

卧式混合机搅拌药浆温度的测量

陈龙虎 唐宝珍

(精密机械与仪器系)

摘 要

文中解决了100升卧式混合机搅拌固体推进剂药浆的温度远距离自动测量的技术关键——测温点的选择和测温头外形、尺寸及安装结构的确定,从而实现了药浆搅拌温度的自动测量。本文还对测温头插入误差作了计算。

关键词: 卧式混合机, 搅拌固体推进剂, 温度自动测量

1 引 言

固体推进剂药浆是易燃易爆具有一定毒性的物质。为了控制推进剂质量,在搅拌工艺过程中必须实时准确地测量其温度。但是,在1982年以前,我国和日本均未能实现自动测量搅拌药浆的温度。过去用点温计停机后手工测量,这既不安全又不准确,也不可靠。也有用红外测温仪进行测量,但只能测量药浆表面的温度,满足不了药浆质量控制的要求。

为了解决提高推进剂质量和确保生产安全两大问题,1980年某部门向我们提出了“远距离自动测量搅拌药浆温度等工艺参数”研究课题。经过两年的努力,于1981年,我们研制出了“远距离自动测量100升卧式混合机工艺参数测试台”,解决了远距离自动实时测量搅拌药浆温度的难题,达到预期的研制目的。现将技术途径简述如下。

2 100升卧式混合机简介

100升卧式混合机搅拌锅结构如图1所示。搅拌锅内分为二室:主动室Ⅰ和从动室Ⅱ。二室的分界面结构呈脊背状,各室内的搅拌翅分别以已知的 $\omega_1=3.09s^{-1}$ 和 $\omega_2=2.03s^{-1}$ 的角频率来回搅拌,并以 $(\omega_1-\omega_2)$ 的角频率在主、从动室间进行药浆的部分交换。因此,药浆在搅拌锅内产生了复杂的运动(轴向运动、切向运动、法向运动、高液位向低液位的流动等)和摩擦、冲击现象,由于这些摩擦、冲击以及药浆在搅拌过程中的化学反应,使药浆温度升高。为此,需用水套中水温的调节作用使药温被控制在一定的范围内,从而控制药浆的质量。

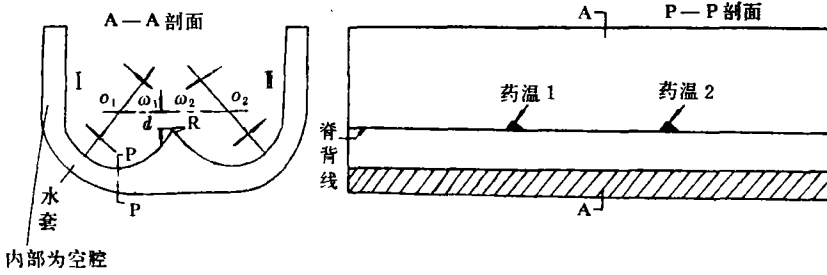


图 1 卧式混合机搅拌锅结构简图

3 测温点的选择

根据测试任务的要求，迫切需要解决的是：如何测出被搅拌药浆平均温度的确切值。因此，在 A—A 对称剖面内，远离药浆自由表面且接近锅壁附近，是测量药温的适宜地点。

药浆是一种粘滞的不可压缩的流体，药浆在锅内被搅拌翅搅拌运动，必定会在锅壁上形成边界层。根据药浆的物理参数和搅拌参数搅拌翅端药浆运动的雷诺数^[1]：

$$Re = \frac{\text{惯性应力}}{\text{粘性应力}} = \frac{\rho \cdot v_s \cdot h}{\mu} \approx 9.44 \quad (1)$$

式中： $\rho = 1.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，药浆比重； $h = 1.5 \text{mm}$ ，翅端与锅壁间距； $\mu \geq 0.1 \text{Pa}\cdot\text{s}$ ，药浆粘度； $v_s \leq 0.37 \text{m/s}$ ，翅端线速度。

由于锅壁是光滑的不锈钢壁，搅拌翅端与锅壁的间距为 h ，远小于锅壁的曲率半径，所以药浆在锅壁与翅端缝隙（以下简称缝隙）间的运动，可按不可压缩的粘滞流体，流过小段光滑平行平板的层流来处理^{[2][3]}。

