

自动厚度控制
译文集

鞍钢情报研究所

一九八一年六月

目 录

1、千叶钢铁厂2000 毫米热轧带钢 AGC.....	(1)
2、京滨钢铁厂1700 毫米热带钢 轧 机 的 AGC 系 统.....	(19)
3、新日铁名古屋厂热带 钢轧机 AGC	(31)
4、带厚度设定值自动调节装置的2000轧机带钢的精密轧制.....	(41)
5、1680热轧宽带轧机带钢 厚度和板形液压调节系统.....	(45)
6、1680热轧带钢轧机厚度和张力自动调节的相互关系.....	(48)
7、冷连轧机自动控制系统评述.....	(50)
8、连续式冷轧机带钢张力和厚度调节系统以及可逆式冷轧机自 动减速和准确停车系统.....	(61)
9、冷轧带钢的断面形状和板形的自动调节系统.....	(65)
10、轧机用测压计.....	(69)
11、轧钢生产自动化的新设备和新系统.....	(81)
12、带钢卷取温度自动控制和钢卷理论重量自动测定系统.....	(84)
13、用于冷轧自动化的主要检测元件.....	(87)
14、高温下的尺寸测定.....	(90)
15、辐射温度计.....	(99)

千叶钢铁厂2000毫米热轧带钢AGC

一、前 言

去年10月投产的千叶钢铁厂2000毫米热轧带钢轧机在第一阶段为实现轧制过程的全盘自动化,采用了预调控制和自动板厚控制(以下简称AGC),现在运转情况良好。本文在介绍AGC装置的同时介绍调整经过、运转效果及存在的问题。

二、轧机规格和构成AGC系统的设备规格

2.1 轧机规格

5 段式连续加热炉

250吨/小时 1座

全连续式轧机

粗轧机

4 架

粗轧一架 2辊

5000马力

粗轧二架 2辊

8000马力

第3、第4架 4辊

8000马力

精轧机

5 架连轧机

4 辊 工作辊辊径

700毫米

支持辊辊径

1,525毫米

精轧1架

6000马力

精轧2~5架

7000马力

轧制速度

329/800 米/分

轧制厚度

1.2~12.7毫米

轧制宽度

500~2,000毫米

轧机弹性系数

约650吨/毫米

卷取机

2台

2.2 构成AGC系统的设备规格

1) 压力传感器(压磁式)

ASEA

压磁式压头规格

1,800吨

安装部位

精轧1~5架下支持辊左右轴承座下面

控制装置

400伏、单相、50周/秒

指示器 和

0~4,000吨

差-500~0~500吨

输出电压 直流6.4伏/1,000吨

2) X射线测厚仪 (Raymike 600) 美国通用电气公司

测定范围 0~13.50毫米

安装地点 离第5架精轧机出口侧2米处

厚度偏差输出 0~±10伏

厚度偏差范围 -400~0~500微米

3) 压下螺丝位置传感器 美国通用电气公司

安装部位 有AGC的机架的左右压下螺丝

使用导电性塑料的电位计 1,500欧姆/350°

4) 直接配套控制 美国通用电气公司

把各种厚度控制、过程控制、活套挑位置控制所用的设备,归总到抽匣式构造的配电盘里。全是半导体装置。使用电磁继电器。

5) 压下控制 美国通用电气公司

采用磁放大器和交磁电机放大器的发电机电动机组。

压下马达 东芝

75马力 515转/分 220伏 275安培

6) 主电动机速度控制器

采用水银整流器和十字结线方式的发电机电动机组。

三、AGC的构成和构成AGC的设备

3.1 控制厚度的机架的选择

精轧机的厚度控制,是把几个机架的出口厚度分别控制到一定值,用X射线测厚仪测定其轧制厚度,将各机架的厚度控制作为一个整体加以监视。当然,各机架的出口厚度,应是能得到最终加工厚度的值。

问题是在5个机架中的哪个机架上进行厚度控制好,在选择厚度控制机架时,主要考虑“最好在产生厚度波动的地方”和各机架的轧制动力能正确分配及能控制板型。

距离产生轧件厚度波动最近的机架,当然是最终机架 F_5 ,所以首先考虑 F_5 的厚度控制。但是如果从控制板型的观点来看,是不允许把校正能力强的AGC放在 F_5 的。大的厚度波动量的修正必须在其前面的机架进行。 F_5 处只限于“AGC的精调”。当确定 F_5 不合适后,下一架有效的是 F_4 。但是如果单独在 F_4 安装AGC,该机架的轧制负荷变动就会过大,因此也不够理想。所以也在 F_2 和 F_3 设置AGC,共同分担修正波动量的任务,以合理分配轧制负荷。这样, F_5 入口侧的板厚基本一定,但是温度未必一定,结果在 F_5 再次出现厚度波动(这种叫做“热回升”的波动是比较小的)。为了消除“热回升”需要进行微调控制。

另外,要在各机架的出口侧得到规定厚度,但又未必能达到,所以在用X射线测厚仪测定轧制厚度的同时,需要用X射线监测器监视和修正各机架的出口厚度。

3.2 AGC的基本结构

综上所述,控制厚度的机架和控制方式如下:

- 1) F_2 厚度计控制压下
- 2) F_3 厚度计控制压下
- 3) F_4 厚度计控制压下及厚度计控制张力
- 4) F_5 , X射线测厚仪控制张力 (X射线微调)
- 5) X射线监测器

