



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101780529 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 18

(21) 申请号 200910253447. 9

(22) 申请日 2006. 07. 12

(30) 优先权数据

11/484, 276 2006. 07. 11 US

11/179, 835 2005. 07. 12 US

(62) 分案原申请数据

200680030386. 4 2006. 07. 12

(73) 专利权人 美铝公司

地址 美国宾夕法尼亚州

(72) 发明人 M·G·朱 H·俞 A·吉罗恩

K·J·卡拉厄 J·J·肖

(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 11038

代理人 林振波

(51) Int. Cl.

B22D 7/02 (2006. 01)

B22D 7/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

GB 08490 A, 1914. 06. 10, 权利要求1, 第1页
第23行—第3页第24行, 第5页第37行—第49
行.

JP 特开 2005-144482 A, 2005. 06. 09,

JP 昭 64-66061 A, 1989. 03. 13,

JP 昭 61-169138 A, 1986. 07. 30,

JP 特开 2003-145249 A, 2003. 05. 20,

WO 02/18076 A1, 2002. 03. 07,

JP 昭 56-77049 A, 1981. 06. 25,

JP 昭 58-32543 A, 1983. 02. 25,

审查员 张艺

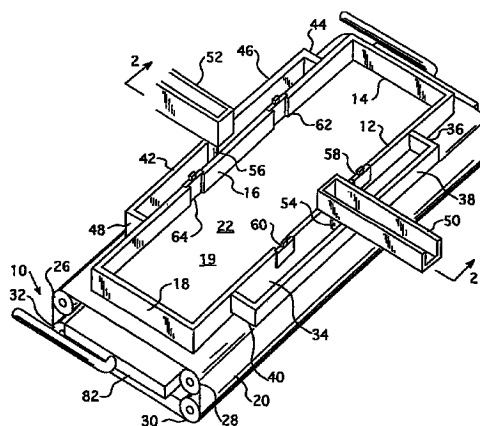
权利要求书1页 说明书9页 附图17页

(54) 发明名称

铸件单向凝固的方法和相关设备

(57) 摘要

熔融金属以可控的速率按照水平或竖直方向从进料腔均匀地注入铸模, 并直接流到铸模中已有金属的顶部。冷却介质施加到基底的底面上, 在铸造过程中, 冷却介质的类型和流量发生改变, 以产生可控的冷却速率。注入熔融金属的速率和冷却介质的流量都是被控制的, 以便铸模内达到相对均匀的凝固速率, 从而在铸件内生成均匀的微观组织结构以及低应力。本发明还提供了多层铸锭产品, 该种铸锭产品包括基合金层和至少第一附加合金层, 这两种合金层具有不同的合金成分, 当基合金的表面温度低于其液相线温度并高于其共晶温度-50摄氏度时, 通过将熔融状态的第一合金施加到基合金的表面, 第一附加合金层就被直接结合在了基合金层上。



1. 一种铸造金属的方法,包括:

提供铸造设备,该铸造设备包括:限定了模腔的多个侧壁和一个底部;与模腔的其中一个侧壁相邻的至少一个金属进料腔;位于进料腔和模腔之间的至少一个闸门,该闸门被构造成用于控制被引入模腔的熔融金属的流量;其中,所述底部包括具有多个孔的基底,孔足够大以便允许冷却介质流过所述孔,又足够小从而阻止熔融金属流过所述孔;

将熔融金属从进料腔经入口引入模腔,该入口构造成用于把熔融金属直接引入到模腔的底部上并随后引入到模腔中已有金属之上;

持续将熔融金属引入到模腔中已有的金属上,直至达到所需厚度;并且

同时把冷却介质导引到模腔的底部上;这样熔融金属就在其厚度方向被单向冷却。

2. 一种根据权利要求1所述的方法制造的多层铸锭产品,包括:基铝合金层和布置在该基铝合金层上的至少第一附加铝合金层;其中,该基铝合金层和第一附加铝合金层具有不同的合金成分,其中,基铝合金是用铸造方法制成;

其中,首先用单向凝固铸造方法来铸造基铝合金,然后当基铝合金的表面温度低于基铝合金的液相线温度并高于基铝合金的共晶温度-50摄氏度时,通过把熔融状态的第一附加铝合金施加到基铝合金的表面上,第一附加铝合金层就直接与基铝合金层结合到了一起;

其中,所述第一附加铝合金也是用单向凝固铸造方法形成的。

铸件单向凝固的方法和相关设备

[0001] 本分案申请是基于申请号为 200680030386.4、申请日为 2006 年 7 月 12 日、发明名称为“铸件单向凝固的方法和相关设备”的中国专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本发明是于 2005 年 7 月 12 号提交的美国申请 11/179835 的继续部分申请,该申请的全部内容在此引为参考。

技术领域

[0004] 本发明涉及铸造方法,更具体的是,本发明提供了一种单向凝固铸件的设备和方法,以提供均匀的凝固速率,并因此提供了一种具有均匀的微观组织结构和较低内应力的铸锭。

背景技术

[0005] 为了改进铸件性能,已经尝试了各种使铸模内的铸件定向凝固的方法。

[0006] 目前的定向凝固方法的一个实例包括于 1980 年 7 月 1 日授予 M. Ruhle 的美国专利 4210193,该专利公开了制造铝硅合金铸件的方法。熔融金属被注入底部由锡板制成的铸模中,水流施加到锡板的底部,穿过锡板插入铸件的热电偶用于监测铸件的温度,并因此适当地控制冷却流。当铸模底部的温度从 575 华氏度降低到 475 华氏度时停止冷却,直到来自于周围熔融金属的热量使得该区域的温度上升到 540 华氏度为止。当把铝硅合金从铸模中取出时,锡板已经成为了铸件的一部分。结果是使铸件的下部获得细小的晶粒结构,但该方法不能产生具有低应力的均匀的组织结构,并且如果锡板不构成最终铸件的一部分时,必须切除锡板,因此可能导致浪费。

[0007] 1986 年 4 月 29 日授予 H. Kawai 等人的美国专利 4585047 公开了一种用于冷却铸模内熔融金属的设备。该设备包括铸模内部的供冷却液流过的管子,管子设置在铸模的下部,这样就导致了从铸模底部到顶部的金属定向凝固。一旦铸件凝固,就从铸件上将多余部分切掉,然后将它们融化以与管子分离,以便管子能再使用。必须切掉包围在管子周围的那部分铸件导致增加了制造工序和浪费,此外,该设备不能在铸件内产生由定向凝固提供的均匀的组织结构或低应力。

[0008] 1990 年 11 月 13 日授予 Eric L. Mawer 的美国专利 4969502 公开了一种铸造金属的设备,该设备包括构造成用来往竖直的板上浇注熔融金属的伸长的浇注装置,因此耗散了流动的熔融金属的能量。可替代的是,一对伸长的浇注装置被用于相向地浇注熔融金属,这样相向流动的两种金属流的交互作用耗散了金属的能量,其结果是降低了铸模内的波动作用,因此冷却的铸件具有更均匀的厚度,但该设备不能在铸件中产生均匀的组织结构,也不能使铸件内的应力低。

[0009] 1991 年 6 月 4 日授予 M. K. Aghajanian 等人的美国专利 5020583 公开了金属基复合材料的定向凝固方法。该方法包括把金属锭放置在大量填充材料之上,然后熔化金属,使得金属渗透到填充材料中。可以用例如镁的渗透加强物来使金属合金化,并且可以在氮气

环境下进行加热,从而进一步促进渗透。渗透后,所产生的金属基体被放置在热沉顶部上进行冷却,并在正冷却的金属基体周围放置绝热物,这样使熔融合金产生定向凝固。该专利不能控制凝固的速率,也不能在铸件内生成均匀的组织结构或低应力。

[0010] 1991 年 12 月 24 日授予 A. Ohno 的美国专利 5074353 公开了水平连铸金属的设备和方法。该系统包括连接到热铸模上的保温炉,其中热铸模的进口端具有开口部分。围绕热铸模侧壁和底部的加热元件将铸模至少加热到铸造金属的凝固温度。冷却喷流施加到热铸模的顶部。在上下夹辊之间的引锭件(dummy member)往复出入铸模的出口端,以当金属凝固时就把它拉出。由于需要将铸件从无用金属(dummymetal)分离,该专利的方法可能导致浪费,此外,该设备不能在铸件内产生由定向凝固导致的均匀的组织结构或低应力。

[0011] 因此,需要一种可提供相对均匀、可控的冷却速率的单向凝固铸件的改进的设备和方法,这种方法可以在铸件的晶体结构内产生更大的均匀度,并使铸件内应力更低,减少产生裂纹的倾向。

发明内容

[0012] 本发明提供了一种通过以可控的凝固速率沿铸件厚度方向单向凝固铸件的方法形成的多层铸锭,该方法特别适用于铸造在 2xxx 系列的铝合金外覆有 1xxx 合金以及在 3xxx 合金外覆有 4xxx 合金的商业规格的铸锭。为了便于描述,这里所说的厚度指铸件最薄的尺寸。

[0013] 根据本发明的铸模优选为基本水平定向,具有四个侧壁和可构造成选择性地允许或阻止冷却剂喷射效果的底部。一种底部构造是带有孔的基底,而孔的大小可使冷却剂进入,同时可阻止熔融金属离开,这种孔的直径优选至少为约 1/64 英寸,但是不超过约 1 英寸。另一种底部构造是具有实心部分和网状部分的输送带。其它的底部构造包括有在铸模底部的熔融金属的已凝固后可从铸模的其余部分移走的结构,而网、布或其它可渗透结构保留以支撑铸件。