根据不可压缩的粘滞流体的运动方程、能量方程和边界条件，可以算得在缝隙间层

$$\text{流边界层位移厚度 } \delta^* = \frac{1}{3} h \quad (2)$$

$$\text{而边界层厚度 } \delta_1 \text{ 接近缝隙距离：} \delta_1 = h \quad (3)$$

缝隙间温度分布复杂，如附录图 7、8 所示。因此，在有缝隙的锅壁上安装测温头，不仅会被药浆的边界层涂盖，使被搅拌药浆的温度难以传到热电偶上，而且缝隙间温度分布复杂，位置稍有变动，测量结果就会改变。为了得到确切的药温，必须随位置的变动进行校准和修正。这给测量带来不利和不方便。

如图 1 所示，搅拌锅脊背呈半径为 R 的圆弧状，并非刀刃状，从而在脊背上形成药浆的堆积层。这种堆积层的厚度是与药浆的比重和粘度密切相关的，是可以预先知道的。因此，只要测温头的安装高度合适，不被传热系数很小的药浆堆积层涂盖就有可能测出搅拌药浆的确切温度。

由图 1 可见，脊背线顶到横截面的两个搅拌轴的连心线 $O_1 O_2$ 的距离为 d ，且 $d \gg R$ 。因为这里是搅拌翅不通过的区域，所以在此区安装热电偶是可行的。因此，我们决定把测温点设置在搅拌锅脊背线的中点上。为了提高测温可靠性在脊背线的中点两侧选

两个点,如图1所示。

4 堆积层厚度的计算

固体推进剂药浆是一种易燃易爆有一定毒性且价格较贵的物质,直接用药浆在搅拌锅脊背上做试验不仅不安全、不经济而且也不易办到。根据相似原理,我们采用了无毒又便宜的物质,在相似条件下做模拟试验测量它们的安息角(见附录3)。根据内插原理求得比重为 $1.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 的药浆,安息角约为 $65^\circ 48' 43''$ 。为了确保能测量到搅拌药浆的温度,即安装的热电偶测温端不能被药浆的堆积层涂盖,因此取极限安息角 $\theta_{\max} = 60^\circ$,从而可求得图1中搅拌锅脊背上可能出现的药浆堆积层的极限厚度 $\delta_{2\max}$,由图2有:

$$\delta_{2\max} \leq (\sqrt{3} - 1)R \quad (4)$$

式中: R 为脊背圆弧半径。

由(4)式可见,只要把热电偶的测温头安装高度高出脊背线 $\delta_{2\max}$ 即可。

已知: $R = 3\text{mm}$ 。所以

$$\delta_{2\max} = (\sqrt{3} - 1)R \approx 2.2\text{mm}。$$

选定: $\delta_2 = 3\text{mm}$, 突破堆积层。由于脊背顶到连心线 O_1O_2 的距离为 20mm , 所以将热电偶测温头伸出脊背顶 3mm 是不会与搅拌翅碰撞的。

5 热电偶强度计算

热电偶测温头如图1所示设置,根据锅内搅拌参数,由伯努利能量守恒定律,可估算热电偶测温头两侧所承受的药浆压差为:

$$\Delta p \approx \frac{1}{2} \times \rho \times (\omega_1^2 - \omega_2^2) \times r^2 \leq 66.43\text{N/m}^2$$

式中: r 为图1中搅拌翅半径,已知 $r \approx 12\text{cm}$ 。

设测温头单侧面积为 $S = 18\text{mm}^2$ (据实验样品),则测温头侧面受到的力为:

$$F = \Delta p \times S = 1.196 \times 10^{-3}\text{N}$$

可估算出由此力对楔形测温头造成的最大弯曲变形量 Δl_{\max} 为:

$$\Delta l_{\max} \leq \frac{3F}{2E \cdot b \cdot \alpha^2} \left[\frac{3\alpha\delta_2^2 + 2\delta_0 \cdot \delta_2}{2(\alpha\delta_2 + \delta_0)^2} - \frac{1}{2} \ln \frac{2\delta_2 + \delta_0}{\delta_0} \right] \\ \leq 0.13\mu\text{m}$$