将各种方式的简单构成图示于图 1 ~ 3。

所谓厚度计, 就是用测定轧辊的辊缝来测定该机架出口侧的板厚波动量的装置。其原理如下:

$$h_0 = S_0 + \frac{f}{M} \quad (1)$$

式中: h_0 , 出口侧板厚

S_0 , 空转时的辊缝

f , 分开辊的力

M , 轧机弹性系数

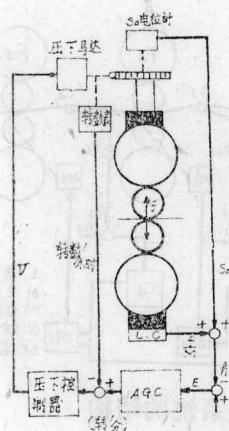


图 1 厚度计控制压下

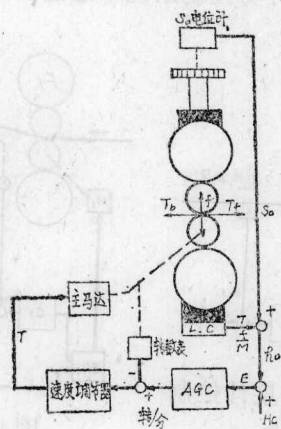


图 2 厚度计控制张力

S_0 用和压下螺丝直接连接的电位计 (S_0 电位计) 测定, f 用下支持 辊轴承座下面的压力传感器 (S_0 电位计和压力传感器左右各一个) 测定。

厚度计控制压下螺丝方式是用厚度计测定厚度, 算出与设定值的偏差, 然后将其结果放大, 输送给压下控制系统。压下控制系统根据其输入量控制压下马达, 调节压下螺丝, 直至偏差为零。

F_4 的厚度控制张力方式与厚度计控制压下螺丝方式交替使用。厚度计控制张力的过程是: 将厚度计测得的偏差输出量输送给 F_4 主马达的速度调节器, 改变主马达速度, 调节 $F_3 \sim F_4$ 间的张力, 使偏差为零。

X 射线厚度计控制张力方式, 是用设置在 F_5 出口侧的 X 射线侧厚仪测定厚度偏差, 将测量结果输送到 F_5 主马达的速度调节器, 以改变 F_5 主马达的速度, 并调节 $F_4 \sim F_5$ 间的张力从而控制厚度。

3.3 AGC 的辅助设备

为了充分发挥上述厚度控制功能和使操作容易，需要一些辅助设备。

1) 活套挑位置的自动控制

在采用以厚度计控制压下螺丝的AGC时，必须采用活套挑位置自动控制装置。这是涉及轧制理论的实质性问题。即，引起钢板产生塑性变形的屈服应力，是作为压应力和拉应力的和而起作用的。厚度计控制压下螺丝方式的AGC，是通过改变压下螺丝位置来调节压应力以控制板厚的，但这时压下螺丝一动，带钢的物料流就要发生变化，前后张力也随之改变。这种张力变化和调节压下螺丝控制板厚的效果相反。例如：当板过厚使压下螺丝下降时，前张力就减小。张力的减小又使板厚增加。

所以，当采用以厚度计控制压下螺丝的方式时，即使调节压下螺丝，物料流发生变化，也必须使钢板张力保持不变。这就是自动控制活套挑位置的目的。而且当两个相邻机架安装AGC时，活套挑位置调节对于缓和两个相邻的AGC间的干扰也是必要的。

另外，当通过调节活套挑位置来控制张力时，最好能使活套挑具有恒张力特性。图4是活套挑位置自动控制系统示意图。

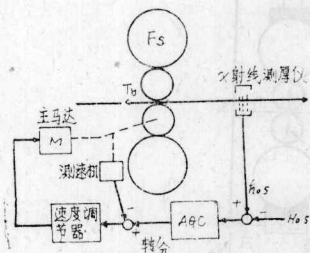


图3 X射线厚度计控制张力方式

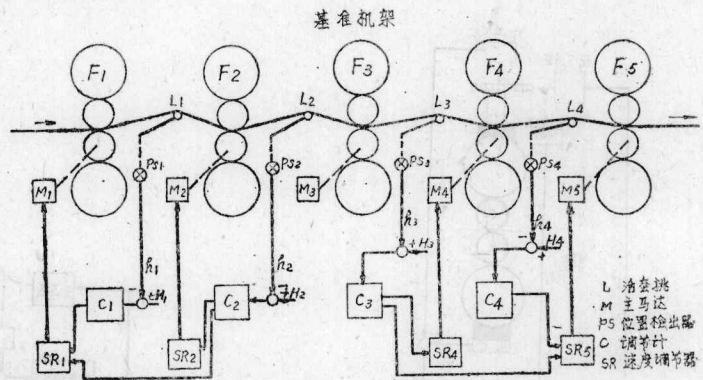


图4 活套挑自动位置控制系统的结构

2) 过程控制

轧钢作业是一种分段程序，这里所用的AGC最好能准确地掌握轧制开始和终止时间，并能自动进行启动、运转、停车及其附属处理。这就需要进行过程控制。

压力传感器的继电器也可以说是过程控制的检测件。它检测精轧机各机架在咬钢和抛尾时压力传感器输出的变化情况。

3) 操作机及其他

是否需要使用AGC，如果需要，采用哪种方式等均取决于操作人员（当然有操作标准）。进行此操作的装置是操作机。另外，为便于操作，设有显示厚度计测得的偏差，X射线监测器的输出、机架间张力等的仪表。

四、AGC装置的各种功能

4.1 厚度变动的原因和厚度控制

以下将列举厚度变动的主要原因，简单介绍主要用上述哪种方法修正。表1综述

这些内容。

概括地讲, AGC是通过 F_2 、 F_3 、 F_4 的厚度计来校正由于钢板的温度下降和滑轨黑印造成的厚度变动, 用X射线监测器和X射线微调装置来分担用厚度计检测不出来的微小厚度变化。

