



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 99814519. X

[45] 授权公告日 2003 年 10 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1122729C

[22] 申请日 1999. 12. 16 [21] 申请号 99814519. X

[30] 优先权

[32] 1998. 12. 18 [33] SE [31] 9804419 - 1

[32] 1999. 6. 24 [33] SE [31] 9902407 - 7

[86] 国际申请 PCT/SE99/02393 1999. 12. 16

[87] 国际公布 WO00/37699 英 2000. 6. 29

[85] 进入国家阶段日期 2001. 6. 15

[71] 专利权人 新特卡斯特有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

[72] 发明人 P · 普皮拉 C · 安德森

审查员 葛松生

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 段承恩

权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 5 页

[54] 发明名称 预测凝固中的铸铁的显微组织的方法

[57] 摘要

通过研究盛有熔融铸铁试样的试样容器中的传热, 就能对该熔融铸铁试样将凝固形成的显微组织进行精确的预测。 此方法还非常适于通过使用计算机而实现高度的自动化。

1. 生产 CGI 铸件或任选地生产 SGI 铸件的方法，它需要一个取样装置、至少 2 个记录冷却曲线的装置、及将组织变质剂加于将由其产生所述铸件的熔融铸铁的装置，所述方法包括如下步骤：

a) 提供将由其生产所述铸件的熔融铸铁的试样，再将所述试样加于试样容器中；

b) 同时在距该试样容器中心的距离 r_1 和 r_2 等处记录至少 2 条冷却曲线；

c) 用得自 b) 中的信息确定至少 2 条生热曲线；

d) 将得自 c) 中的所述生热曲线与事先确定的代表组织变质剂已知浓度的生热曲线对比，该事先确定的生热曲线是以与步骤 a)、b) 和 c) 相同的条件确定的；

e) 根据于步骤 d) 中所作的对比确定欲加于该熔体中的组织变质剂的量；

f) 使所述的添加组织变质剂的装置以一修正量将该变质剂加于熔体中，及

g) 以本身公知的方式实施铸造作业。

2. 权利要求 1 的方法，其特征在于，所述的试样容器是这种类型的：当其注满熔融铸铁时，热沿所有方向大致均匀地传递。

3. 权利要求 1 或 2 的工艺，其特征在于，产生了致密石墨铸铁。

4. 确定得到 CGI 或任选的 SGI 应加入某种铸铁熔体中的变质剂的量为的方法，它需要一试样容器及至少 2 个记录冷却曲线的装置，所述方法包括如下步骤：

a) 提供用其将产生所述铸件的熔融铸铁的试样，再将所述试样加于试样容器中；

b) 在距该试样容器中心 r_1 和 r_2 处同时记录至少 2 条冷却曲线；

c) 用得自 b) 的信息确定至少 2 条生热曲线；

d) 将得自 c) 中的所述生热曲线与代表变质剂已知浓度的事先确

定的生热曲线对比,该事先确定的生热曲线是以与步骤 a)、b)和 c)中相同的条件得到的;

e) 根据步骤 d)中的对比,确定应加于该熔体中的变质剂的量。

5. 实时地确立变质剂的添加量以产生 CGI 铸件或任选地产生 SGI 铸件的设备,该设备包括:

第一温度传感器(10),设置在以距试样容器中心 r_1 ,但又在所述试样容器之内的距离,用以记录第一冷却曲线;

第2温度传感器(12),设置在以距所述试样容器中心 r_2 ($r_2 > r_1$),但又在所述试样容器之内的距离,用以记录第二冷却曲线;

确定将加于该熔体的变质剂量(V_a)的计算机装置(14);

设有预先记录的校准数据的记忆装置(16):

设置计算机,以通过利用

i) 热平衡式 $Q_{\text{储存}} = Q_{\text{生成}} + Q_{\text{入}} - Q_{\text{出}}$, 和

ii) 由所述第一、二温度传感器(10,12)记录的第一、二冷却曲线确定所述试样容器的一个中心区和一个周边区的各生热曲线,其中上式中的 $Q_{\text{储存}}$ 是以该材料的热容贮存的热量; $Q_{\text{生成}}$ 是该材料本体所产生的热量; $Q_{\text{入}}$ 是从周边环境传入该材料中的热; $Q_{\text{出}}$ 是传递到周围环境的热,

设立该计算机以通过将所述生热曲线与事先记录的校准数据对比来确定应加于此熔体的变质剂的量(V_a)。

6. 用于在生产致密石墨铸铁铸件的过程中实时地确立待加入铸铁熔体(20)中的变质剂量的设备中的计算机程序产品,其中所述设备具有

第一温度传感器(10),设置在距试样容器中心的距离为 r_1 ,但已在所述试样容器之内的地方,用以记录第一冷却曲线;

第二温度传感器(12),设置在距所述试样中心的距离为 r_2 ($r_2 > r_1$),但又在所述试样容器之内的地方,用以记录第2冷却曲线;

用于确定应加入该熔体中的变质剂量(V_a)的计算机装置(14);

设有预记录的校准数据的记忆装置(16);