式中: $E = 206\text{GPa}$, 不锈钢测温头的弹性模量; $\delta_0 = 50\mu\text{m}$, 楔形测温头刀刃厚度; $\alpha = 15^\circ$, 楔形测温头刀面夹角之半; $b = 6\text{mm}$, 测温头宽度。

由上校验计算可见,如上安装的测温头,在强度上是足够的。因此,选定高出脊背线 $\delta_2 = 3\text{mm}$,既保证了突破堆积层又能测出确切的药浆温度,而且保证了安全。

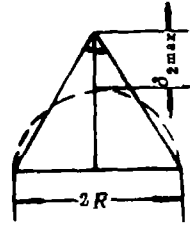


图2 搅拌锅脊背上堆积层示意图

6 测温头的外形设计

为了提高测温的可靠性、准确性和精度,在增大测温感受面的同时,应防止在测温头上形成药浆堆积层,以使热阻最小。为此,热电偶测温头应制成光滑的楔形,不应制成球形,更不能制成平头形。因为楔形的测温头当正(或逆)向流体流动的方向安装时,其热阻最小,而球形和平头形的热阻都大。锥形的热阻虽然小,但测温感受面太小会降低测温的可靠性。

7 安装结构简图

把热电偶的测温头制成光滑的楔形,垂直插入脊背,刀刃与脊背平行。搅拌锅的外层是水套。为减少水温通过热电偶铠皮对测量药温的影响,在铠皮外设置了一个隔水钢管。在热电偶测量端与锅壁之间套以聚四氟乙烯绝热套管。此套管的内径与热电偶保护套管的外径紧配合,而绝热套管的外径与锅壁间采用螺纹连接或紧配合。端面缝隙灌胶。热电偶的固定端采用防水式活动法兰连接和紧固结构。具体结构简图如图3所示。

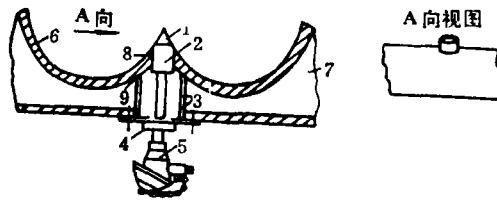


图3 热电偶安装结构简图

1. 热电偶; 2. 聚四氟乙烯套; 3. 隔水钢管; 4. 活动法兰; 5. 防水罩连接排; 6. 锅壁;
7. 水套; 8. 胶缝; 9. 焊缝

8 测温头插入误差的计算

测温头的插入误差是指测温头的插入引起温度场畸变所造成的误差。其起因有二:

(1) 药浆热量通过测温头铠皮传到聚四氟乙烯绝热套管经锅壁传到水,或相反传输。由于这一途径产生热量交换,造成测温误差。如图4,计算如下:

根据最坏情况,水套中水温 $t_H=50^\circ\text{C}$,药温 $t_0=40^\circ\text{C}$,聚四氟乙烯的热传导系数 $K_2=0.116\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,不锈钢保护套管的热传导系数 $K_1=46.52\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,隔水钢管套管的热传导系数 $K_3=53.96\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,套管长 $L=25\text{mm}$,不锈钢保护套管的内外径分别为: $r_1=2\text{mm}$, $r_2=3\text{mm}$,隔热套管的内外径分别为: $r_3=3\text{mm}$, $r_4=5\text{mm}$,隔水钢管套管的内外径分别为: $r_5=4\text{mm}$, $r_6=18\text{mm}$,锅壁厚 $d_e=7.5\text{mm}$ 。因此,此处的热流密度^[4]为:

$$q = \frac{(t_H - t_0) \cdot (2\pi r_2 d_e)^{-1}}{\frac{1}{2\pi K_1 d_e} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi K_2 d_e} \ln \frac{r_4}{r_3} + \frac{1}{2\pi K_3 d_e} \ln \frac{r_6}{r_5}} \cdot 1$$