表 1 厚度变动的原因和校正方法

厚度变动的原因	F_2 、 F_3 、 F_4 AGC	X射线监测器	X射线微调器
小的设定误差		○	
薄板的特性变动	○		
轧辊磨损		○	
轧辊及牌坊的热膨胀	S ₀ 的漂移	○	
滑轨黑印		○	
钢板纵向温降	○		
终轧机架的热回升			○
加 速	○	○	○
板头及板尾的张力波动	○		
轧辊偏心	恶 化		

4.2 厚度计控制压下螺丝方式

4.2.1 原理

现在把厚度为 h_1 的钢板送入某机架, 使轧制后的厚度为 h_0 。使这时的压下设定值为 S_{01} , 轧制力为 F_1 , 如图5所示。可用轧机的弹性曲线A和钢板的塑性曲线C的交点P给出 F_1 和 h_0 。

当轧制中钢板的特性发生变化(例如温度下降), 塑性曲线从C变到D时, 平衡点从P移到Q, 出口侧厚度增加 Δh_0 。如果想校正此变动量, 使厚度为 h_0 , 可将A平行移动到B, 使之通过R点, 即, 使压下螺丝从 S_{01} 下降到 S_{02} 即可。这时:

$$\begin{aligned} h_0 &= S_{01} + \frac{f_1}{M} \\ &= S_{02} + \frac{f_2}{M} \end{aligned}$$

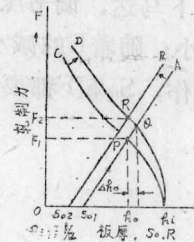


图 5 控制原理

4.2.2 控制厚度的简单回路

用简单的回路图说明怎样做才能检测出厚度的变化, 其结果能否控制压下螺丝。图6是 F_2 AGC的简单接线图。

首先, 在基准电位计上设定好 F_0 。出口侧的板厚基准值 H_0 (设定方法在下面说明)。它和 S_0 电位计构成所谓惠斯登电桥。其次, 由于压力传感器输出的 (+) 侧接在 H_0 电

增加了补偿轧机方程式非线性部分的阴极偏压) 间形成 $E = (S_0 + \frac{f}{M}) - H_0$ 的电

压。它以厚度计输出的偏差代表厚度偏差。

假如最初 $E=0$, 则: $H_0 = S_{00} + \frac{f_0}{M}$ 。

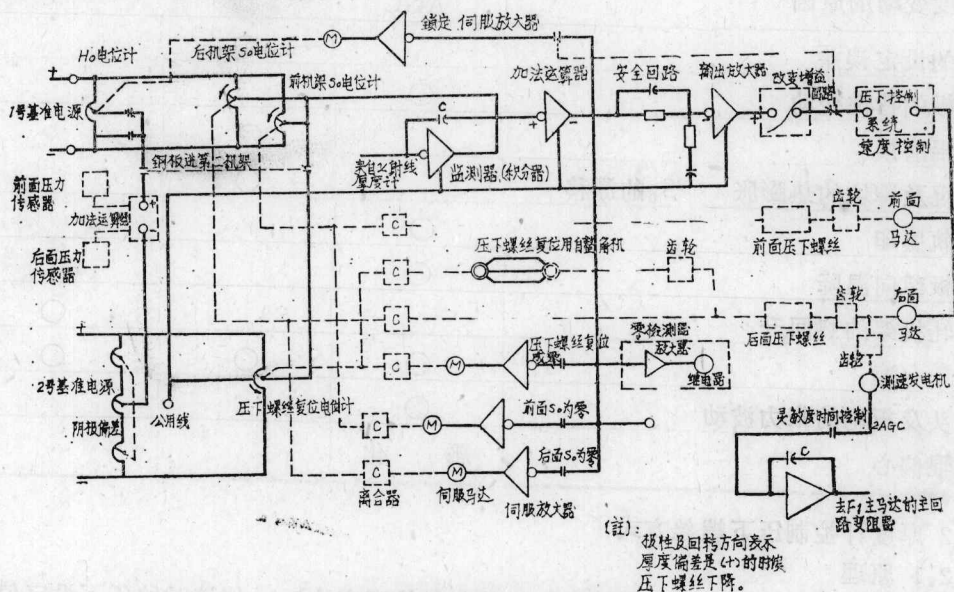


图6 第二机架的AGC系统图

当温度下降时, f_0 增加 (Δf_0), 板厚增加 Δh_0 。厚度计偏差为 $E = \frac{\Delta f_0}{M}$, 将它用加法运算放大器放大后, 通过稳定回路, 用输出放大器进行功率放大, 经过限幅器和增益变换回路输送给压下控制系统。压下螺丝控制系统根据输入的误差电压, 象图 7 那样控制压下马达, 调节压下螺丝。由于 $E > 0$, 所以压下螺丝下降。随着压下螺丝的下降, E 减小; 随着 E 的减小, 压下螺丝的速度也减小, 最终使 $E = 0$, 达到平衡。如果压下螺丝动作, S_0 和 F 都要发生变化, 其变化情况由厚度计进行连续检测, 与基准值比较