该计算机程序产品包括：记录介质和通过利用 i) 热平衡式： $Q_{\text{储存}}=Q_{\text{生成}}+Q_{\text{入}}-Q_{\text{出}}$ 和 ii) 由所述第一、二温度传感器(10、12)记录的第一、二冷却曲线，用于指导该计算机设备确定所述试样容器中的一个中心区及一个周边区的生热曲线的计算机可读编码装置；

和通过将所述生热曲线与预先记录的校准数据对比确定应加入该熔体中的变质剂量(Va)的记录介质及计算机可读编码装置；

在上述热平衡式中， $Q_{\text{储存}}$ 是以材料热容量贮存的热、 $Q_{\text{生成}}$ 是该材料本体产生的热量、 $Q_{\text{入}}$ 是从周围环境传入该材料的热、 $Q_{\text{出}}$ 是传向周围环境的热。

预测凝固中的铸铁的显微组织的方法

本发明涉及一种用于预测显微组织的改进方法，某些铸铁熔体是将按这种组织凝固的。本发明还涉及实施此方法的设备。

发明背景

W0 86/01755(其内容经参照已收入本文中)公开了一种采用热分析来生产致密石墨铸铁的方法。从铸铁水的熔池中取出试样，再以0.5—10分钟的时间使之凝固。用2个温度响应装置同时记录温度，其一设在试样的中心，另一设在紧靠该容器壁之处。作为时间函数的、代表铁试样的温度的所谓冷却曲线被上述2个温度响应装置记录下来。按照这篇文献就能确定为获取所需显微组织必须添加到熔体中的组织变质剂的量。

W0 92/06809(其内容经参照已收入本文中)描述一种测定用W0 86/01755的方法获得的冷却曲线的特殊方法。按照此文献，在覆有消耗有效形态的组织变质剂的材料试样容器中实施热分析。这种材料可包含Si、Mn、Fe、K和Na的氧化物。在位于容器壁附近的特定的温度响应装置所记录的冷却曲线中的一个较早出现的平台表明由于与该覆层的相互作用，已形成片状石墨。于是就可利用校准数据确定是否需要向熔体中添加组织变质剂，以便获得致密石墨铸铁。

在大型铸造厂中铸造致密石墨铸铁时，能够实现精确而可靠的对铸件显微组织的预测是极为重要的。尽管实际上已形成一些片状石墨，但有时难以解释的冷却曲线作为CGI被接受了。为提高测定冷却曲线的精确性，因而需要测定冷却曲线的替代方法，该方法可以补偿与冷却曲线的正常形态间的偏差。

发明简述

现已证明，通过研究盛有熔融铸铁试样的试样容器中的传热，就可对熔融铸铁样品将凝固形成的显微组织实施精确的预测。这种方法

对于以计算机实施的自动化也是极为适宜的。

定义

本文所述的术语“冷却曲线”是指代表作为时间函数的温度的图形，该图形是以 W0 86/01755 及 W0 92/06809 中所述方式记录的。

本文所用的术语“生热曲线”指的是展示作为时间函数的，产生于熔融铸铁特定区域中的热的图形。出于本发明的目的，本文中的生热曲线分别针对位于熔融铸铁试样中心的区域(A 区)进行测定及对位于熔融铸铁试样周边区域(B 区)进行测定的。下文将进一步描述测定生热曲线的方法。

本文所述的“试样容器”指的是一种小的盛放试样的容器，当用于热分析时，它盛满了熔融金属的试样。

然后以一种适宜的方式，在凝固过程中记录熔融金属的温度。最好按 W0 86/01755, W0 92/06809, W0 91/13176(其内容经参照已结合在本文中), W0 96/23206(其内容经参照已结合于本文中)或 PCT/SE 98/02122 中所述的方式设计试样容器。

本文所述的“取样装置”指的是这样的装置：它包括装有至少 2 个用于热分析的温度响应器的试样容器，所述响应器打算在分析过程中被浸没在正在凝固的金属试样中，并且该装置还包括将把金属液充于试样容器中的装置。最好以 W0 96/23206 的图 2 或 PCT/SE 98/02122 中所述的方式在试样容器中装设所述的传感器。

本文所述的“组织变质剂”指的是影响熔融铸铁中石墨形态的化合物。可在 Mg 和稀土金属，如 Ce 或这些化合物的混合物中选择适用的化合物。熔融铸铁水中各种变质剂浓度间的关系已在上述的文件 W0 92/06809 和 W0 86/01755 中讨论过了。

本文所述的术语“CGI”指的是致密石墨铸铁。

本文所述的术语“SGI”指的是球墨铸铁。

附图

现参照附图陈述本发明。

图 1 是可用于本发明的试样容器的示意图。在这种试样容器中，

热沿各个方向均匀传播。因此盛在这种试样容器中的熔融铸铁试样可被认为是一种正在凝固的球体。在此图中,该正在凝固的球被分成 2 个区, A 和 B。半径 r_1 和 r_2 分别指的是 A 和 B 区的平均半径。

图 2 描绘了 CGI 的冷却曲线及相应的生热曲线。在图 2—7 中,采用如下的简称: T_A =中心记录的冷却曲线; T_B =周边记录的冷却曲线; P_A =在中心生成的热; P_B =在周边生成的热。