[0014] 用于将熔融金属从炉输送的进料槽在铸模的一侧终止,它被构造成从炉或其它容器将熔融金属输送到沿铸模一侧布置的熔融金属进料腔。在另一个实施例中,熔融金属进料腔沿铸模一侧的顶部布置,这样就可以按照可控的方式将熔融金属竖直地注入模腔的顶部。熔融金属进料腔和铸模被一个或多个闸门互相隔离开。一种优选的闸门是圆柱状、可旋转地安装的闸门,闸门中限定了螺旋槽,这样随着闸门旋转,熔融金属就仅在铸模内熔融金属顶部的水平面水平地释放入铸模。另一种优选闸门仅仅是在隔离铸模和进料腔的壁的不同高度处的狭槽,这样熔融金属添加到进料腔中的速率就决定了熔融金属进入铸模的速率和高度。还有一种优选的闸门是位于铸模和进料腔之间的流动通道,其中流动通道的每端具有竖直的滑动件,这样竖直滑动件阻止了熔融金属流过铸模和进料腔中的狭槽,而允许熔融金属流过流动通道。因此,通过设定通道的高度,就把熔融金属的流动限定在铸模内的所需高度。

[0015] 在一些实施例中,可以在铸模的另一侧设置第二进料槽和熔融金属进料腔,因而可以在铸造第一合金时将第二合金引入铸模,例如在为铸件施加覆层时。这个过程可以扩展到制造具有至少两种不同合金层的多层铸锭产品中。铸模的侧壁优选是绝热的。铸模的下面设置了多个冷却喷嘴,例如空气/水喷嘴,它们构造成往铸模的底面喷射冷却剂。

[0016] 熔融金属基本上均匀地通过闸门被引入,同时,冷却介质均匀地施加到铸模的底部区域。熔融金属流入铸模的速率,以及冷却剂施加到铸模的速率都是可控的,以便提供相对恒定的凝固速率。冷却剂可以开始是空气,然后逐渐由空气转变为空气-水雾,最后全部变为水。当铸模底部的熔融金属凝固后,基底的底部可以移动,这样铸模下方的实心部分被具有开口的部分替换掉,因此冷却剂就可以直接接触到已经凝固的金属,并维持所需的冷却速率。对于穿孔板的基底,不需要移走铸模底部。

[0017] 因此,本发明的目的是提供一种在冷却过程中定向凝固铸件的改进方法。

[0018] 本发明的另一个目的是提供一种在铸件凝固过程中维持相对恒定凝固速率的方法。

[0019] 本发明的另一个目的是提供最少浪费的铸造方法。

[0020] 本发明的另一个目的是提供一种在材料中产生均匀晶体结构的铸造方法。

[0021] 本发明的另一个目的是提供一种使铸件中应力较低、开裂和/或缩孔的可能性减小的铸造方法。

[0022] 本发明的另一个目的是提供具有更均匀结构的铸件。

[0023] 本发明的另一个目的是提供一种用于在铸件周围制造覆层的设备和方法,该覆层比现有的覆层具有更好的附着力。

[0024] 本发明的另一个目的是提供一种制造具有至少两层的多层铸锭产品的设备和方法。

[0025] 通过下面的说明和图例,可以更清楚本发明的上述和其它目的。

附图说明

[0026] 本专利或申请包含至少一张彩色制图,在向专利局请求并支付所需费用后,由专利局提供有彩色制图的本专利或专利申请公开的副本。

[0027] 图 1 是依据本发明的铸模的顶视等轴测图,该图显示了在铸模下方的输送带的实心部分。

[0028] 图 2 是依据本发明铸模的部分截面的顶视等轴测图,该图沿图 1 中的 2-2 线截取。

[0029] 图 3 是依据本发明铸模的顶视等轴测图,该图显示了在铸模下方的输送带的网状部分。

[0030] 图 4 是依据本发明铸模的部分截面的顶视等轴测图,该图沿图 3 中的 4-4 线截取。

[0031] 图 5 是依据本发明的闸门的顶视图。

[0032] 图 6 是依据本发明的闸门的前视图。

[0033] 图 7 是依据本发明的闸门的侧视图。

[0034] 图 8 是依据本发明的另一种铸模实施例的部分剖切的侧视等轴测图。

[0035] 图 9 是依据本发明的另一种可替换的铸模实施例的剖切侧视等轴测图。

[0036] 图 10 是根据图 9 的铸模的侧视等轴测图。

[0037] 图 11 所示是在实例凝固过程中铸件温度随时间变化的曲线图。

[0038] 图 12 是沿依据本发明所制造铸锭的横截面应力分布图。

[0039] 图 13 所示是采用现有技术方法制造的铸锭内部不同部位的应力图。

[0040] 图 14 是依据本发明的另一种实施例的铸模和输送腔的剖视等轴测视图。

[0041] 图 15 是依据本发明的铸模模腔的剖视前视等轴测图。

[0042] 图 16 是依据本发明另一个实施例的铸模的顶视等轴测图,该图显示了铸模下方的输送带的穿孔部分。

[0043] 图 17 所示是图 16 中铸模的部分截面等轴测顶视图,该图沿图 16 中的 16-16 线截取。

[0044] 图 18 所示是图 16 中铸模的部分截面等轴测顶视图,其中铸模下方是输送带的网状部分。

[0045] 图 19A 所示是一种具有三层的多层铸锭的透视图,该铸锭用于一种在两层 1050 合金中夹有 2024 合金的面板产品。

[0046] 图 19B 是图 19A 中方框内部分的显微照片,显示了在 2024 合金和 1050 合金之间的界面。

[0047] 图 20A 是用于在两层 4343 合金之间夹有 3003 合金的钎焊板产品的三层的多层式铸锭的透视图。

[0048] 图 20B 是图 20A 中方框内部分的显微照片,显示了在 3003 合金和 4343 合金之间的界面。

[0049] 各图中,类似的附图标记表示类似元件。

具体实施方式

[0050] 本发明提供了一种铸件单向凝固的设备和方法,同时还提供了可控、均匀的凝固速率。

[0051] 参见图 1-4,铸模 10 包括四个侧壁 12、14、16 和 18,它们之中限定了模腔 19。侧壁 12、14、16、18 优选是绝热的。底部 20 可以由具有实心部分 22 和网状部分 24 的输送带构成,输送带 20 是连续的,它包裹在辊子 26、28、30 和 32 上,这样不管是实心部分 22 还是网状部分 24 都可以可选择地置于侧壁 12、14、16、18 的下方。输送带可以采用具有高热传导率的刚性材料制造,例子包括铜、铝、不锈钢和 Inconel 合金。注意:网状部分 24 是具有孔的部分。

[0052] 由侧壁 36、38、40 限定的熔融金属进料腔 34 是沿侧壁 12 限定的,与此类似,相似的熔融金属进料腔 42 是沿侧壁 16 由侧壁 44、46、48 限定的。本发明的一些实施例可以只具有一个熔融金属进料腔,而其它的实施例可以具有多个熔融金属进料腔。进料槽 50 和 52 从熔融金属的炉(图中未显示,在铸造领域是众所周知的)分别延伸到每个熔融金属进料腔 34、42 正上方的位置。流嘴 54 从进料槽 50 延伸到熔融金属进料腔 34 内,与此类似,流嘴 56 从进料槽 52 延伸到熔融金属进料腔 42 内。

[0053] 侧壁 12 包括一个或多个用于控制熔融金属从进料腔 34 流入模腔 19 的闸门 58、60,与此类似,侧壁 16 也包括用于控制熔融金属从进料腔 42 流入模腔 19 的闸门 62 和 64。闸门 58、60、62、64 基本上是相同的,图 5-7 对此进行了详细图示。闸门 58 包括一对壁 66 和 68,在它们之间限定了一个大致呈圆柱状的通道 70。在壁 66 和 68 的相对面上,通道 70 包括开口侧壁 72 和 74。在通道 70 内设有圆柱形闸门部件 76,该圆柱形闸门部件 76 基本上是实心的,且围绕其圆周限定有螺旋槽 78。通道 70、圆柱状闸门部件 76 以及螺旋槽 78 被构造成一定结构,以使得熔融金属可以流经与壁 66 和 68 中的一个紧邻的一部分螺旋槽

78,而不能从闸门 58 的任何其它部分通过。驱动机构 80 与圆柱状闸门部件 76 有效连接,用于控制圆柱状闸门部件 76 的旋转。对于本领域技术人员来说,合适的驱动机构 80 是已经熟知的,因此这里不再赘述。例如,驱动机构 80 可以包括通过齿轮传动系统连接到圆柱状闸门部件 76 上的电机,该电机既可以通过操作员观察铸造进程而手动切换来控制,也可以利用适当的微处理器控制。

[0054] 再次参考图 1-4,输送带 20 内布置有冷却剂集流腔 82,用于往模腔 19 的底部表面 22、24 喷射冷却剂。根据所需的冷却速率,优选的冷却剂集流腔 82 可以提供空气、水或它们的混合物。

[0055] 使用时,输送带 20 将处于图 1-2 所示的位置,实心部分 22 直接位于模腔 19 的下方。熔融金属通过流嘴 54 从进料槽 50 引入进料腔 34。然后闸门 58 和 60 的圆柱状闸门部件 76 旋转,使得螺旋槽 78 的最低部分与壁 66 或壁 68 相邻,从而允许熔融金属通过大体水平地流动到输送带表面 22,从而进入模腔 19。同时,空气从冷却剂集流腔 82 喷射到输送带表面 22 的底侧。当模腔 19 充满熔融金属后,圆柱状闸门部件 76 旋转,使得螺旋槽 78 的逐渐提升部分与壁 66 或壁 68 相邻,因此当模腔 19 内的金属水平面升高时,允许熔融金属通过的螺旋槽 78 的部分也升高相应的量,从而从进料腔 34 流入模腔 19 的熔融金属流始终保持水平,并总是处于已流入模腔 19 内金属的顶部。金属水平地流入模腔 19 使得熔融金属能够正确找到它自己的水平面,因此确保了在模腔 19 内熔融金属大致均匀的厚度。