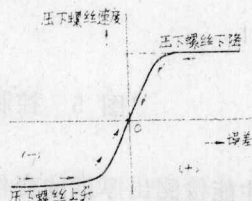


图7 压下螺丝的速度控制特性

后直接输出E。压下螺丝的动作方向是使E减小的方向,这就保证了压下螺丝动作的正确性。即,对所得到的E,不管压下螺丝调节多少,只控制动作方向和速度,而不管压

下螺丝的动作程度，同时系统要不断检测其动作结果。这就是所谓反馈控制的方法。

4.2.3 基准值设定方法

到此为止的轧制过程，是通过设定压下量来间接地设定出口侧厚度，但是进行AGC控制时，必须把厚度基准值直接输入到AGC。这如果在使用AGC侧进行，就很成问题，但在此装置上采用了按初始状态锁定伺服机构的方法后，得到了很好的解决。

其方法是：对于新的规程，操作人员要根据以往的参数设定压下量，轧制第一张钢板。设定的好坏，由X射线测厚仪检查。如果有厚度偏差，操作人员要手动调整各机架的压下，直到得到满意的结果为止。将偏差调节到零以后，用厚度计测定此时AGC机架的出口侧钢板厚度，伺服机构自动按此值调节 H_0 电位计，进行设定。这些，只需要操作人员在操作台上把选择开关旋转到“锁定”位置即可。如果设定完了，指示灯有显示，若从这时开始按AGC“合”按钮，AGC便开始工作。

这样，采用上述操作方法，可以发挥操作人员的经验，对AGC顺利地投入生产很有益处。

当轧制许多同样规格的钢板时，最好能使以第一张钢板前端设定的基准厚度直接用于以后的钢板（选择开关处于“保持”位置）。这样，AGC从钢板咬入的瞬间就开始工作。

另外，基准值若有微小变更，可用操作台上的电位计调整。AGC机架出口侧板厚，在AGC继续保持“合”的状态下进行手动微调时（厚度修正、负荷分配的修正及其他）是有用的（当两个压下螺丝同时用手动控制时，AGC就断电停止工作）。

4.2.4 压下螺丝复位

前一张钢板采用压下螺丝方式的AGC，轧制时随着钢板的通过，压下螺丝逐渐下降（由于温度下降），钢板抛尾时的压下螺丝位置，对于下一张钢板头部是不适用的。

所以，当钢板抛尾之后，压下螺丝必须返回到最初的设定位置（对于板头合适的位置）。由压下系统自动进行的这种控制过程如下。

首先，由后面的压下螺丝所连接的自整角机，把压下螺丝的移动量输转给压下螺丝复位用的电位计。钢板抛尾时，此电位计的滑动触头位置标志着压下螺丝的动作方向和总移动量，即，压下螺丝离开最初设定值的量。钢板抛尾时，将该电位计的电压输送给加法放大器，压下螺丝移动的情况和4.2.2节中介绍的相同，一直调节到使电位计的滑动触头电压成零为止。

另外，AGC合开关之前，压下螺丝复位电位计的滑动触头必须处节零位置。这可由压下螺丝复位调零的伺服机构自动调节。

4.2.5 S_0 调零

众所周知，显示压下螺丝位置的自整角机乘法测量仪，要通过操作人员的肉眼来比较其显示情况。

构成厚度计的 S_0 电位计的调零，也用同一方法自动进行。即：

- 1) 换辊后，使轧辊以最低速度运转。
- 2) 使各机架的压下螺丝降下，最大负荷达1,500吨。
- 3) 这时，用负荷差指示计调平。调平后的全负荷达1,500吨。（和乘法测量仪的指示

值相当。)

4) 按调零启动按钮

这样, 先把后面 S_0 电位计的滑动触头电压输送给加法运算器, 然后输送给 S_0 调零伺服机构, 伺服马达把后面 S_0 电位计滑动触头调节到零电位。然后把前面 S_0 电位计调零。

另外, 要检测这些伺服机构是否有误差, 把伺服机构接到加法运算器和其他必要的回路上, 以及断开等, 这些均由零检测器(继电器放大器)来完成。也用于锁定伺服机构和压下螺丝复位。

4.2.6 速度补偿

只在 F_2 的AGC上设有速度补偿装置。 F_2 的AGC是精轧机组的最初的AGC。大的厚度波动大部分要在这里校正。所以压下螺丝的波动量大, 特别是 $F_1 \sim F_2$ 间的活套变化较大。这些若全用活套挑位置控制系统校正, 就负担过重(速度慢、还可能超出其修正范围)。所以用测速发电机检测 F_2 压下螺丝的速度, 根据其输出信号, 控制 F_1 的电动机速度, 协助活套挑位置控制系统工作。这就叫做速度校正。

4.3 厚度计控制张力方式

4.3.1 用张力控制板厚

随着被轧钢板的变薄, 逐渐形成图8中曲线C(或B*)。因此, 为修正很小的波动, 就需要压下螺丝下降相当大的距离。即, 降低了厚度计控制压下丝螺的AGC的能力。另外, 随着钢板变薄, 容易因张力而引起变形, 如图8所示。这样, 为了弥补压下螺丝方式对于薄板控制能力不足的问题, 就出现了此张力方式。

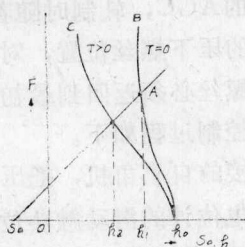


图8张力的影响

这种方式也是用压力传感器检测厚度的波动。其偏差电压用加法放大器放大, 输送给张力控制用放大器(张力放大器)。在其输入回路中, 厚度偏差被变换成输出侧厚度的偏差百分数。张力放大器将此偏差百分数变换成某种控制信号(主要是偏差的积分), 输送给 F_4 及 F_5 的主马达速度调节器。速度调节器根据输入的厚度偏差百分数信号, 以同样的百分数控制速度。依此调节 $F_3 \sim F_4$ 间的张力。修正 F_4 的出口侧厚度(当厚度厚时增加压力。用压力传感器检测, 增加 F_4 的速度和 $F_3 \sim F_4$ 间的张力。以此减少板厚, 使压力恢复到原来的值)。控制 F_5 的速度, 是为了防止由于 F_4 速度的变化影响 $F_4 \sim F_5$ 间的张力变化。