$$\approx 767.58\text{W}/\text{m}^2 \quad (4)$$

根据前述的热电偶安装,采用了楔形测温头,使顶端的堆积层厚度接近为零而楔形面的边界层厚度逐渐增大。所以,热阻由楔形的刀刃到楔面逐渐增大。因为热阻并联,所以总热阻近似为楔形头顶端的热阻。因为楔形头的刀刃不可能磨得十分锋利,从而在顶端也会存在堆积层 δ_0 ,只不过很薄。设 $\delta_0=50\mu\text{m}$,而药浆的热传导系数 $K_0=0.30\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,则堆积层的热阻为:

$$R_t = \frac{\delta_0}{K_0} = 1.65 \times 10^{-4} (\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W} \quad (5)$$

从而引入测温误差:

$$\Delta t = q \cdot R_t \approx +0.13^\circ\text{C} \quad (6)$$

由(6)式可见,由于热电偶插入温度场所引入的测温误差为 $+0.13^\circ\text{C}$ 。

(2) 另外还有热量沿热电偶铠皮向外流失而引入的误差,即药浆热量传到测温头保护钢套,又传到环境空气,或相反传输。计算如下:

根据实际较坏情况,药浆温度 $t_0=40^\circ\text{C}$,热传导系数 $K_0=0.30\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,空气温度 $t_s=10^\circ\text{C}$,热电偶尺寸:长 $L=200\text{mm}$,钢套壁厚 $d'=1\text{mm}$,刀刃的堆积层厚度 $\delta_0=0.05\text{mm}$,不锈钢的热传导系数 $K_1=46.52\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,则由文[5]:

$$\Delta t_2 = (t_s - t_0) / \text{ch} \left[L \cdot \sqrt{\frac{K_0}{d \cdot \delta_0 \cdot K_1}} \right] \approx -0.0021^\circ\text{C} \quad (7)$$

由上式可见,此误差可忽略。

结论:如上安装的热电偶测温头插入误差为 0.13°C ,表明安装合适。

9 实验数据和分析

如图3安装的测温头和防爆测温设备用补偿线连接起来,在测试距离为45m时作了一次热水试验和两次假药(仅缺少一种原料的固体推进剂)试验。对于热水测试数据与现场用点温计测试一致。对于假药的测试数据如下:

9.1 第一次假药试验(配方A)

- (1) 日期:1981.9.24上午;室温: $+20^\circ\text{C}$;现场用95型半导体点温计测药温。
- (2) 测试数据(表1)
- (3) 测试曲线:

如图5所示。

9.2 第二次假药试验(配方B)

- (1) 日期:1981.9.26上午;室温: $+20^\circ\text{C}$;现场用95型半导体点温计测药温。

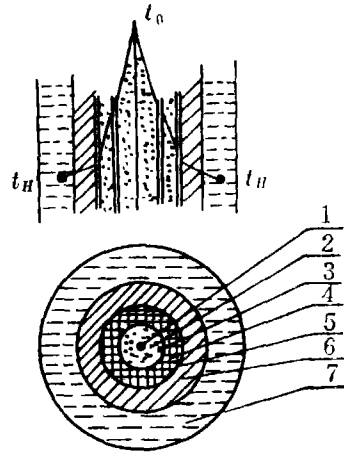


图4 温度分布图

1. 热片锅测温头顶端; 2. 绝热填料;
3. 铠皮; 4. 聚四氟乙烯套管; 5. 不锈钢保护套; 6. 钢壁; 7. 水

表 1

时 间	示值(℃)	测温系统		备注	
		点温计	药温 1		药温 2
9:28	/		28.4	28.3	
9:38	29		31.0	30.7	
9:50	31		33.1	32.3	
10:05	32		34.7	34.2	
10:13	34		36.4	35.8	
10:27	36		37.6	36.8	
10:44	39		41.5	40.7	