[0056] 当更多的金属被注入模腔 19 时,模腔 19 内的金属冷却速率将减慢。为维持基本恒定的冷却速率,来自于冷却剂集流腔 82 的冷却剂混合物将由空气转变为空气-水的雾,且所含的水量逐渐增多,直至最后全部变为水,此外,当模腔 19 底部的金属凝固时,输送带 20 将前进,使得网状部分 24 而非实心部分 22 构成铸模 10 的底部,这样冷却剂就可以直接与凝固的金属接触,如图 3-4 所示。另外,通过控制闸门 58、60 的圆柱状闸门部件 76 的旋转,以及/或者控制金属由进料槽 50 引入进料腔 34 的速率,就可以减缓金属添加到模腔 19 中的速率。典型情况下,冷却速率保持在约 0.5 华氏度/秒到约 3 华氏度/秒之间,并且冷却速率一般从铸造开始时的 3 华氏度/秒降低到铸造结束时的约 0.5 华氏度/秒。与此类似,随着铸造的进行,熔融金属引入模腔 19 的速率一般将从约 4 英寸/分钟的初始速率减慢到 0.5 英寸/分钟的最终速率。

[0057] 如果需要的话,可以从进料槽 52 通过流嘴 56 将第二合金引入进料腔 42,第二合金可被用于形成围绕在第一合金周围的覆层,例如,覆层可以是耐蚀层。形成覆层的一个例子可以是,首先通过旋转闸门 62、64 的圆柱状闸门部件 76,这样金属从闸门中的螺旋状通道 78 的底部流入模腔 19,从而就将合金从进料腔 42 通过闸门 62、64 引入了模腔 19,然后关闭闸门 62 和 64。接着旋转闸门 58 和 60 的圆柱状闸门部件 76,使熔融金属可以在螺旋槽 78 的逐步升高的部分从进料腔 34 流入到模腔 19,直到模腔 19 几乎被一直充满到顶部为止,这时关闭闸门 58 和 60。接着,闸门 62 和 64 的圆柱状闸门部件 76 旋转,以允许金属在闸门 62 和 64 的圆柱状闸门部件 76 内的狭槽 78 的最高部分从进料腔 42 流入到模腔 19 中,从而允许该熔融金属流到铸模中已有金属的顶部。这样,由进料腔 34 中的合金所形成的基底的顶部和底部将具有由进料腔 42 中的合金所生成的覆层。

[0058] 为了确保在任意两个连续层的界面的适当结合,必须遵循下面的规程:在引入了与基层具有不同成分的新后续层后,基层的表面温度必须低于液相线温度 (T_{liq}) 并高于共

晶温度 (T_{eut})-50℃, 其中 T_{liq} 是基层的液相线温度, T_{eut} 是基层的共晶温度。该规程并不仅限于覆层。该规程能够顺序地铸造多种合金, 以生成多层铸锭产品。

[0059] 另一种实施例的铸模 84 如图 8 所示, 该铸模 84 包括四个侧壁, 图中显示了其中的三个侧壁 86、88、90。侧壁 86、88、90 和第四个大致相同但未显示的侧壁可以是绝热的。铸模 84 的底部由布 92 构成, 布 92 可以采用与前面实施例铸模 10 的底部输送带 20 相同的材料制成。底部的基底 94 被构造成可以在图 8 中实线所示的上位和图 8 中虚线所示的下位之间移动, 其中在上位时它支撑着布 92, 而在下位时基底 94 从布 92 移开足够距离, 这样可以将喷射箱 96 和 98 放置在上下位之间。喷射箱 96 和 98 被构造成可从布 92 下方的位置移动到允许基底 94 在其上、下位之间移动的位置。取决于基底 94 是位于喷射箱 96 和 98 的上方还是下方, 喷射箱 96 和 98 将据此往基底 94 的底部或者布 92 的底部供应空气、水或两者的混合物, 或者也可能喷射其它冷却剂。

[0060] 使用时, 基底 94 将处于其上位, 支撑着布 92。熔融金属将被引入铸模 84, 而空气被施加到基底 94 的底部以进行冷却。当铸模 84 充满熔融金属并且在底部的熔融金属凝固时, 暂时将喷射箱 96、98 从基底 94 下方的位置撤开, 从而可以将基底 94 从其位于布 92 下方的位置移走。然后再将喷射箱 96、98 放回布 92 的下方, 这样喷射箱可以往布 92 的底部喷射空气、空气 / 水混合物或水, 并且随着铸造进行, 越来越多的水喷射到布 92 底部。

[0061] 图 9 和图 10 所示是另一种实施例的铸模 100, 它可以使用于本发明的方法。该铸模 100 包括可以被绝热的侧壁 102、104、106 和 108, 铸模底部包括固定的底板 110, 该底板 110 限定了在侧壁 102、104、106 和 108 下方的开口, 其中可以插入可移除的底板 112。可移除底板 112 可以用例如铜之类的材料制作。在一些实施例中, 固定底板 110 可以限定用于接收可移除底板 112 边缘的插槽 114, 从而支撑可移除底板 112。侧壁 102、104、106、108 以及可移除底板 112 内限定了模腔 116。

[0062] 熔融金属进料腔 118 由壁 120、122、124 以及侧壁 108 和固定底板 110 限定。闸门 126 被限定于侧壁 108 内, 在图示的实施例中, 它由一对位于侧壁 108 内的狭槽构成。进料槽 128 从熔融金属炉延伸到直接在熔融金属进料腔 118 上方的位置, 流嘴 130 从进料槽 128 延伸到熔融金属进料腔 118 内。

[0063] 冷却剂集流腔 132 位于可移除底板 112 的下方, 该冷却剂集流腔 132 优选配置成可选择地往可移除底板 112 上喷射空气、水或空气和水的混合物。图示的实施例还包括位于进料腔 118 下方的收集盘 134, 整个铸模 100 被支撑在基座 136 上。

[0064] 使用时, 可移除底板 112 将被容纳在插槽 114 中, 熔融金属将由进料槽 128 引入进料腔 118, 直至进料腔 118 中熔融金属的水平面达到狭槽 126 的底部。狭槽 126 以及以适当选择的进料速率向进料腔 118 中注入, 确保了熔融金属进入模腔 116 的进料速率受控。随着模腔 116 中的熔融金属水平面升高, 可以调节熔融金属注入进料腔 118 的进料速率, 从而使熔融金属流出狭槽 126 直接流到模腔 116 内熔融金属的顶部, 因此确保了熔融金属基本水平地流入模腔 116。冷却剂通过冷却剂集流腔 132 喷射到可移除底板 112 上, 开始时为空气, 然后切换成空气 / 水混合物, 最后全部是水。当模腔 116 底部的熔融金属凝固时, 就可以将可移除底板 112 移开, 从而使冷却剂可以直接与模腔 116 内的铸锭底侧接触。

[0065] 在根据本发明铸造过程的一个实例中, 采用图 9 ~ 10 的铸模 100 将 7085 铝合金铸造成 9" × 13" × 7" 的铸锭。金属的初始温度是 1280 华氏度。可移除底板 112 是用

0.5" 厚的不锈钢板制成的。沿着铸锭中心线在离可移除底板 112 距离为 0.25 英寸、0.75 英寸、2 英寸和 4 英寸处放置热电偶。模腔 116 的初始填充速率是每 30 秒钟 2 英寸,并且填充速率随铸造进行而减慢。初始的水流量是每分钟 0.25 加仑,其形式是空气/水的混合物。当离可移除底板 112 的距离为 0.25 英寸的热电偶读数是 1080 华氏度时,移开可移除底板 112,此时,将水的流量提高到每分钟 1 加仑。

[0066] 图 11 所示是四个热电偶的每个处的冷却速率。从图中可以看出,冷却速率在 1.5 ~ 2.12 华氏度/秒的范围内,是大致均匀的冷却速率。

[0067] 图 12 所示是铸锭整个横截面上的残余应力,该数据是这样采集的:在 9" 的方向对半切开铸锭,然后当材料内的应力松弛时测量所产生的表面变形。除了图 12 左下角的一个拉应力和中下部的一个压应力之外,整个铸锭的应力大小为 0.6 ~ 3ksi。因为压应力通常不会导致裂纹,所以铸锭底部中央的较大的压应力无关紧要。该处高的压应力和左下角的高的拉应力可能是由于熔融金属首先在这些位置冲击基底,从而导致冷珠以及可能的其它缺陷的形成。最高的拉应力值是 $+6 \times 10^2$ PSI。

[0068] 参见图 13,该图显示了在 4 英寸乘 13 英寸 7085 铝合金直冷铸锭的横截面上的残余应力。如图所示,目前的直冷铸造所产生的残余应力能够高达 10ksi。然而,由于在测量应力时铸锭已经具有纵向裂纹,这会使应力已经松弛,因此该铸锭中的应力可能甚至更高。图 13 中的 σ 指拉应力或压应力, τ 指剪切应力, LT 指大致平行于长度的方向, ST 指大致平行于厚度的方向。

[0069] 将冷却剂施加到铸模的底部,以及在一些优选实施例中侧壁 12、14、16 和 18 上的绝热,从而使得从模腔 19 的底部到顶部产生铸件定向凝固。优选地,熔融金属引入模腔 19 的速率以及冷却速率将被控制,从而维持任意给定时刻模腔 19 内的熔融金属为约 0.1 英寸 (2.54mm) 到约 1 英寸 (25.4mm)。在一些实施例中,熔融金属和已凝固金属之间的固液两相区也可以保持在大致均匀的厚度。定向凝固、均匀的温度、薄剖面的熔融金属和固液两相区的结果是基本上减少或消除了宏观偏析现象。

[0070] 参见图 14,该图显示了另一种铸模组件 138。铸模组件 138 包括侧壁 140、142、144 以及在剖视图中未显示出并与侧壁 142 相对的第四侧壁。侧壁 140、142、144 和未显示出的侧壁这四个侧壁都是绝热的,优选的绝热材料采用石墨。铸模 138 还包括底部 146,并且底部 146 优选包括许多孔 148 (见图 15),孔的直径要足够大,以允许诸如空气或水的典型冷却剂通过,同时又要足够小,从而防止熔融金属通过。孔 148 的优选直径约为 1/64 英寸到约 1 英寸。模腔 150 由侧壁 140、142、144、第四个侧壁和底部 146 限定而成,侧壁 144 中限定有狭槽,狭槽的边缘 152 在图 14 中可见。