图 3 记载了低球化率的 CGI 的冷却曲线及相应的生热曲线。在测量过程中,由于与容器壁覆层的反应,在试样容器中形成片状石墨。

图 4 记载了高碳当量含量的铸铁的冷却曲线及相应的生热曲线。

图 5 记载了接近共晶的铸铁的冷却曲线及相应的生热曲线。

图 6 记载了共晶的或过共晶铸铁的冷却曲线及相应的生热曲线。

图 7 记载了片状石墨灰铸铁的冷却曲线及相应的生热曲线。

图 8 是本发明的控制产生致密石墨铸铁的设备的示意图。

对本发明的详细描述

如上所述,本发明涉及通过测量试样中的放热来对特定的熔融的铸铁试样将要凝固形成的显微组织作预测。本发明尤其是涉及确定 2 个试样区(一个在试样中心的中心区,一个包围该中心区的试样周边区)和周围环境之间的传热。通过对于代表作为时间函数热导数的曲线的研究,就可能实现精确的预测。

下述关系式可说明任何均匀单元的热平衡:

$$Q_{\text{储存}} = Q_{\text{生成}} + Q_{\text{入}} - Q_{\text{出}} \quad (1)$$

其中 $Q_{\text{储存}}$ 是因材料的热容而贮存的热量, $Q_{\text{生成}}$ 是该材料本体生成的热量, $Q_{\text{入}}$ 是从周围传入此材料中的热,而 $Q_{\text{出}}$ 是从该试样本体传往其周围的热。

当实施本发明时,采用 SE 9704411-9 中所公开的试样容器是有利的。在这种试样容器中,该容器中的试样内的传热在所有方向上是大致相同的。现在描述盛在试样容器中的熔融铸铁的中心(图 1 之 A 区)和较偏于周边的部位(图 1 之 B 区)之间的传热。由于 A 区位于这种正在凝固的球体的中心,所以没有热传入该区,因而 $Q_{\text{入}}$ 等于 0。适当代

换上上述关系式(1), 给出下面的式子:

$$C_p m_A dT_A/dt = Q_{genA} + 0 - 4\pi k_e [(T_A - T_B)/(1/r_1 - 1/r_2)] \quad (2)$$

其中 C_p 是单位质量的热容量、 m_A 是 A 区的质量、 dT_A/dt 是单位时间中 A 区的温度变化, K_e 是该材料的有效传热系数而 $(1/r_1 - 1/r_2)^{-1}$ 是平均的传热距离。半径 r_1 和 r_2 在图 1 中定义。 T_A 和 T_B 分别是 A 和 B 区的温度。

从式(2)我们可以分离出在 A 区的生热项, 并算出该区中平均总的产生的热:

$$Q_{genA} = C_p m_A dT_A/dt + 4\pi k_e [(T_A - T_B)/(1/r_1 - 1/r_2)] \quad (3)$$

在式(3)中, 除 dT_A/dt 和 $(T_A - T_B)$ 之外, 其它的变量是常数, 因此可将式(3)化简为:

$$Q_{genA} = k_1 dT_A/dt + k_2 (T_A - T_B) \quad (4)$$

其中 K_1 和 K_2 是常数。因而可从在熔融铸铁试样的中心和周边记录的一组冷却曲线算出与 A 区相应的生热曲线。

B 区的热平衡与 A 区的热平衡相似, 但热既(从 A 区)传入该区, 又从其中传出(传至周围环境)。因此关系(1)中的 Q_{λ} 项不等于 0。在式(1)中作适当的代换得出以下式:

$$C_p m_B dT_B/dt = Q_{genB} + 4\pi k_e [(T_A - T_B)/(1/r_1 - 1/r_2)] - [h(T_B - T_S) + \epsilon A_B \sigma (T_B^4 - T_S^4)] \quad (5)$$

其中除按式(2)和(3)定义的各变量之外, h 是对传热至周围环境的对流热损失, T_S 是环境温度, $\epsilon A_B \sigma$ 是 Stefan-Boltzmann 幅射定律中的适当的常数。

致于最后一项, 我们可以假设总的幅射热损失和对流热损失间的比是不变的:

$$C = \epsilon A_B / h \quad (6)$$

因而我们可以导出 B 区的生热项 Q_{genB} 为:

$$Q_{genB} = C_p m_B dT_B/dt - 4\pi k_e [(T_A - T_B)/(1/r_1 - 1/r_2)] + h[(T_B - T_S) + C\sigma(T_B^4 - T_S^4)] \quad (7)$$

在上式(7)中, 除 dT_B/dt , $(T_A - T_B)$ 及 T_B 外, 所有的变量均不变。

因而可将式(7)化简为:

$$Q_{\text{genB}} = K_3 dT_B / dt - K_4 (T_A - T_B) + K_5 T_B + K_6 T_B^4 - K_7 \quad (8)$$

通过将式(4)和(8)使用在以 WO 86/01755 和 WO 92/06809 的方式记录的冷却曲线上, 我们就可确定相应的生热曲线。图 2A—6A 公开了不同类型的冷却曲线而图 2B—6B 公开了相应的生热曲线。