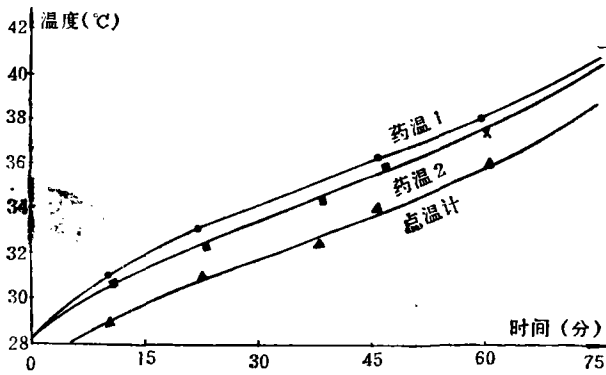


图 5 测试曲线

(2) 测试数据 (表 2)

表 2

时 间	示值(℃)	测试系统		
		点温计	药温 1	药温 2
9:52	/		31.5	31.3
10:04	/		31.7	31.3
10:19	32.5		36.0	35.5
10:29	41.2		41.0	40.8
10:39	41		43.5	43.0
10:57	41		42.1	41.8
11:07	38		40.0	39.8
11:25	40		39.1	39.0

(3) 测试曲线：如图 6 示。

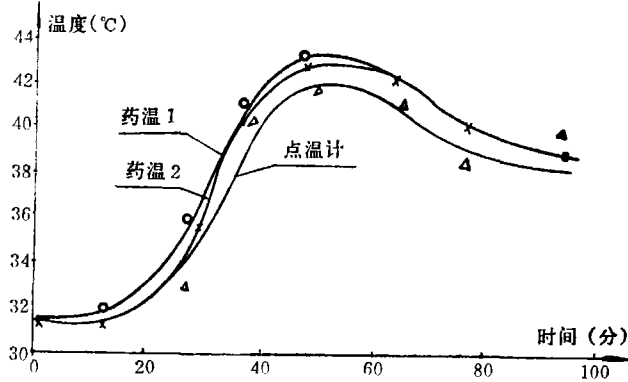


图 6 测试曲线

9.3 结论与讨论

(1) 由药温 1、药温 2 和点温计的测试曲线比较见图 2 所示。结构的测温头与防爆测温设备连接后能精密地测出了搅拌药浆的温度，且验证了为测量搅拌药浆温度所采取的措施和理论工作是正确的。

(2) 用点温计所测温度的测试曲线低于用热电偶测温头所测的温度。这是由于点温计测的几乎是药浆表面的温度，它比药浆内部较深处的温度低是符合实际的。

10 结 束 语

通过理论探讨和现场测试，在我国首先解决了远距离自动测量搅拌药浆温度的问题，填补了我国固体推进剂制造业中自动测量药浆温度的一项空白，其中解决的关键性技术问题有：

- (1) 搅拌锅内测温点的选择；
- (2) 测温头的外形及尺寸和安装结构的设计；
- (3) 搅拌锅脊背上堆积层厚度的计算；
- (4) 锅壁上药浆的位移厚度和温度分布的分析计算；
- (5) 测温头插入误差的计算。

本项研究成果温度测量精度高于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，测量范围为 $20^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。现场运行证实所测药浆温度已满足工艺要求。

在研制过程中得到了欧阳昌宇教授的悉心指导；韩伯成工程师参加了大量实验研究工作。文中有关流体力学方面的分析计算得到了纪士坪、姜浚澄副教授的热心帮助。本文在撰写过程中吸收了纪士坪副教授的宝贵意见。在此，作者谨向他们表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 吴耀祖. 低雷诺数流体力学介绍. 力学与实践 1981; (1): 34
- [2] H. A 斯略芝金著. 不可压缩粘滞流体动力学(上册). 高教出版社: 123
- [3] w. 考夫曼著. 工程流体力学. 科技出版社: 259

[4] A.H. 维尼克著, 工程热力学及传热学基础, 第四篇. 冶金工业出版社

[5] B.н. 普雷奥勃拉仁斯基著. 热工测量和仪表. 水电出版社, p.144

附 录

1 缝隙中位移厚度的计算

因为混合机锅内搅拌翅与锅壁的缝隙间距 $h=1.5\text{mm}$, 远小于锅的曲率半径 $r=120\text{mm}$, 锅壁光滑, 所以缝隙内的流体可当作流过小段光滑平行平板来处理。又因锅内药浆粘度 $\mu > 1$ 泊, 比重 $\rho = 1.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$, 翅端线速度 $u_s < 0.37\text{m/s}$, 且匀速。设药浆胶粒直径 $\phi \leq 1\text{mm}$, 则平板上翅端药浆的雷诺数:

$$R_e = \frac{\text{惯性应力}}{\text{粘性应力}} = \frac{\rho \cdot u_s \cdot \phi}{\mu} < 6.29$$