[0071] 熔融金属进料腔 154 由侧壁 156、158、160、第四个未显示的侧壁和底部 162 限定而成。进料槽 164 从熔融金属炉延伸到直接在熔融金属进料腔 154 上方的位置,流嘴 166 从进料槽 164 延伸到熔融金属进料腔 154。

[0072] 闸门 168 是 H 型结构,具有一对竖直的狭槽闭合部件 170 和 172,狭槽部件 170 和 172 被水平部件 174 连接起来,而水平部件 174 限定了穿过其的通道 176。狭槽闭合部件 170 被构造成可基本上封闭模腔 150 侧壁 144 中的狭槽,而闭合部件 172 则被构造成可基本上封闭熔融金属进料腔 154 侧壁 156 中限定的狭槽。闸门 168 被构造成可在下位与上位之间滑动,在下位时,通道 176 与模腔 150 的底部 146 相邻,而上位与模腔 150 顶部相应。狭

槽闭合部件 170、172 被构造成用于阻止熔融金属在任意时刻从侧壁 144、156 中限定的狭槽流过,而只是从通道 176 流过,不管闸门 168 处于什么位置。

[0073] 冷却剂集流腔 178 设置于底部 146 的下方,冷却剂集流腔 178 优选设置成可选择地向底部 146 喷射空气、水或空气和水的混合物。

[0074] 激光传感器 180 设置在模腔 150 的上方,并且优选被构造成用于监测模腔 150 内熔融金属的水平面。

[0075] 使用时,熔融金属通过进料槽 164 引入进料腔 154,然后熔融金属可通过通道 176 流入模腔 150。随着模腔 150 内的熔融金属水平面上升,闸门 168 也提升,使熔融金属总是从进料腔 154 水平地直接流动到模腔 150 中已有熔融金属的顶部。熔融金属进入模腔 150 的进给速率可以随冷却进行而减慢,从而控制冷却速率。另外,从冷却剂集流腔 178 流出的冷却剂随着铸造进行将从空气转变为空气 / 水的混合物直至全部为水,从而控制进料腔 150 中熔融金属的冷却速率。由于冷却剂可以直接冲击进料腔 150 中的金属,因此在铸造过程中不需要移开底部 146。

[0076] 图 16 所示是本发明另一种实施例的铸模的等轴测顶视图,该图显示了铸模下方输送带的穿孔部分。图 16 的所有元件都是与图 1 所示相同,并用相同附图标记表示。铸模 10 包括四个侧壁 12、14、16、18,它们限定了模腔 19。侧壁 12、14、16、18 优选是绝热的。底部 20 可以由具有穿孔部分 22 和网状部分 24 的输送带构成。输送带 20 是连续的,绕在辊子 26、28、30 和 32 上,这样就可以有选择性地穿孔部分 22 或网状部分 24 置于侧壁 12、14、16 和 18 的下方。输送带可以用具有高的热传导率的刚性材料制造,例如铜、铝、不锈钢和 Inconel 合金。

[0077] 图 17 所示是图 16 中铸模的部分截面等轴测顶视图,该图沿图 16 中的线 16-16 截取。

[0078] 图 18 所示是图 16 中铸模的部分截面等轴测顶视图,其中输送带的网状部分位于铸模之下。

[0079] 图 16、17、18 与图 1、2、4 类似,它们之间主要的不同在于图 1、2 和 4 分别显示了铸模下方的输送带的实心部分和网状部分,而图 16、17 和 18 则分别显示了铸模下方的输送带的穿孔部分和网状部分。

[0080] 图 19A 所示是一种三层的多层式铸锭,该铸锭用于一种在两层 1050 合金之间夹有 2024 合金的面板产品。这里,2024 合金的液相线温度是 1180 华氏度,共晶温度是 935 华氏度,而 1050 合金的液相线温度是 1198 华氏度,共晶温度是 1189 华氏度。在本例中,在铸造了层厚 0.75 英寸的 1050 合金的第一覆层后,以 0.7ipm(英寸 / 每分钟)的控制速率浇注 3.5 英寸厚的芯部合金 2024,确保界面温度上升到 1148 华氏度和 1189 华氏度之间的值,芯部金属铸造完毕后,再浇注 0.75 英寸厚的第二合金覆层,确保界面温度上升到 885 华氏度和 1180 华氏度之间的值。

[0081] 图 19B 所示是图 19A 中三层的多层式铸锭在方框内部分的 2024 合金和 1050 合金之间界面的显微照片,显示出 2024 合金和 1050 合金之间界面结合良好。

[0082] 图 20A 所示是三层的多层式铸锭,该铸锭用于一种在两层 4343 合金中夹有 3003 合金的钎焊板产品。这里,3003 合金的液相线温度是 1211 华氏度,共晶温度是 1173 华氏度,而 4343 合金的液相线温度是 1133 华氏度,共晶温度是 1068 华氏度。在本例中,在铸造

了层厚 0.75 英寸的 4343 合金的第一覆层后,以 0.7ipm(英寸 / 每分钟)的控制速率浇注 5.5 英寸厚的芯部合金 3003,确保界面温度上升到 1018 华氏度和 1083 华氏度之间的值,芯部金属铸造完毕后,再浇注 0.75 英寸厚的第二合金覆层,确保界面温度上升到 1123 华氏度和 1211 华氏度之间的值。

[0083] 图 20B 所示是图 20A 中三层的多层式铸锭在方框内部分的 3003 合金和 4343 合金之间界面的显微照片,显示出 3003 合金和 4343 合金之间的界面结合良好。

[0084] 本发明中的多层铸锭产品并不限于两层或三层合金,也可以具有超过三层合金。

[0085] 因此,本发明提供了一种用于生产定向凝固铸锭并以可控的且相对恒定的冷却速率冷却铸锭的设备和方法。本发明可以在无需应力释放的情况下铸造无裂纹铸锭。本发明的方法减少或消除了铸锭组织的宏观偏析,因此铸锭具有均匀的微观结构。本发明还能生产具有大致均匀厚度的铸锭,并且本发明生产的铸锭可以比采用其它铸造方法得到的铸锭更薄。与冷却剂接触的更大表面积可得到相对更快的冷却,从而提高产量。

[0086] 虽然本发明对特殊的实施例进行了详细说明,但本领域技术人员可以理解的是,在本发明公开的启发下,可以对那些细节做出各种修改和替代,因此,本发明的特殊的实例仅仅是为了进行说明,并不意味着限制本发明的范围,本发明的范围由权利要求书中以及任意和所有的等同来涵盖。