如上所述, 这些计算是以热沿所有方向被均匀传递的状态为基础进行的。本技术领域的普通技术人员当然可以确定与其它传热条件相对应的其它方程式。

与相应的冷却曲线相比, 不同类型的生热曲线之间有较大的区别。就 CGI(图 2)而言, 代表在 B 区中放热的曲线包括 2 个明显的峰, 一个较小, 一个较大, 而低球比率的 CGI(图 3)的放热是如此之大, 以致这 2 个峰难以区分开。这也适用于与高碳当量铸铁相关的曲线(图 4)。主要的奥氏体峰在 A 区曲线是明显可见的。在代表接近共晶铸铁的生热曲线中(图 5), 仍可见到较小的奥氏体峰, 而该峰在与共晶或过共晶铸铁的曲线(图 6)业已消失。对于灰铸铁(图 7), 代表 B 区的生热曲线的第一峰是主要的。

用计算机控制系统实施该预测控制方法是适宜的, 在必须进行大量测试时尤为如此。这类系统示于图 8 中。取出熔融铸铁试样再将它移到试样容器中 22 中。在测定具体试样时, 2 个温度响应装置 10、12 将信号送往计算机装置 14, 以便产生冷却曲线和相应的生热曲线, 如, 用式(3)和式(6)形成所述曲线。计算机有能利用入口标定数据, 如, 利用事先记录在 ROM 单元 16 中的与已知量的变质剂或已知显微组织相对应模型曲线, 然后算出应加于熔体中的变质剂的量。按一较佳实施方案, 这是作为专家系统而实施的。应加的变质剂的量作为信号送至将变质剂加于需要校正的熔体 20 的装置 18, 从而熔体就被供以适量的变质剂。

