min}$ 。

淬火后试样表面硬度均为 58~63HRC, 淬硬层深度约为 7.0~8.0mm, 截面上硬度分布见图 2。

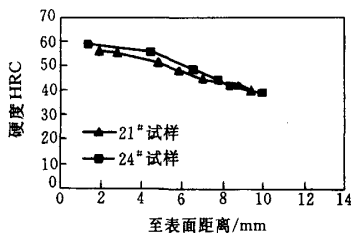


图 2

(3) 材料 40CrMnMo, $\phi 55\text{mm}$, 加热温度 850°C , 油冷。

31# 试样的加热时间: $1.5 \times 5.5\text{min} = 8.25\text{min}$;

32# 试样的加热时间: $4.5 \times 5.5\text{min} = 24.75\text{min}$ 。

淬火后试样表面硬度为 55~59HRC, 完全淬透, 其截面上硬度分布见图 3。

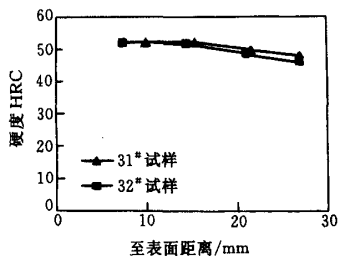


图 3

(4) 材料 GCr15, $\phi 36\text{mm}$, 加热温度 820°C , 饱和氯化钙冷却。

5# 试样的加热时间: $2.0 \times 3.6\text{min} = 7.2\text{min}$;

88# 试样的加热时间: $7.0 \times 3.6\text{min} = 25.2\text{min}$ 。

淬火后两试样表面硬度为 63~67.5HRC, 心部淬透, 截面上硬度分布见图 4。

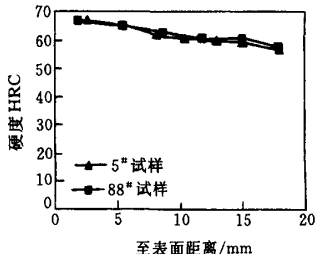


图 4



2. 电炉加热淬火

电炉加热淬火，随炉升温，仪表到温后开始计算加热时间。

淬火加热系数取 1.618 (1.5 ~ 2.0)，修正系数取 1。

(1) 材料 45 钢， $\phi 35\text{mm}$ ，加热温度 820°C ，盐水冷却。

0# 试样的加热时间： $1.618 \times 3.5\text{min} \approx 5.6\text{min}$ ；4# 试样的加热时间： $10 \times 3.5\text{min} = 35\text{min}$ 。

淬火后表面硬度为 55HRC 以上，淬硬层深度约为 2.5 ~ 3.0mm，截面上硬度分布见图 5。

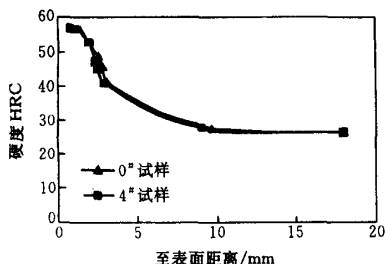


图 5

(2) 材料 40Cr， $\phi 45\text{mm}$ ，加热温度 820°C ，饱和氯化钙水溶液冷却。

0# 试样的加热时间： $1.618 \times 4.5\text{min} \approx 7.3\text{min}$ ；3# 试样的加热时间： $12 \times 4.5\text{min} = 54\text{min}$ 。

两试样淬硬层深度约为 15 ~ 17mm，截面上硬度分布见图 6。

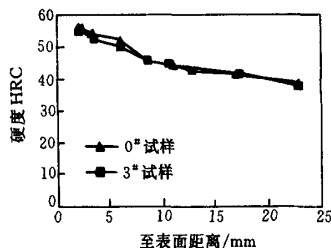


图 6

(3) 材料 GCr15， $\phi 36\text{mm}$ ，加热温度 820°C ，饱和氯化钙水溶液冷却。

6# 试样的加热时间： $2.0 \times 3.6\text{min} = 7.2\text{min}$ ；80# 试样的加热时间： $14 \times 3.6\text{min} = 50.4\text{min}$ 。

淬火后表面硬度为 62HRC 以上，截面上硬度分布见图 7。

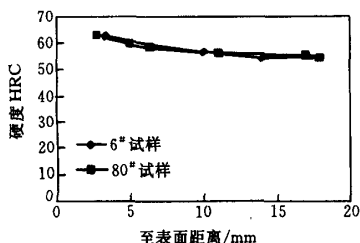


图 7

3. 电炉加热淬火，仪表指示温度到温后进炉，立即开始计算加热时间

淬火加热系数取 1.618 (1.5 ~ 2.0)，修正系数取 4。

(1) 材料 45， $\phi 35\text{mm}$ ，加热温度 820°C ，盐水冷却。

7# 试样的加热时间： $1.5 \times 4 \times 3.5\text{min} \approx 21\text{min}$ ；19# 试样的加热时间： $14 \times 3.5\text{min} = 49\text{min}$ 。