而流体流过光滑平板的临界雷诺数

$$R_{KP} = (3.5 - 5.0) \times 10^5$$

$$\therefore R_e \ll R_{KP}$$

所以, 在缝隙中流动的药浆是一种 $R_e \ll R_{KP}$ 的不可压缩的流体, 定常流过小段光滑平板的层流, 相应有层流边界层。因为药浆的 μ 很大, R_e 非常小, 所以在粘性流体的动力方程, 即纳维-斯托克司方程中的惯性力项和质量力项远小于摩擦力项而不计。根据缝隙间流体流动情况, 设 y 、 z 方向的速度分量为零, 则纳氏方程变为:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

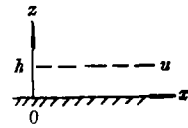


图 7

由(2)式有: $p = c + f(x)$

$$\therefore \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{dp}{dx} \quad \text{与 } y、z \text{ 无关。}$$

积分(1)式有:

$$u = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dx} \frac{z^2}{2} + c_1 z + c_2 \quad (4)$$

由边值条件:

$$\begin{cases} z=0 \text{ 处, } u=0 \\ z=h \text{ 处, } u=u_s \end{cases}$$

代入(4)式, 求得积分常数:

$$c_2 = 0, \quad c_1 = \frac{h}{2\mu} \frac{dp}{dx} + \frac{u_s}{h}$$

$$\text{故 } u = \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} z^2 + \left(\frac{u_s}{h} - \frac{h}{2\mu} \frac{dp}{dx} \right) z \quad (5)$$

因 $\frac{dp}{dx} = c$, 代入(5)式得

$$u = \frac{c}{2\mu} z^2 + \left(\frac{u_s}{h} - \frac{h}{2\mu} c \right) z \quad (5)'$$

由(3)式可见, 速度 u 在 x 方向是常数, 故对(5)式在 x 方向积分有:

$$p = \frac{2\mu \left(u - \frac{z}{h} u_s \right)}{(z-h)z} x + p_0 \quad (6)$$

由(2)式知, 对(6)式求 z 的偏导数有:

$$\frac{1}{2\mu x} \frac{\partial p}{\partial z} = - \frac{u_s}{h} (z-h)z - \left(u - \frac{z}{h} u_s \right) (2z-h) \frac{1}{(z-h)^2 z^2} = 0$$

$$\text{解得: } z = \frac{u}{u_s} h \pm \sqrt{\left(\frac{u}{u_s} - 1 \right) \cdot \frac{u}{u_s} h}$$

因 $u < u_s$, 而 z 为实数, 故 $u = u_s$ 时, $z = h$ 。将此关系代入(6)式, 并由罗比达法则求得:

$$p = \frac{2\mu u_s}{h^2} x + P_0 \quad (7)$$

$$\text{故 } \frac{dp}{dx} = - \frac{2\mu u_s}{h^2} \quad (8)$$

(8)式代入(5)式有:

$$u = - \frac{u_s}{h^2} z^2 + 2 \frac{u_s}{h} z \quad (9)$$

根据层流边界层位移厚度 δ^* 的定义:

$$u_\infty \delta^* = \int_0^\infty (u_\infty - u) dz, \text{ 此处 } u_\infty = u_s, \infty = h.$$

$$\text{故 } \delta^* = \int_0^h \left(1 - \frac{u}{u_s} \right) dz$$

$$= \int_0^h \left(1 - \frac{2}{h} z + \frac{1}{h^2} z^2 \right) dz = \frac{h}{3} \quad (10)$$