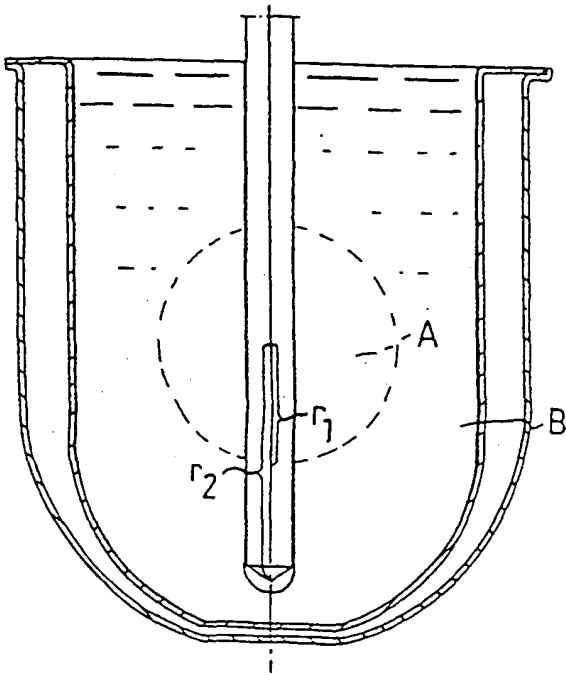


图 1

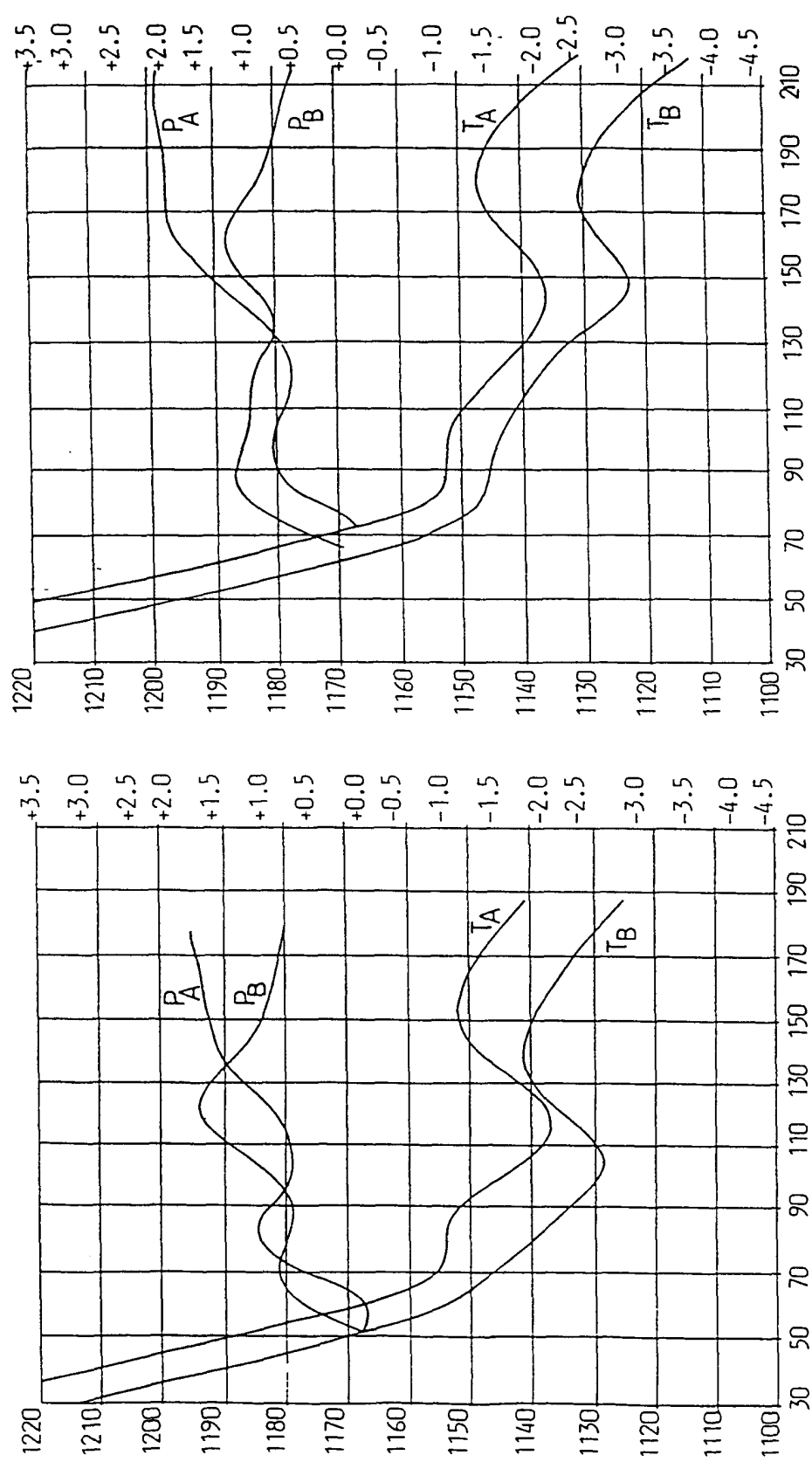


图 2