淬火后表面硬度为 60HRC 以上，淬硬层深度约为 2.4 ~ 2.6mm，截面上硬度分布见图 8。

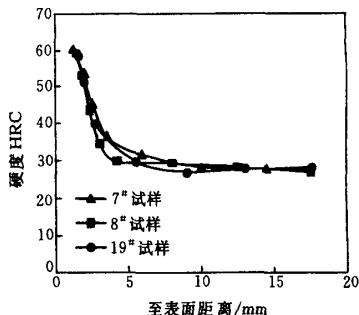


图 8

(2) 材料 40Cr， $\phi 45\text{mm}$ ，加热温度 820°C ，饱和氯化钙水溶液冷却。

4# 试样的加热时间 $1.618 \times 4 \times 4.5\text{min} \approx 29\text{min}$ ；5# 试样的加热时间 $15 \times 4.5\text{min} = 67.5\text{min}$ 。

淬火后淬硬层深度可达 17 ~ 20mm。其截面硬度分布见图 9。

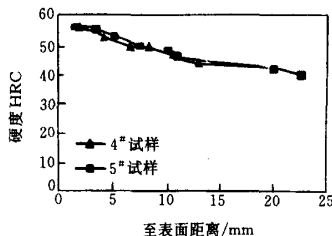


图 9



(3) 材料 GCr15, $\phi 36\text{mm}$, 加热温度 820°C , 饱和氯化钙水溶液冷却。

22# 试样的加热时间 $2.0 \times 4 \times 3.6\text{min} = 28.8\text{min}$; 33# 试样的加热时间 $15 \times 3.6\text{min} = 54\text{min}$ 。

淬火后试样表面硬度为 63HRC 以上, 完全淬透, 截面上硬度分布见图 10。

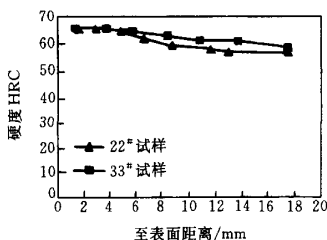


图 10

四、分析与讨论

通过试验及测得的数据, 可以看出以黄金数字作为钢的淬火加热系数来计算加热时间, 不但淬火效果较好, 而且缩短了加热时间, 既减少钢在高温下的氧化脱碳, 又节省了能源。

一般认为, 钢的化学成分是影响加热时间的因素之一, 而本试验采用的加热系数为 1.618, 却为一常数, 似乎与常规不符。其实, 钢化学成分不同, 淬火加热温度也不同, 合金元素含量高的材料, 淬火加热温度高, 传热速率高, 工件截面上温度梯度大, 因而加热速度增大。另外, 高合金材料在淬火加热之间还要进行一至二次预热, 在淬火加热时, 工件温度已相当高了。仅以高速钢为例, 在淬火加热前经过二次预热, 工件温度已达到 800°C 以上, 而淬火温度为 1200°C 以上, 因此加热速度很快。

有关资料介绍高速钢淬火加热系数取 $8 \sim 15\text{s/mm}$, 而我们制定高速钢淬火工艺时, 其加热系数取 $9 \sim 12\text{s/mm}$ ($1.5 \sim 2.0\text{min/cm}$), 淬火效果较好, 这说明化学成分对钢的淬火加热时间的影响, 通过上述一些办法而抵消了。

加热介质对加热时间影响比较大, 盐浴炉中的熔盐在电磁搅拌力的作用下, 不断地与工件接触, 因此, 传热速率比空气炉高。空气炉加热分为两种情况:

(1) 在低温下进炉工件随同加热炉一起升温,

升温速度慢, 往往需要数小时, 当炉温达到规定温度时, 工件的温度已接近炉温, 因此, 加热系数取 1.618 也是合适的。

(2) 炉子已升到规定温度, 再将冷态工件进炉, 加热时间会长一些。试验中利用一个修正系数进行修正, 经过多次试验确定修正系数取 4 左右比较合适。

从试验结果看, 高碳钢淬火效果稍差一点, 加热时间不同而工件表面硬度几乎相同, 只是心部硬度偏低。其原因可能是高碳钢中的碳化物含量高, 加热时溶解量少。解决办法: ①在淬火前必须进行充分的球化退火, 使碳化物呈细小颗粒均匀地分布在基体上。②因加热时间较短不会引起过热, 可以适当提高加热温度。

通过一系列的试验和分析, 可以认为, 以黄金数字——1.618 ($1.5 \sim 2.0$) 为加热系数, 计算钢的淬火加热时间是可行的, 这不仅适用于本次试验用钢, 对大多数钢种也适用。

(20040628)

中国铸造协会将编撰 《中国铸造行业企事业名录大全》 (2005 年版)

近年来我国的铸造行业发展突飞猛进, 正由铸造大国向铸造强国迈进。为了满足国内外有关企业、人员对铸造行业企业及其相关信息资料的要求, 进一步加强我国铸造行业及相关行业间的相互了解和沟通, 提高铸造企业在国内外的知名度和, 使国内的企业与外国同行建立有效的联系, 中国铸造协会决定编纂、出版《中国铸造行业企事业名录大全》(2005 年版) 一书, 在国内外公开发行人。

该书根据最新统计资料编撰, 内容详实准确, 采用国际通用的大 16 开本印刷出版, 图文并茂, 是铸造行业从事生产、科研、应用、技术开发和经营管理等人员必备的大型信息类工具书。