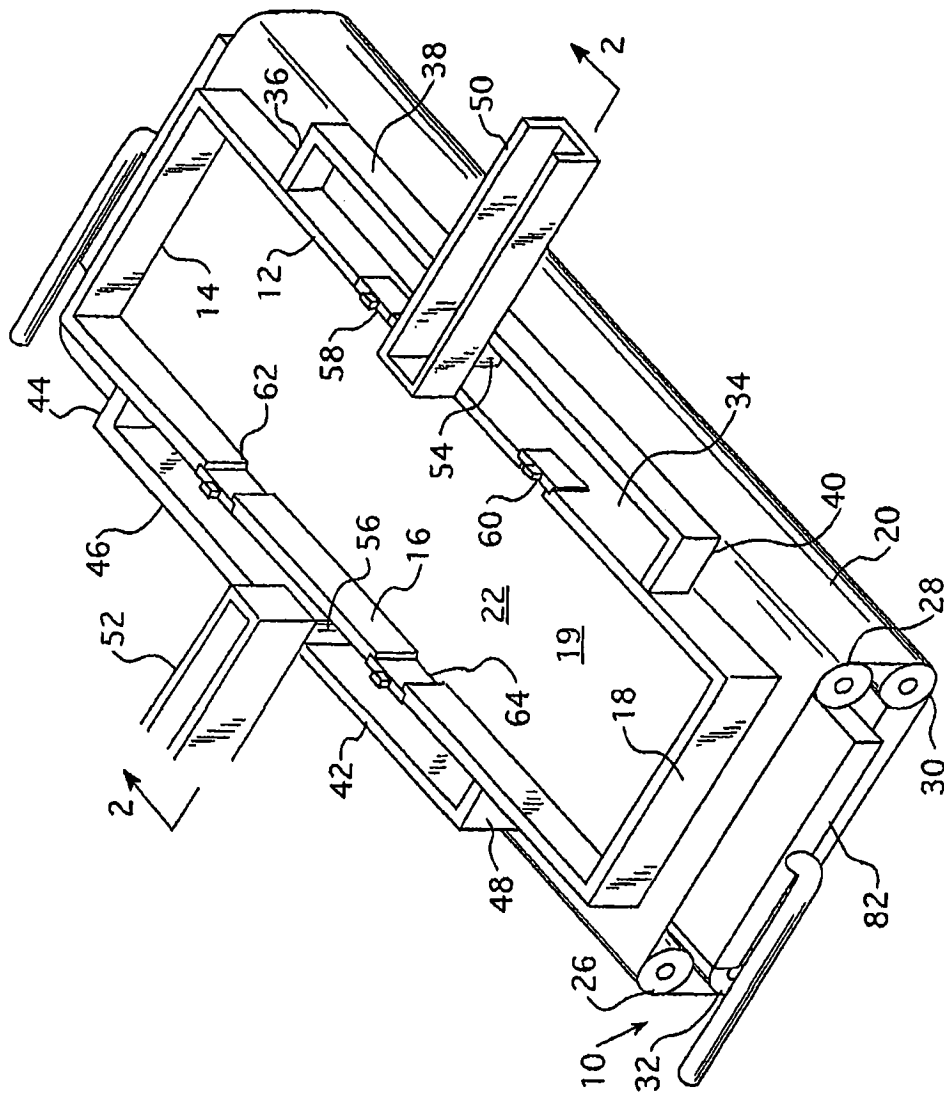


图 1

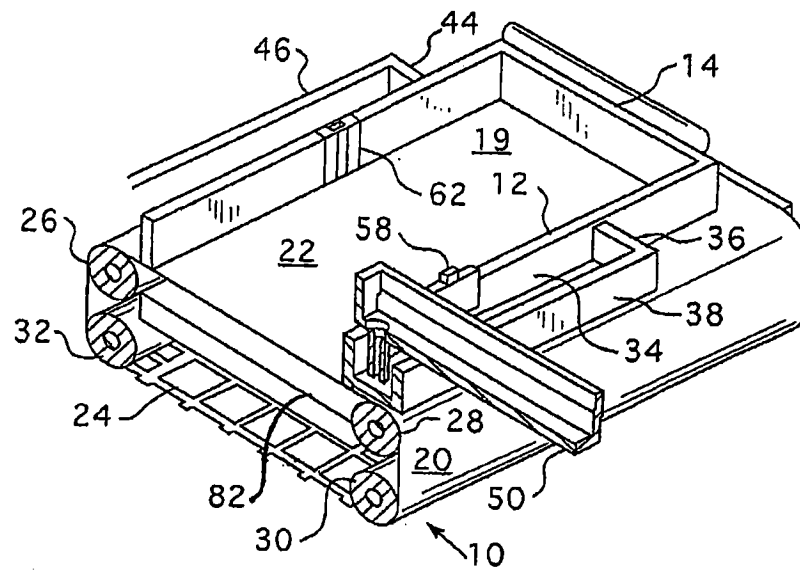


图 2

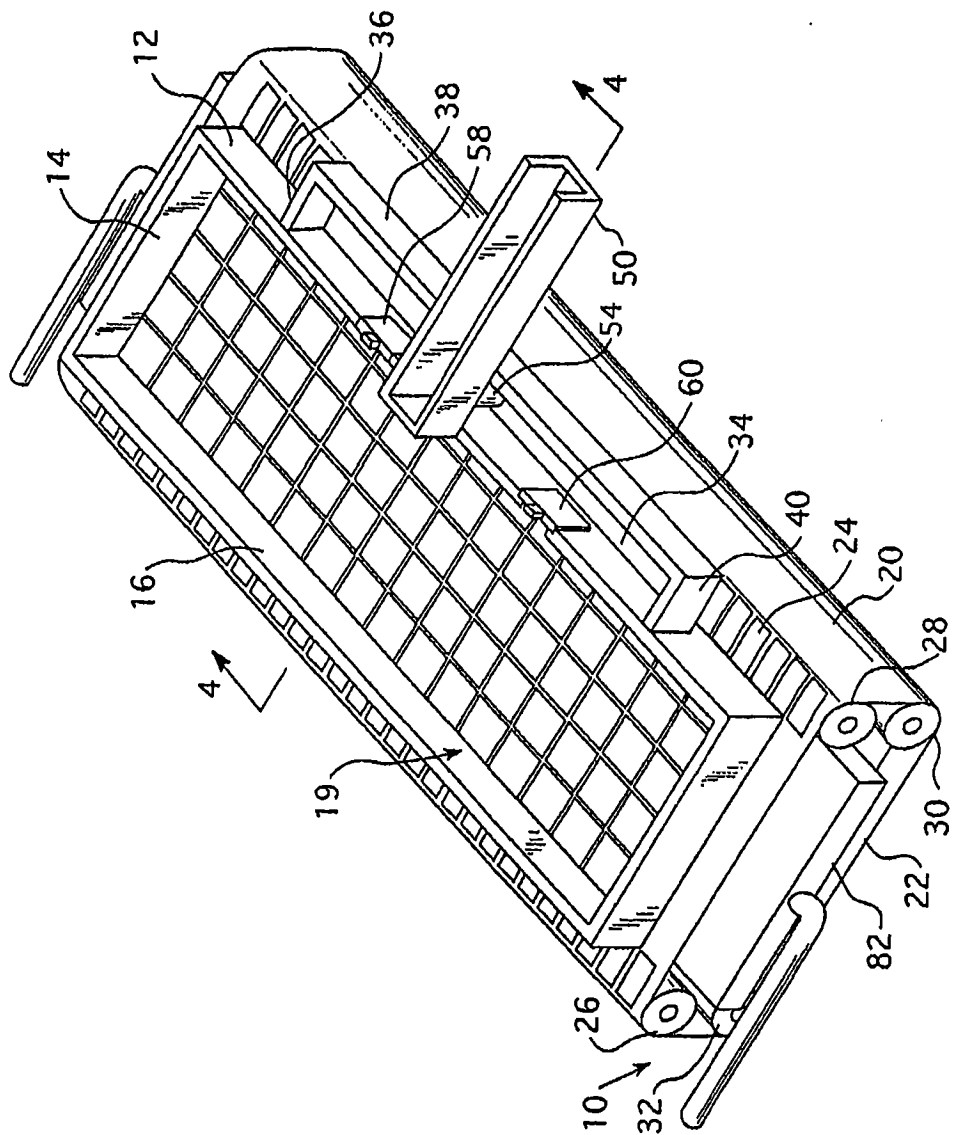


图 3

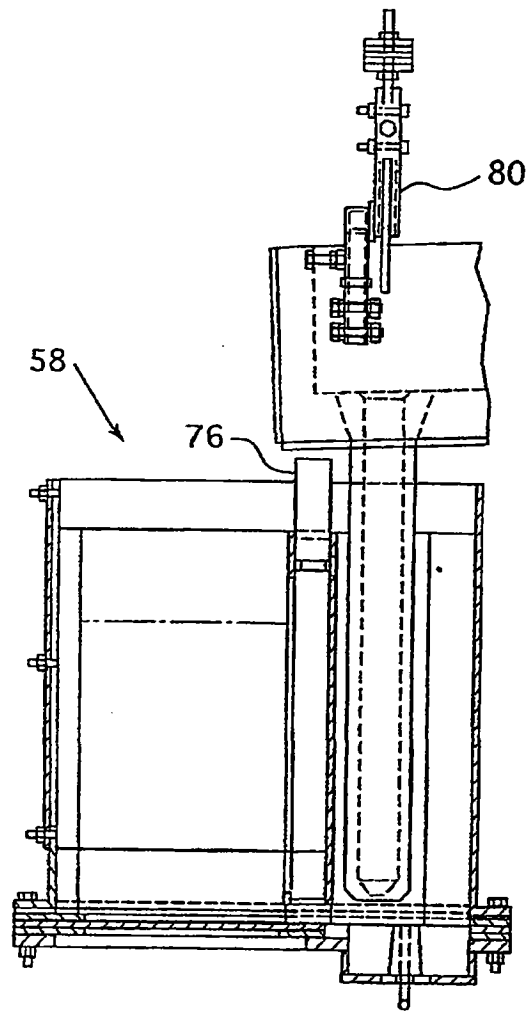