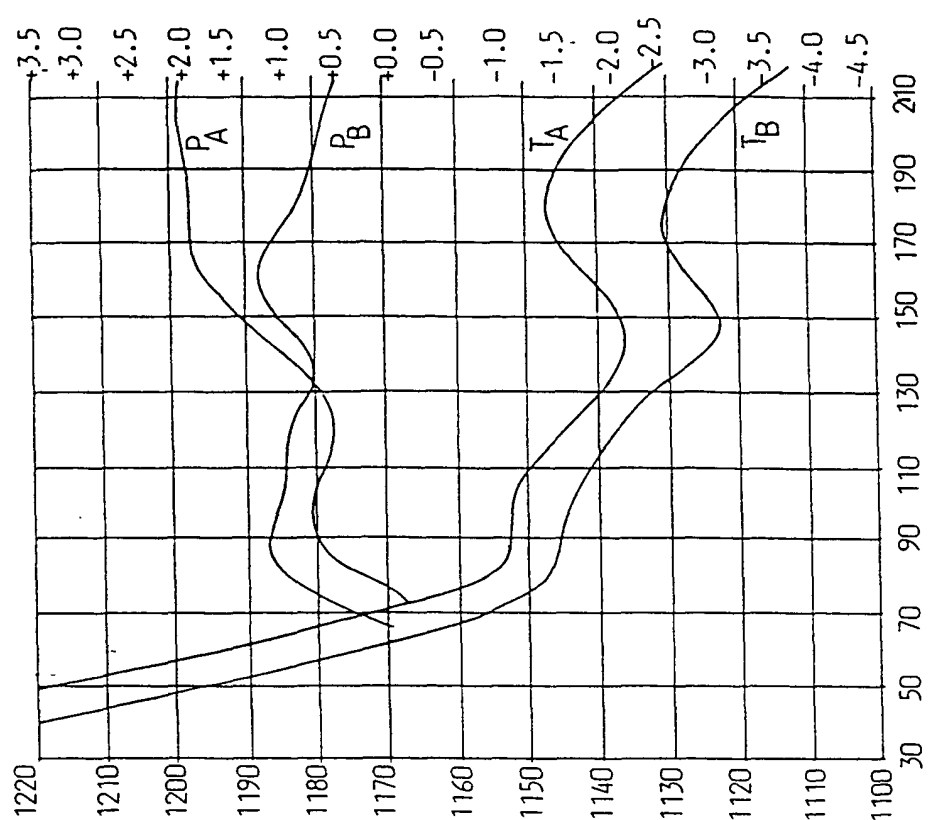


图 3

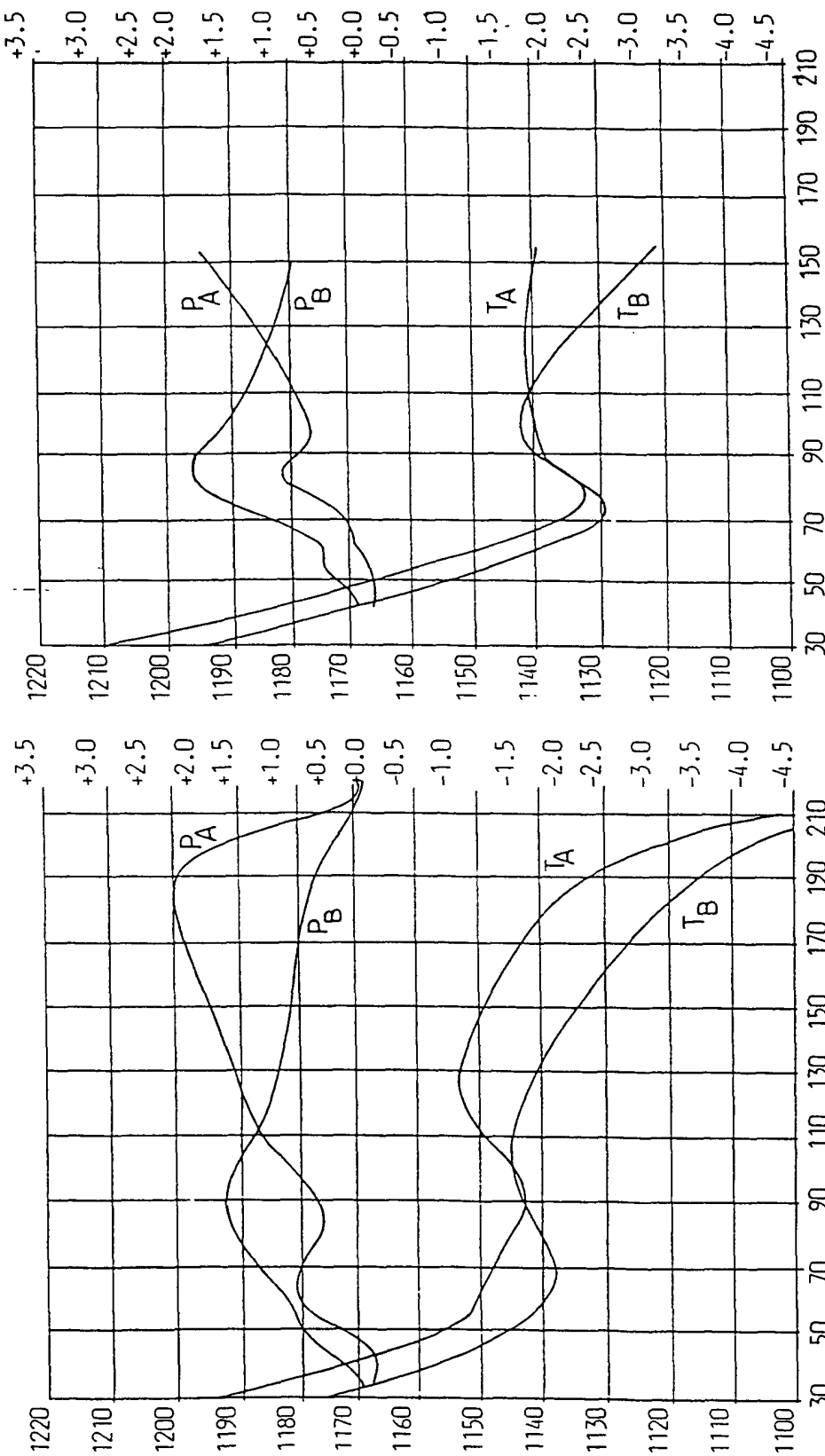


图 4