2 缝隙中温度分布的计算

设定: 条件如图 8

从而有

$$\begin{cases} 0 = -\frac{dp}{dx} + \mu \cdot \frac{d^2 u}{dy^2} \\ 0 = K \cdot \frac{d^2 T}{dy^2} + \mu \left(\frac{du}{dy}\right)^2 \end{cases}$$

$$y = h, u = u_s, T = T_s$$

$$y = -h, u = 0, T = T_0 \text{ (受外界一水套温}$$

度影响大, 并非搅拌药浆平均温度)。

引入无量纲量

$$\bar{y} = \frac{y}{h}, \bar{u} = \frac{u}{u_s}, T = \frac{T - T_0}{T_1 - T_0}$$

则

$$\begin{cases} \frac{d^2 \bar{u}}{d\bar{y}^2} = \frac{h^2}{\mu u_s} \frac{dp}{dx} = \text{const} = B \\ \frac{d^2 T}{d\bar{y}^2} = -\frac{\mu u_s^2}{K(T_1 - T_0)} \left(\frac{d\bar{u}}{d\bar{y}}\right)^2 \\ \bar{y} = 1, \bar{u} = 1, T = 1 \\ \bar{y} = -1, \bar{u} = 0, T = 0 \end{cases}$$

其中

$$\frac{-\mu u_s^2}{K(T_1 - T_0)} = \frac{\mu c_p}{K} \frac{u_s^2}{c_p(T_1 - T_0)} = P_o \cdot E_o$$

一般粘性很大的流体, $P_o \cdot E_o$ 很大, 有

$$\begin{cases} \bar{u} = \frac{1}{2}(1 + \bar{y}) - \frac{1}{2}B(1 - \bar{y}^2) \\ T = \frac{1}{2}(1 + \bar{y}) + \frac{P_o E_o}{8}(1 - \bar{y}^2) - \frac{P_o E_o B}{6}(\bar{y} - \bar{y}^3) + \frac{P_o E_o B}{12}(1 - \bar{y}^4) \end{cases}$$

由上式可划出 T 在间隙中的大致分布。

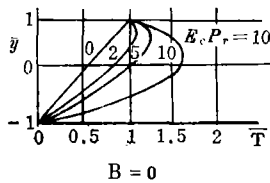


图 9

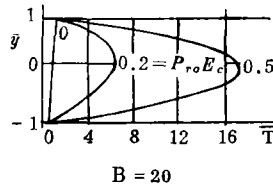


图 10

3 安息角计算

名称	比重(kg/m ³)	安息角
细砂	1.81 × 10 ³	102°42'
水泥	1.73 × 10 ³	66°12'
面粉	0.92 × 10 ³	53°8'

安息角为堆积斜面之间的夹角，如图11所示，安息角 θ 为：

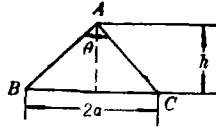


图 11

AB, AC 为堆积斜面， BC 为堆积底面。

$$\theta = 2 \operatorname{tg}^{-1} \frac{a}{h}$$

式中： a —堆积底面宽度的二分之一；

h —堆积高。

On "Double-Frequency Chattering" of Machine Tool

Lu Tiankuang Shi Hanmin

Abstract

In this paper, the thesis of "Double-Frequency Chattering" is first presented, the mechanism is also investigated; The conclusions are all supported by the experiments. We consider that the investigation of "Double-Frequency chattering" has not only the important practical value, but also will lead to some revisions of traditional theory of machine tool chatting.

Key word, Double-Frequency chattering, Machine tool, Retarded-differential equation, Digital simulation

The Measurements of Temperature of Medical Pulps Agitated in a Horizontal Mixer

Chen Longhu Tang Baozhen

Abstract

This paper introduces the key technique used for remote automatic measurements of temperatures of solid-propellant pulps being agitated in a horizontal mixer of the size 100 liters, including selection of measurement points, definition of measurement head appearances and sizes and installation structures, so that a complete automatic measurement of temperation of medical pulps agitated with a mixer can be implemented. In addition, the calculation of insertion errors of measurement heads is presented in the paper.

Key words: Horizontal mixer, Solid-propellant pulps agitation, Automatic measurements of temperatures