图 7

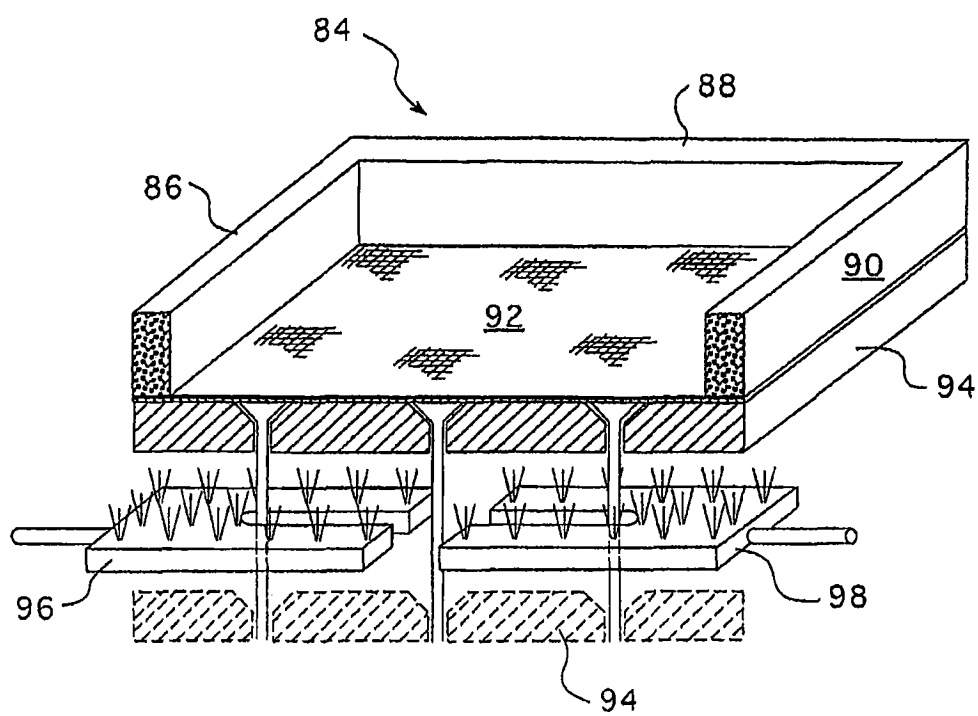


图 8

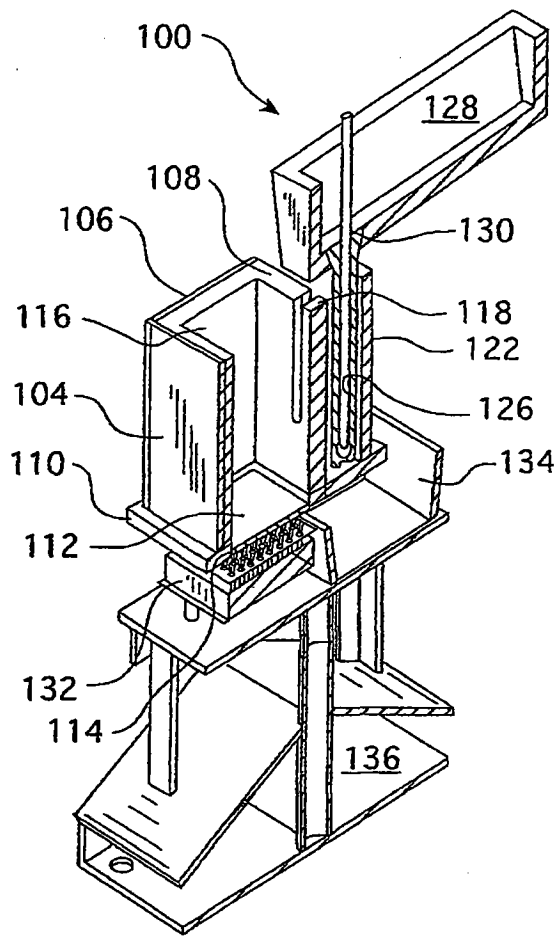


图 9

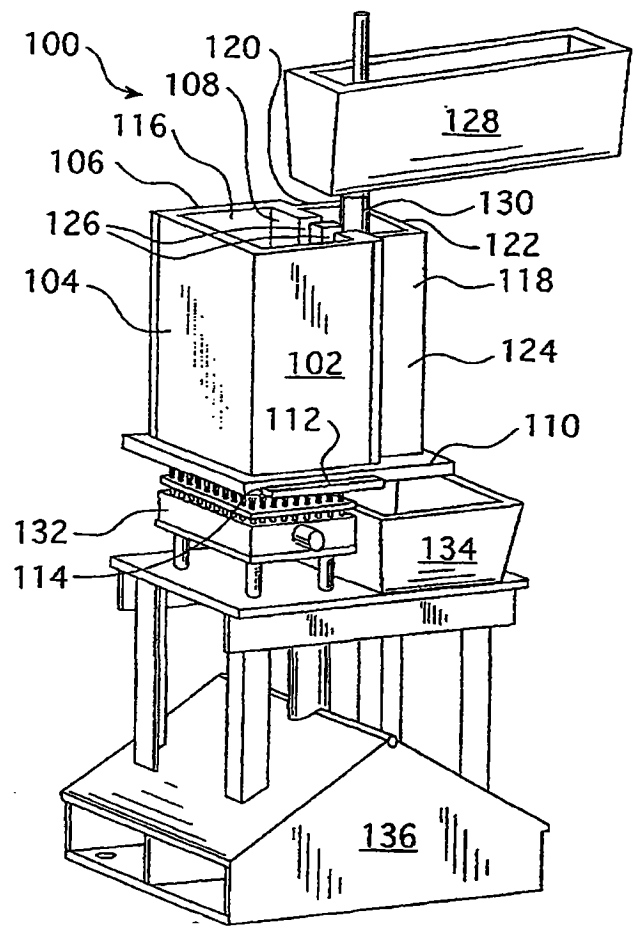


图 10

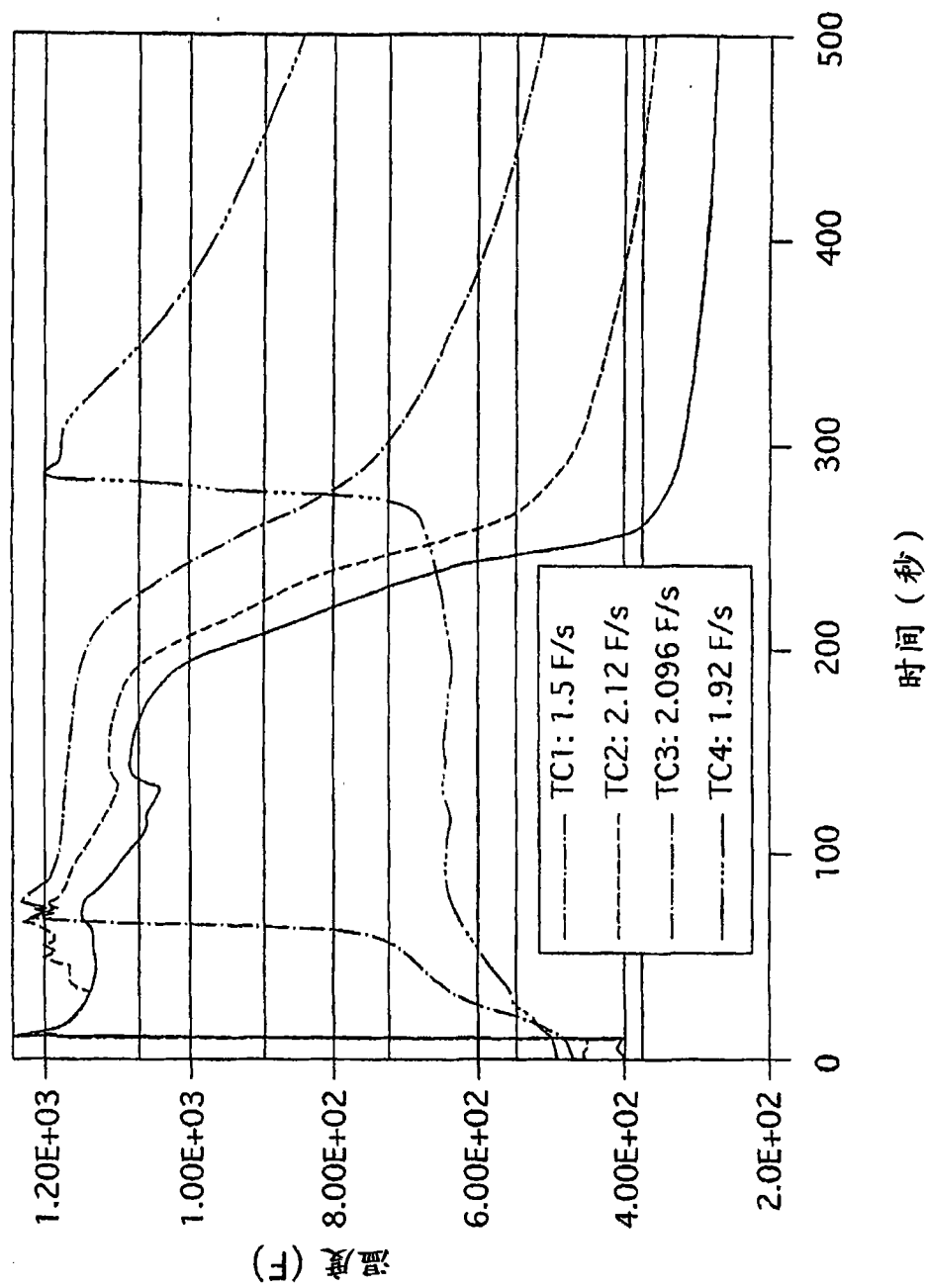