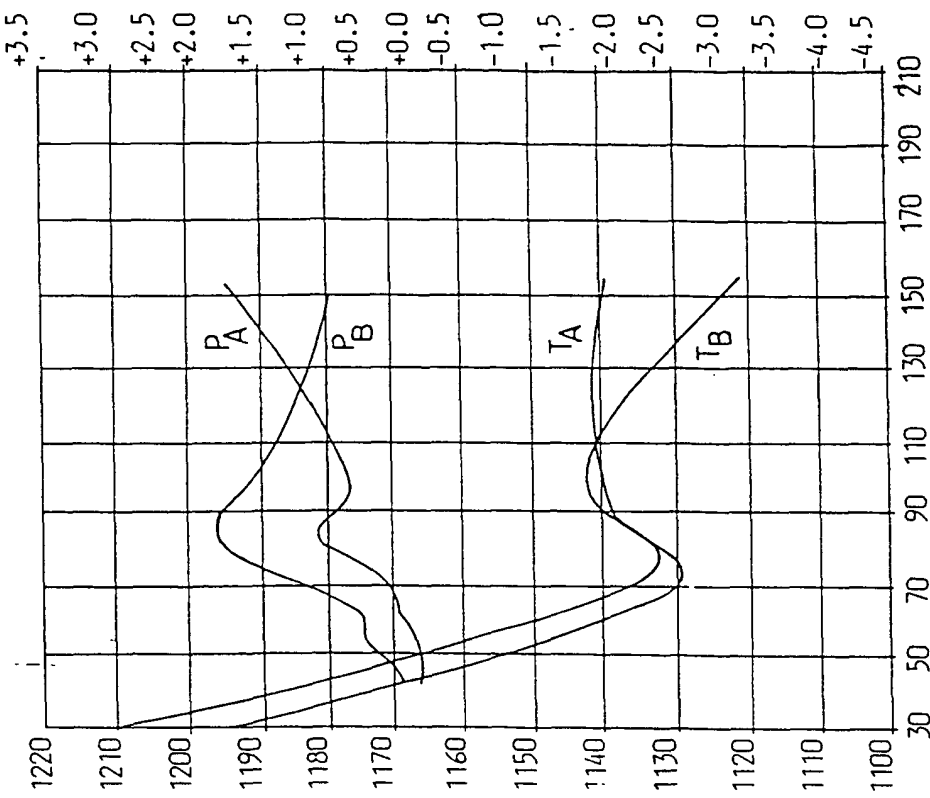


图 5

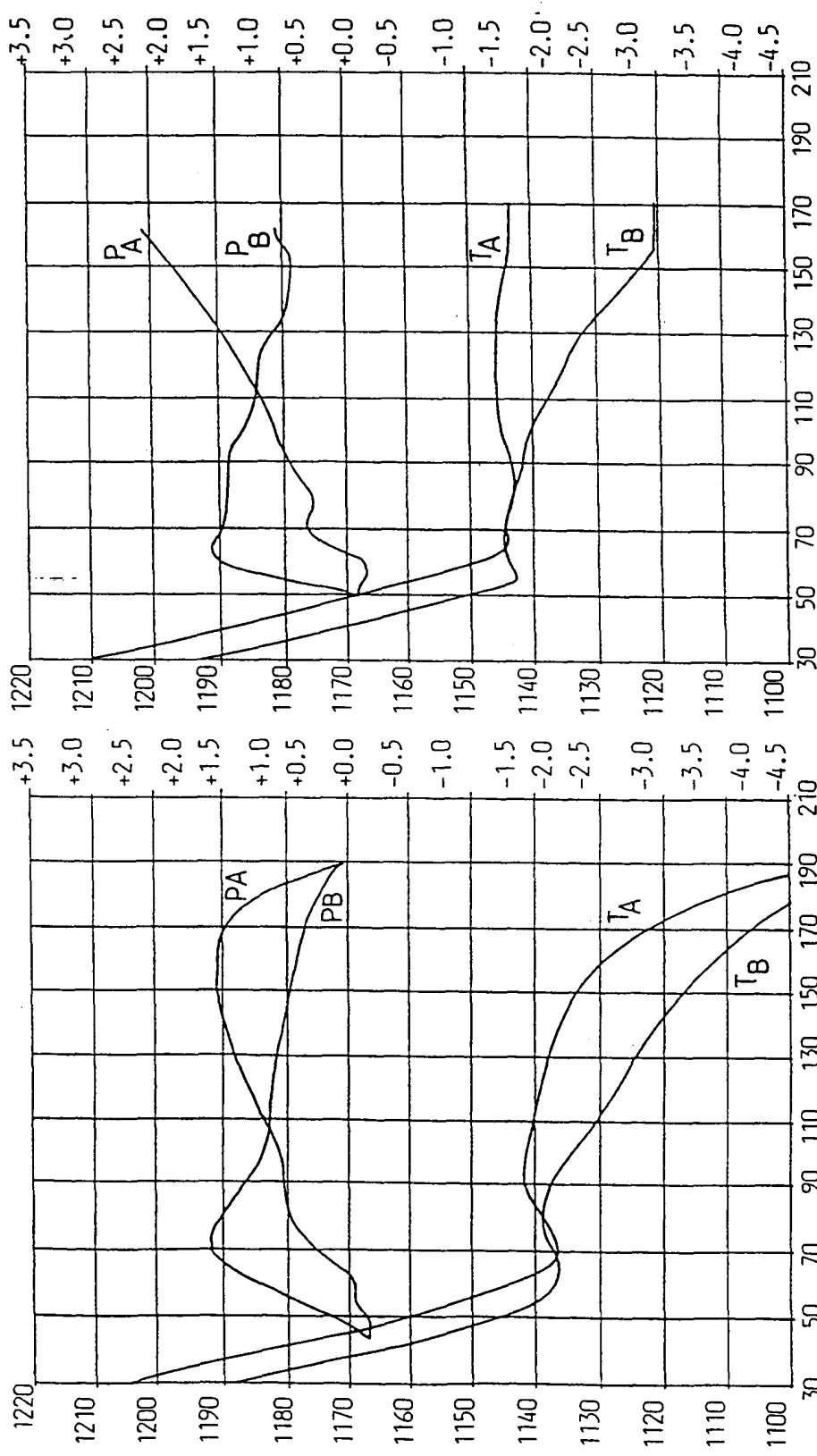


图 6