另外, 使用张力方式时, 3号及4号活套挑固定在一定位置, 作张力计用。由于钢

* 此处原文为D, 但图中并无D曲线, 似应为B—译者

板张力和制动活套挑的缓冲缸压力间有一定的关系，所以用压力变换器将此压力转换成电压，作为张力信号。由仪表向操作人员显示张力。

但是，对钢板施加张力以后，板宽可能变窄，最后引起缩颈。为了防止这种现象，必须限制速度调节器的输入信号的大小。这由限幅器来完成。由于张力的上限值因板而异，所以要有操作人员在操作台设定。但是，当对厚度控制信号的大小进行了限制以后，又出现超过它的大偏差时，就有一部分厚度无法校正。这时，可以降下压下螺丝进行修正。自动进行这个控制的是 F_4 的“控制压下螺丝下降”的机能。即，检查（继电器放大器）张力是否达到了上限。向 F_4 压下控制系统输出一定电压，使压下螺丝下降。压下螺丝下降后，钢板厚度减少，张力也减小。当张力下降到某一设定值以后，压下螺丝不再下降，再一次开始用张力控制厚度。

另一方面，当 F_4 的速度下降得过多时， $F_3 \sim F_4$ 间的张力减小，但钢板太松弛时会有危险。所以要事先设定好张力的下限，使张力超过下限值时，信号灯发出警报。这时，操作人员必须手动调整速度。

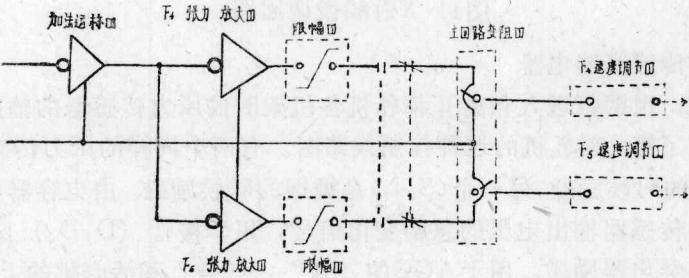


图9 张力方式的线路图

4.4 X射线监测器

只靠 F_2 、 F_3 、 F_4 的AGC，要保证成品厚度达到所规定的值是比较困难的因为：

- 1) 厚度计的基准值未必正确；
- 2) 厚度计引起漂移（轧辊的磨损和热膨胀引起 S_0 漂移）。

因此，用X射线测厚仪测定精轧厚度偏差，并自动修正厚度计的基准值，使厚度偏差为零。我们把这种设备叫做X射线监测器。监测器是积分器，由它发出平均偏差信号，传输给各机架的加法运算器。这时，若给前面机架的信号过大，会由于从该机架到X射线测厚仪之间存在滞后时间，形成长周期的脉动，所以该信号的大小必须适宜。另外，操作人员可以选择以下两种控制方式：（1）X射线监测器，在轧制一张板的过程

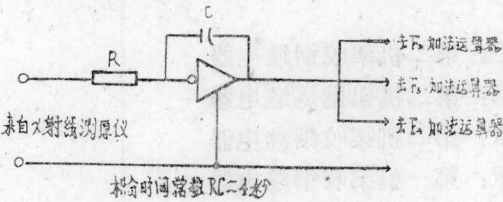


图10 X射线监测器

中，要始终进行连续地积分，钢板抛尾后积分器的输出为零（复位）。（2）对钢板头部积分某一段时间，然后保持其信号，并用于以后的钢板。

4.5 用X射线厚度计进行速度微调控制

如前所述，此微调控制器是为了修正 F_5 的热回升而设置的。

控制方法，基本上和厚度计控制张力方式相同，只是这里采用X射线测厚仪测定偏差。即：用X射线厚度计输出的偏差来改变 F_5 的速度，调节 $F_4 \sim F_5$ 间的张力，从而校正 F_5 的出口侧厚度。这时，4号活套挑固定在一定位置，作张力计使用。张力的上、下限也靠操作人员设定，但是，只在达到上、下限值以后发警报，而不调节压下系统。

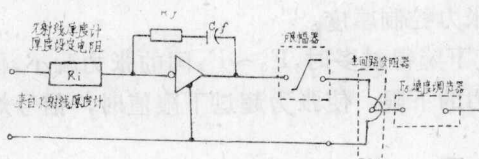
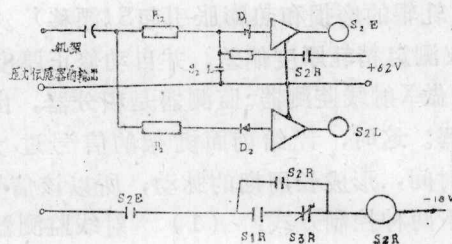


图11 X射线微调回路

4.6 测力传感器继电器

如前所述，用钢板进入和离开精轧机各机架时的压力传感器的输出变化来检测压力。图12示出了第2架轧机的这种控制线路图。有两个同样的压力传感器继电器，一个(S_2E)是咬钢的时候励磁，另一个(S_2L)是抛钢的时候励磁。由电容器(C)取出轧机咬钢和抛钢时压力传感器输出电压的急剧变化信号，用二极管(D_1D_2)区别其变化的方向，分别对各继电器励磁。用于AGC的“开”、“合”和活套挑的上升、下降等控制系统时是通过 S_2E 接点动作的辅助继电器(S_2R)。另外， S_2R 的其他动作是通过 S_1R 、 S_3R 来励磁，用以防止由于压力传感器继电器的误动作使活套挑误动作。