图 11

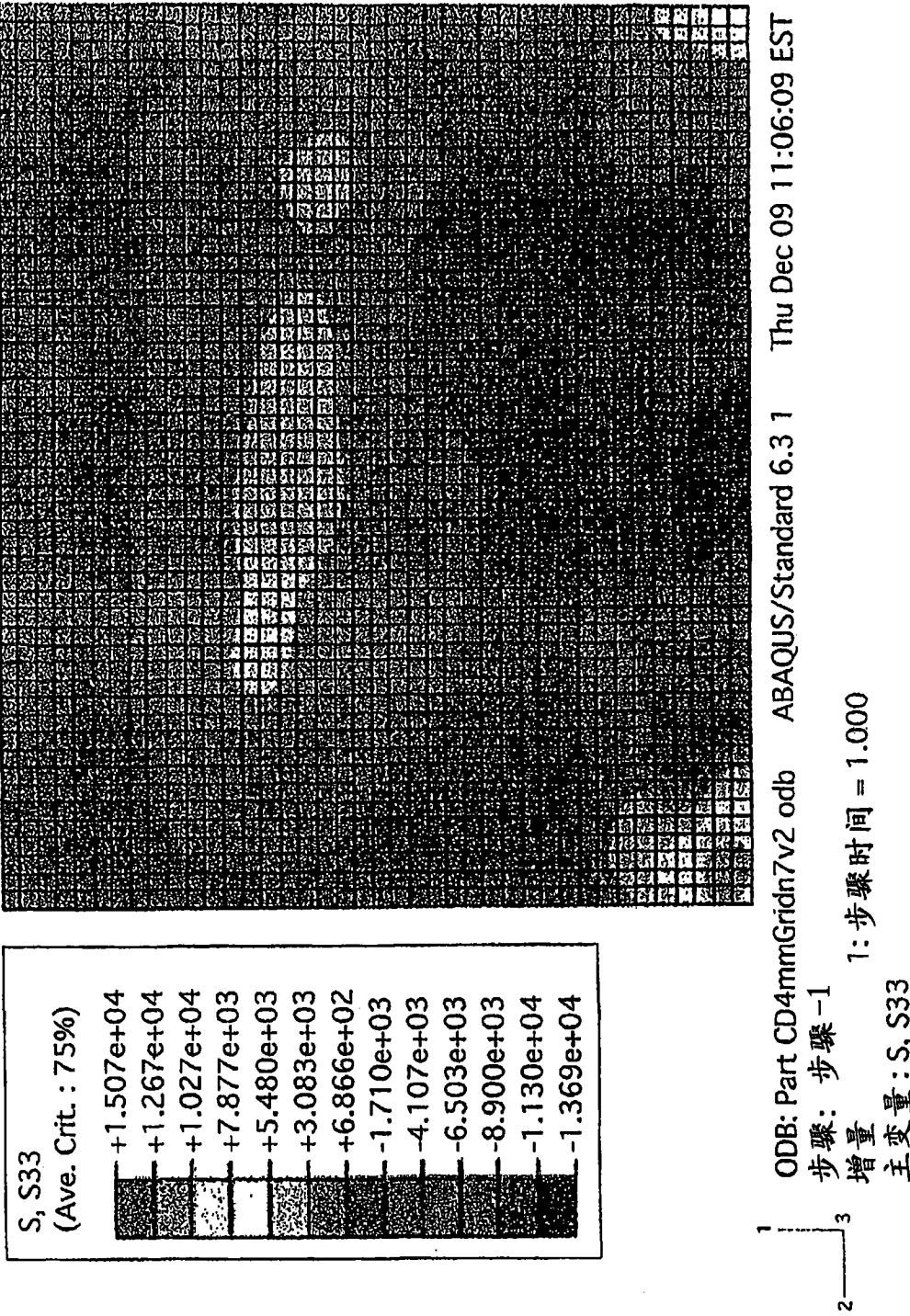


图 12

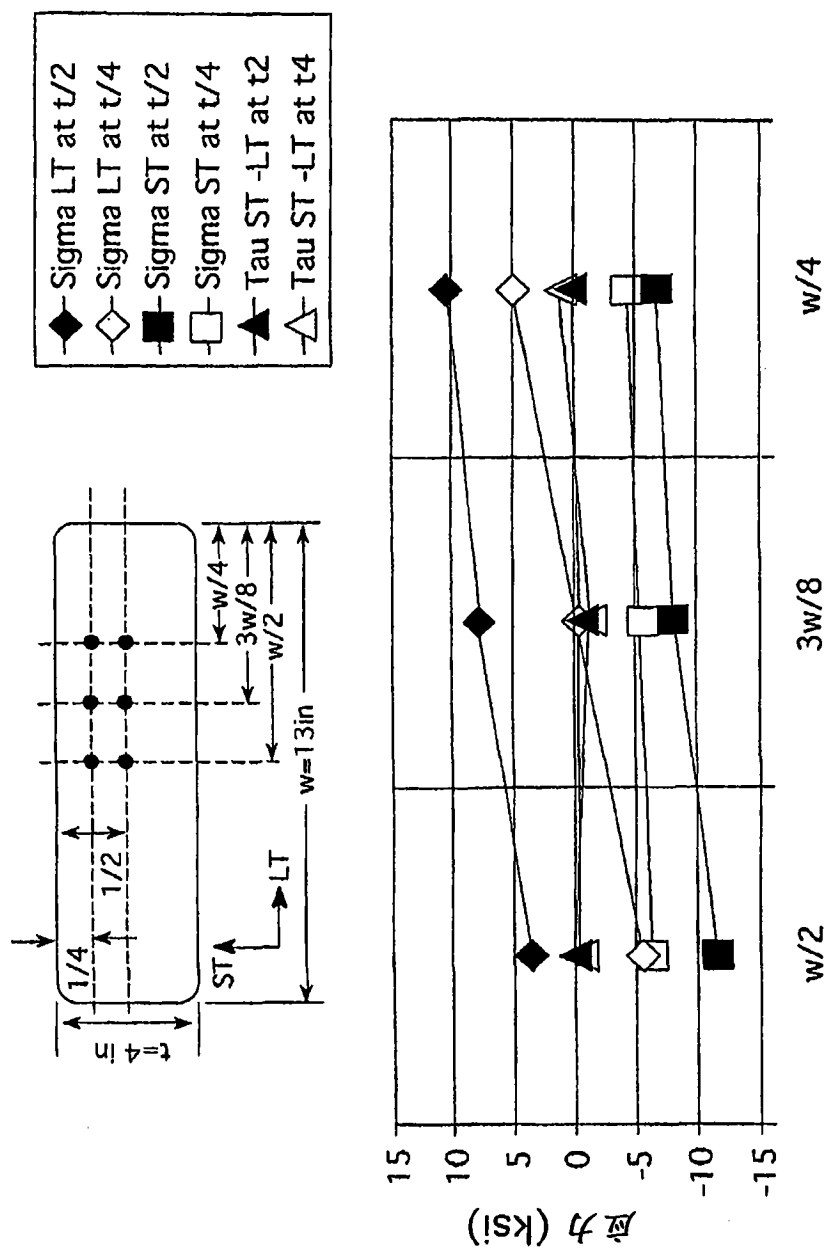


图 13

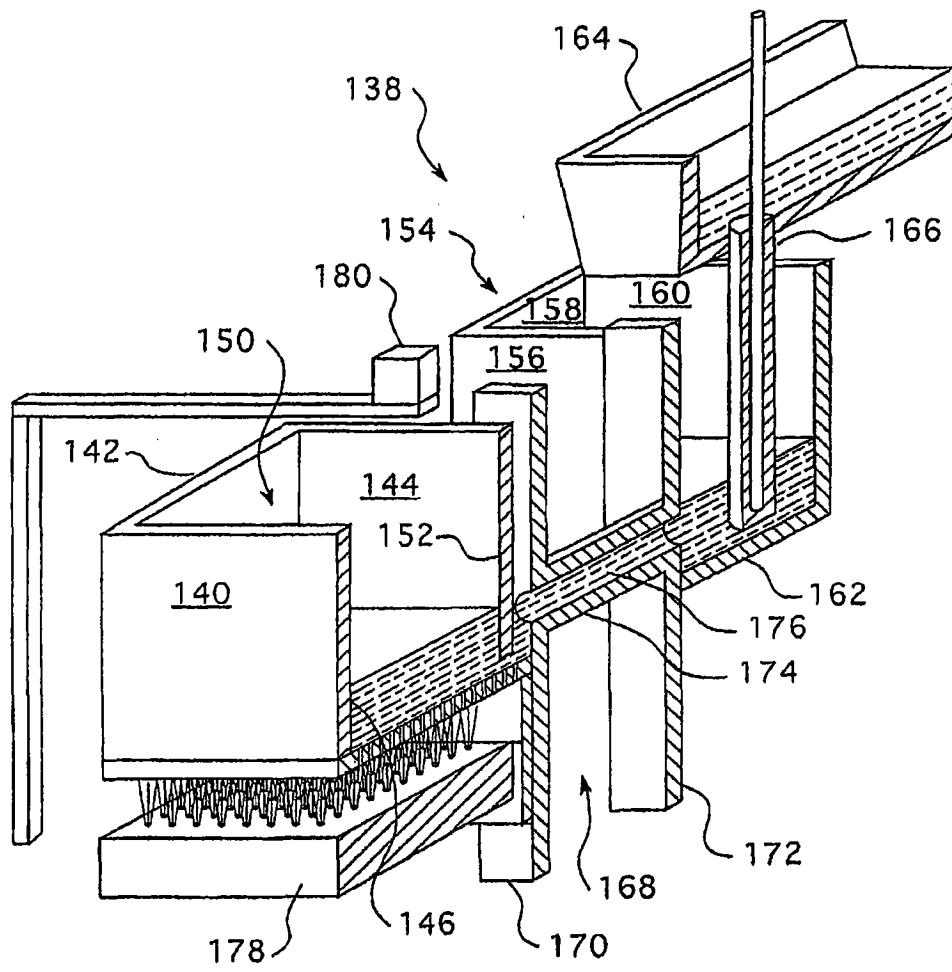


图 14