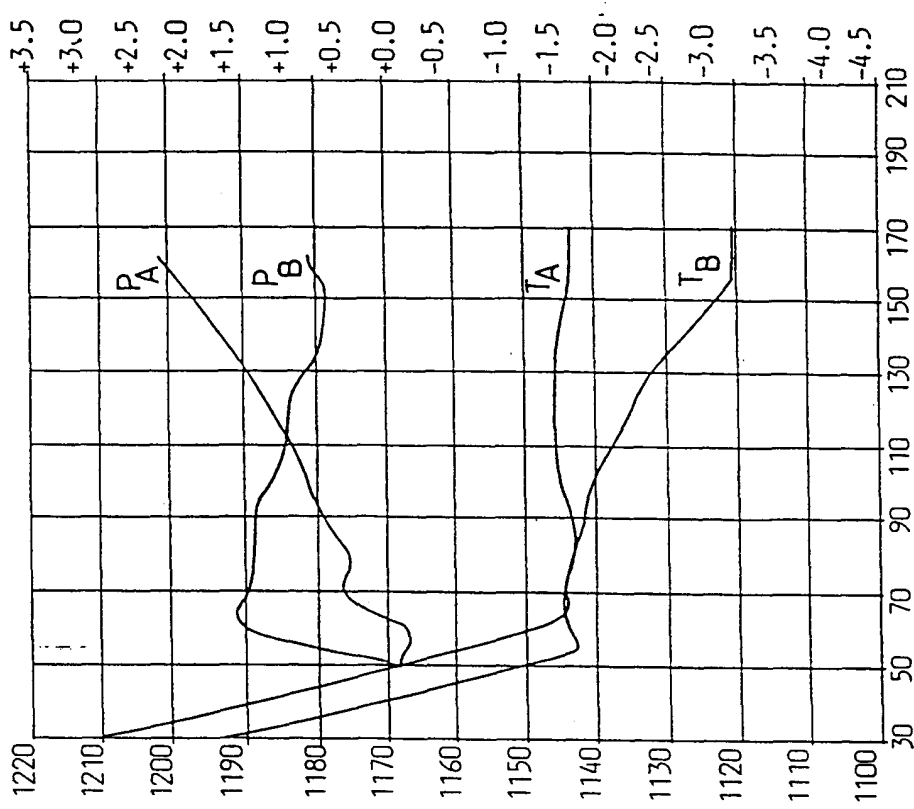


图 7

片状石墨铸铁

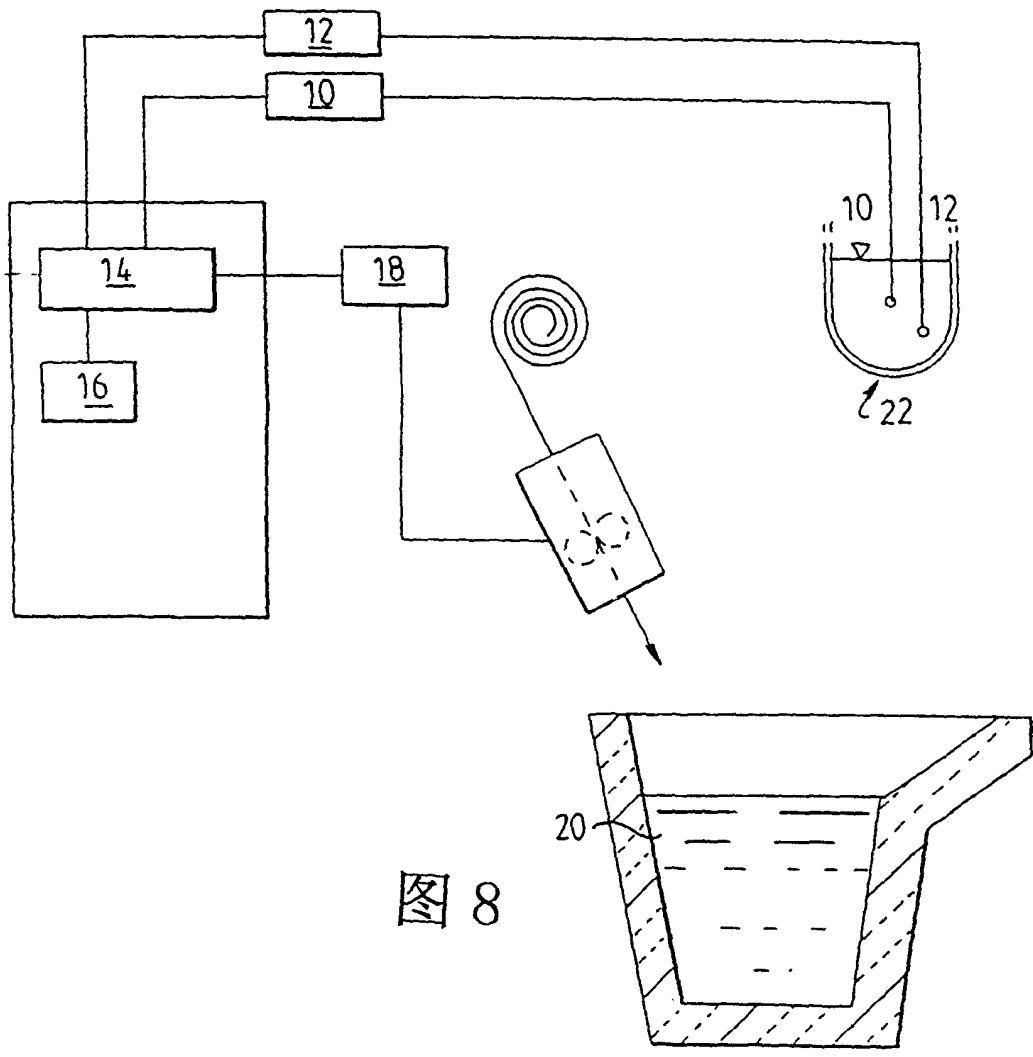


图 8