因此， S_2E 、 S_2L 的动作点主要取决于电容器 C 的值，所以必须使整个轧制过程动作正确。



S_2E ：第二机架咬钢继电器

S_2L ：第二机架抛尾继电器

S_2R ：第二机架咬钢继电器

S_1R ：第一机架咬钢继电器

S_3R ：第三机架咬钢继电器

图12 第二机架的压力传感式继电器

4.7 活套挑的位置控制

活套挑位置控制的目的是为了使各机架间张力恒定。张力变化会引起活套挑的位置变化。从安装在轴上的张力电位计取出代表活套挑位置的电压。将此电压和位置设定值进行比较,将其结果即误差电压输送给调节器,然后作为控制信号输出。此信号输送给有关机架的速度调节器,改变电动机的速度,以改变活套的大小,依此修正张力的波动量。例如:当 $F_2 \sim F_3$ 间的张力减小,2号活套挑的位置高于设定值时, F_2 的速度减小, (F_3 为基准机架) $F_2 \sim F_3$ 间张力增加。这个线路的例子示于图13。

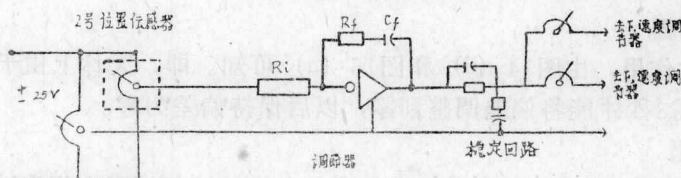


图13 2号活套挑位置控制电路

所以这时去速度调节器的信号基本为零。但是,当活套挑急剧上升,触到极限开关时,有相当大的阶跃信号输送到速度调节器。电动机的空气自动断路器有跳闸的危险。调节器的增益,时间常数都主要在这一点加以限制。

五、运转效果及问题

5.1 运转效果

关于AGC的操作方法,是从1月的后半个月开始进行教育的,在调试中,给操纵员以实习的机会。从2月份的后半个月起,就可以完全交给操纵员操作,当时可以运转的 $F_2 F_3 F_4$ 的厚度计控制压下方式及X射线监测器。至今运转正常,利用率至少达90%以上。

那么效果如何呢?用X射线测厚仪的座标图示出其一例,请参阅图14。 F_4 的控制张力方式的效果示于图15。按此图说明AGC的效果。

1) 滑轨黑印

现在,一座加热炉,轧制作业间隔约为3分钟时,一般滑轨黑印为20~30度。当不使用AGC进行轧制时,2.3毫米深、0.9米长还可以,但是当达到2.3毫米深、1.2米长时,就会造成 ± 50 微米左右的偏差。在4.76毫米深、1.8米长时,甚至达到100微米。这和使用AGC时的情况相比较,就会清楚地看到AGC处理滑轨黑印的能力。

2) 温度的降低

不使用AGC时,由于温度的降低,越往后钢板越厚,如图14(c)所示。如果把它和使用AGC的情况(b)相比较,就会对AGC对于温降引起的板厚波动的校正能力有所了解。

3) 加速轧制

进行加速时, 钢板的变形速度增加, 而且板的温度升高。前者增加变形抗力, 后者使之减小, 但温度的效果大, 因此, 结果是使变形抗力减小, 钢板变薄。所以, 速度增加25%左右时, 一般板厚能减少50~100微米。如果使用AGC, 如图14 (a) 所示, 可使板厚减少量控制在25微米左右, 而且很快就恢复到原值。这个例子是用X射线微调装置调节的。当不使用X射线微调器时, X射线监测器可以担当这项调整工作, 但反应速度慢, 效果不十分好。即使是X射线微调器, 要修正100微米, 也负担过重, 所以目前在探讨检测加速的时刻, 把AGC机架的压下螺丝提升一定量。这相当于 F_4 张力方式的“压下螺丝向下调”, 应该叫做“压下螺丝向上调”。

4) X射线监测器

X射线监测器的作用, 由图14 (d) 和图15 (a) 可知。即, 大体上由于设定不良造成头部过厚时, 约需8秒钟能将偏差调整到零, 以后保持偏差为零。

5) 板头和板尾

即使把板头和板尾的急剧的厚度增加考虑在外, 特殊的板尾张力损失造成的板厚波动也不大容易修正。特别是当张力控制厚度时 $[XV, F_4(T)]$, 这一点更显著。这是张力方式的根本性的缺陷, 除非推迟活套挑下降的时间, 尽量缩短无张力部分, 否则没有其他办法。

钢板头部过厚, 多因设定不好 (特别是轧第一卷时)。

6) 薄板和厚板

对于3.2毫米以下的薄板, 除部分板尾以外, AGC有足够的能把板厚偏差控制在 ± 30 微米以内。问题在于使用的方法。但是4.5毫米以上的钢板 (特别是第五架精轧机), 其偏差要控制在 ± 60 微米的范围内。这是由于钢板越厚 F_5 的热回升越严重, 又没有修正能力 (X射线微调器对于厚板几乎无能为力), 而且, F_3 和 F_4 的比例系数对于厚板不合适。

另外, 如图14 (h) 中12.7毫米厚板的例子, 在精轧机架上 (这时是 F_2 机架) 安装AGC时, 由于没有热回升, 几乎显不出滑轨黑印, 可以得到比 F_5 加工的厚板 (6.35毫米) 还要好的结果。

7) X射线微调器

微调器对于3.2毫米以下的薄板是非常有效的。只是对热回升不起作用, 但可以保持偏差为零。在加速时, 可以抑制板厚的减少。特别是1.6毫米和1.4毫米的钢板, 即使单独使用X射线微调器, 也可以得到令人满意的结果。

X射线微调器控制的 $F_4 \sim F_5$ 间的张力为0~5吨左右, 这种程度的张力, 几乎没有板宽减少的问题。

8) F_4 张力控制方式

对于这个问题, 到目前为止尚缺乏足够的实践经验, 所以不能说弄清楚了 (至今没有象 F_4 张力控制方式那样感到迫切需要)。将试用结果示于图15 (a)。同时也示出板宽偏差的记录。用这种方式可以得到 (对于薄板) 与厚度计控制压下方式相同的甚至更好的结果。但是, 板尾失去张力造成厚度显著增加是其缺点。板宽的减少也可以控制在9毫米以内。

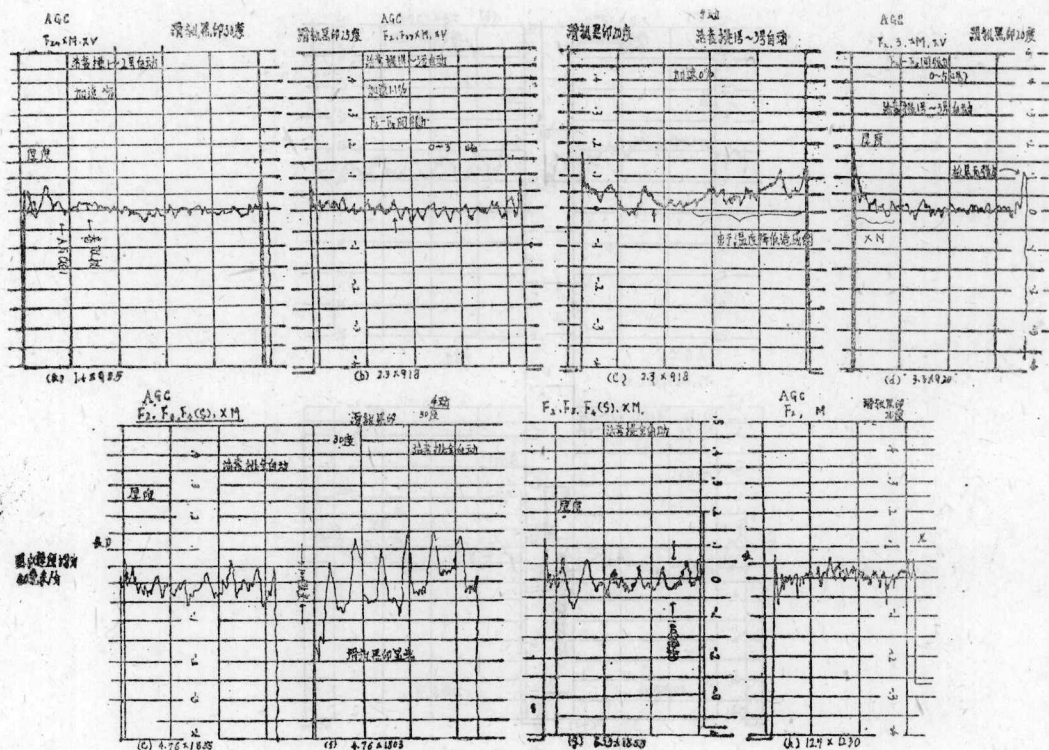


图14 AGC的使用效果

5.2问题

5.2.1在调整中出现的问题

首先,举出几个直接配套部分在单机调整中出现的问题。

(1)运算放大器电源 (± 60 伏电源)的干扰

± 60 伏电源是 F_2 、 F_3 、 F_4 AGC配电盘的运算放大器公用的电源。干扰是由于个别元件不良造成的。由于降低输出电压 (± 57 伏),可以减少噪音,所以曾调到低电压,等待更换元件。换上好元件以后,曾以 ± 60 伏安全地运行了一段时间,但是以后又出现了噪音。对此,在输出回路加了扼流线圈,取得了成功。分别在各AGC机架上使用小容量电源,要比各机架共同使用一个大容量电源好。

(2)辊缝调零伺服放大器的振荡

这是由于伺服放大器产生高频振荡,使伺服放大器的温度升高,从而使输出放大器发生噪音。

为了防止振荡,在压下螺丝位置传感器内的伺服马达上加了电容器 (因为考虑是电线布线电容造成的振荡),并将伺服放大器的动作电压降低一半,结果基本成功。辊缝调零伺服放大器不仅在换辊调零时使用,通常处于通电状态,但当感到它会振荡发热,有产生噪音的危险时,一般把电源切断,只有在辊缝调零时通电,不必改变回路。

(3)活套挑的误动作

最先调整活套挑的自动升降及位置控制部分,当对直接配套部分进行单体调整时将

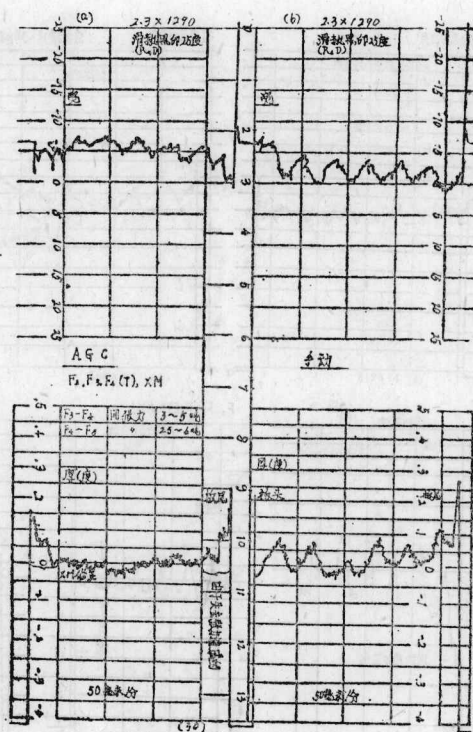


图15 F_4 张力控制方式的效果

开始用使套活挑。这时经常由于压力传感继电器的误动作造成活套挑升降的误动作。这种现象是第一机架咬钢后，第二机架的压力传感继电器马上动作，1号活套上升，第一机架不能咬钢，造成废品。其解决措施是：采用时间继电器（临时的）作为1号活套挑的上升条件，而且追加了压力传感继电器的动作条件（参阅4.6）等。压力传感继电器的误动作当然是由于干扰引起的，但要找出问题的所在是非常困难的，结果基本是偶然发现的。知道了这是由于第二机架AGC配电盘的2号基准电源（ ± 40 伏）内的部件焊接不良（虽然需要焊接的部件不多），产生干扰，通过压力传感器的输出回路，使压力传感继电器动作。以后再没有发生过这种事故。除上述情况外，也有许多线路设计不当，配线错误的问题。

以下介绍联机调整后出现的问题。

压下控制系统的响应

造成厚度波动的因素中，变化最快的是张力波动和滑轨黑印造成的波动。为了修正由此造成的厚度波动，必须使系统的响应速度远远快于板厚的波动（一般至少10倍，这主要要求系统的稳定性）。例如：滑轨黑印出现的周期短，快者6秒（厚板），慢者12秒（薄板），所以系统的反应速度至少要0.6秒（ $\omega_c = 10$ 弧度/秒）。速度越快越好。另外AGC中左右其响应速度的是压下螺丝和马达，以及控制压下螺丝的压下控制系统（压力传感器、压下螺丝位置传感器、直接连接装置等的响应速度与之相比几乎是一瞬间）。所以很好地调整压下控制系统，尽量得到快的响应速度就是个待解决的问题。

题。经再三调整的结果, 现在压下控制系统 $\omega_c = 15$ 弧度/秒, 整个系统 $\omega_c = 6$ 弧度/秒。

轧机模数的设定

据我们所测, 第二轧机模数为650吨/毫米 (工作辊转速为54转/分) 其他机架的数值也基本如此。不能把这个值直接作为厚度计的比例系数 (从轧制力 f 求出 f/M 的系数)。这是由于马达测定条件 (不包括钢板) 和实际轧制钢板时的条件不同。考虑主要是受工作辊扁平变形的影响。轧辊的扁平变形程度因轧制规程而异, 例如: 按厚板设定轧机的比例系数时, 对于薄板就不合适 (也受板宽影响)。

这种情况越是后面机架越显著。譬如现在轧中板以下的钢板效果好 (使用 $F_2F_3F_4$ 时, 各比例系数分别是实测值的92%、85%、75%), 对于7毫米左右厚的钢板, 效果就不那么好。但是 F_2 加工的极厚板, 一般比7毫米左右的钢板效果好 (请参照附图)。

比例系数过小时, 不能进行充分的修正 (例如出现的滑轨黑印大), 但比例系数过大时, 使修正量过大, 反而恶化, 引起下述相互干扰:

邻近的AGC的相互干扰和活套挑位置控制系统的响应速度: 当提高压下控制系统的反应速度时, 压下螺丝的动作变快, 为此, 机架间的张力变化也加快, 过去的活套挑位置控制系统的响应速度就满足不了张力控制的需要。所以活套挑摆动, 轧制厚度波动。仅改变活套挑的响应速度, 情况也得不到丝毫改善。经种种观测, 发现邻近的AGC (F_2 和 F_3 , F_3 和 F_4) 和机架间的活套挑位置控制系统间, 似乎存在相互干扰。其状况为:

- ① 例如: F_3 和 F_4 的压下螺丝及活套挑, 基本在滑轨黑印的半个周期时波动; F_2 、 F_3 的压下螺丝和2号活套挑也同样。但使用 F_2 和 F_4 的AGC时, 没有这种现象;
- ② 轧5毫米以上的厚板几乎看不出相互干扰。轧2毫米左右的薄板时有显著的干扰;
- ③ 活套挑的阻尼越大干扰越显著;
- ④ 和厚度计的比例系数有关。

将 F_3 、 F_4 、3号活套挑的相互干扰情况示于图16。(由于相互干扰造成的轧制厚度波动约为 ± 30 微米) 相互干扰的机理非常复杂, 不能说掌握得很清楚, 但机架间张力是造成干扰的原因之一是肯定的。

我们采取的措施是:

- ① 降低活套挑的阻尼, 进一步提高响应速度。
- ② 在允许范围内尽量减小比例系数。
- ① 是为了减小活套挑在调整张力过程中所受到的阻力, (2) 是为了防止矫枉过正。都基本获得成功。

活套挑的阻尼, 用调节速度控制阀的开度来控制, 但事先改变了缓冲装置的安装位置。如果缓冲装置的位置和过去的升降式缸安装位置相同, 根据活套挑高度的不同, 阻尼会有较大变化, 所以改装在和对称平衡缸相同的位置上, 使阻尼随活套挑高度变化较小。

(4) 轧辊的偏心

轧辊偏心时, 辊径大的部分和钢板接触时, 初轨压力增加, 钢板变薄。但是, 厚度