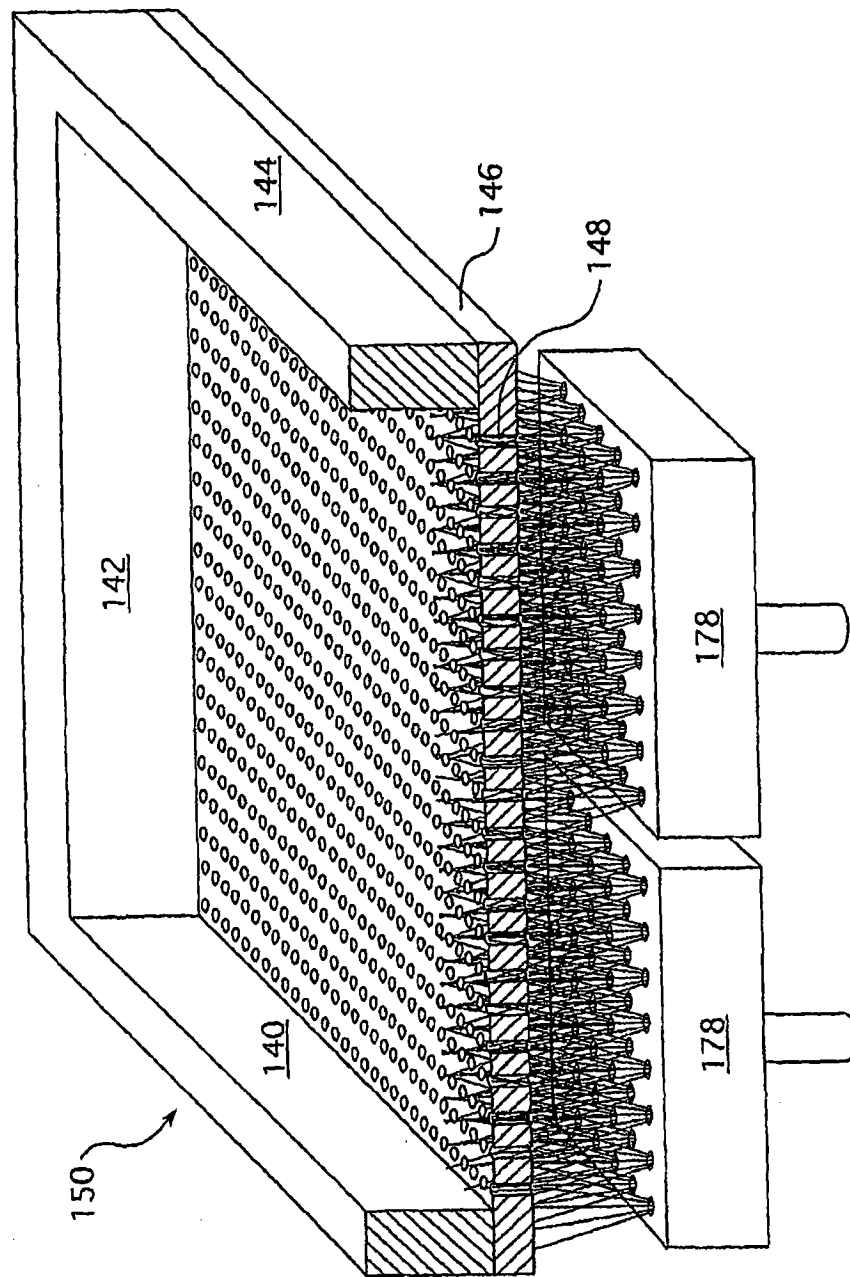


图 15

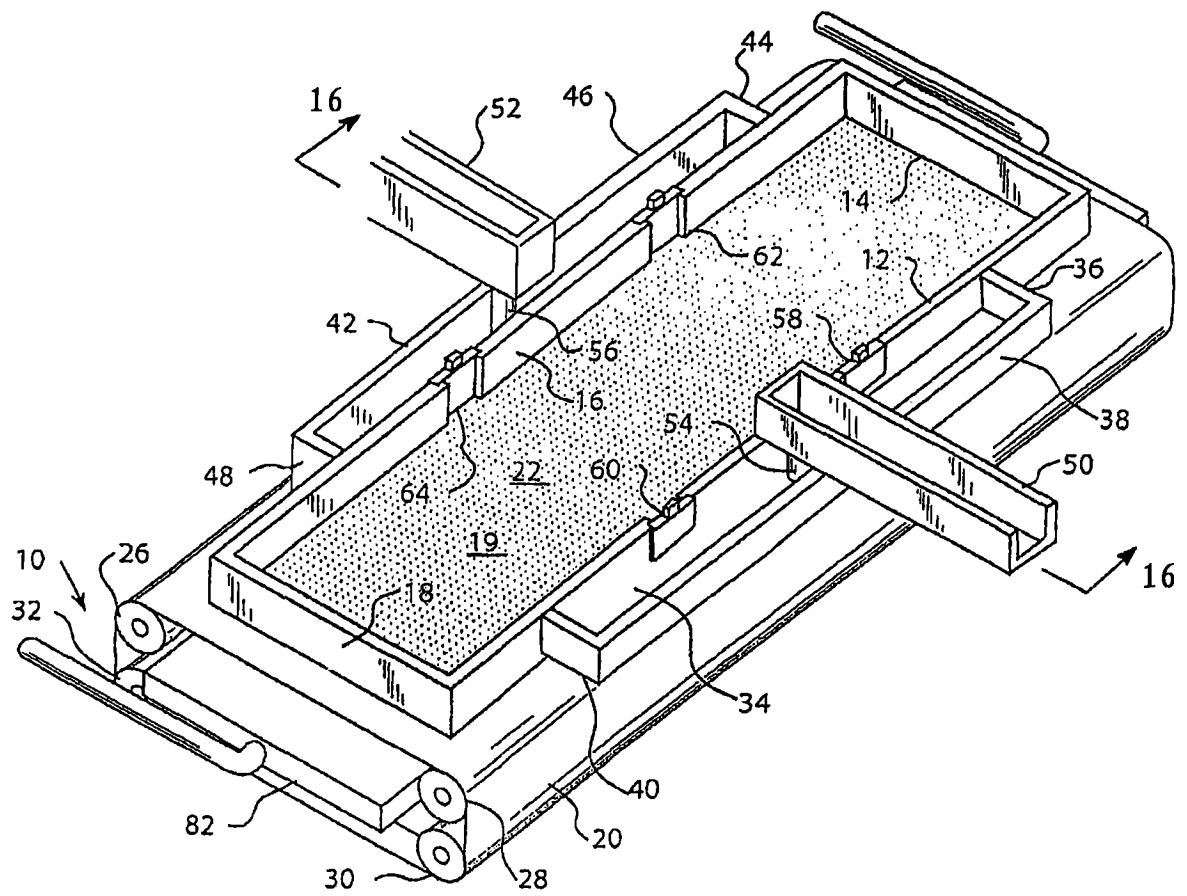


图 16

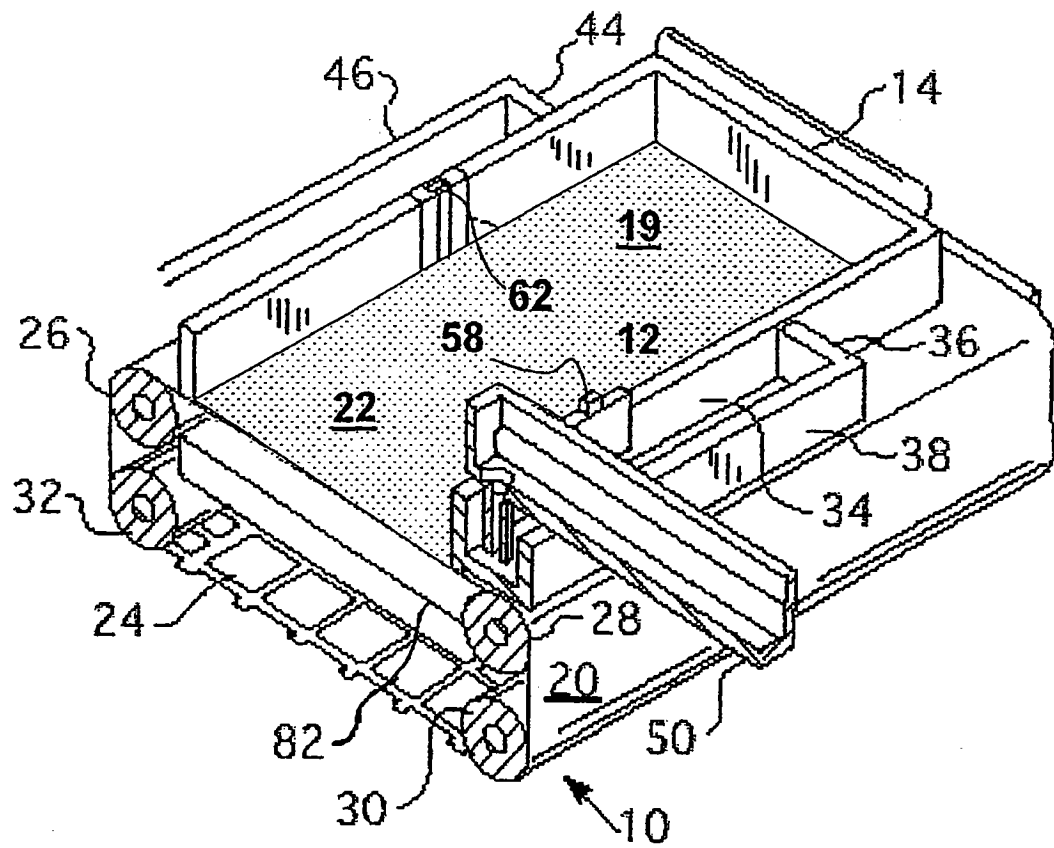


图 17

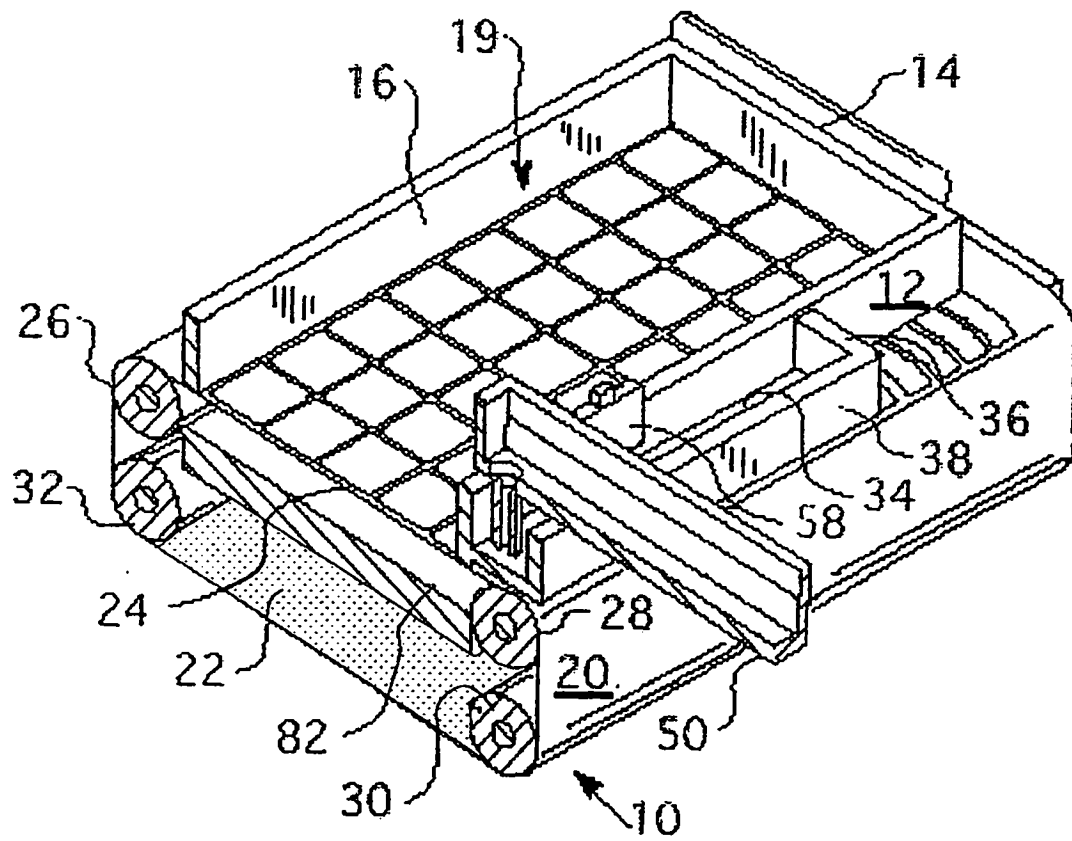


图 18

面板

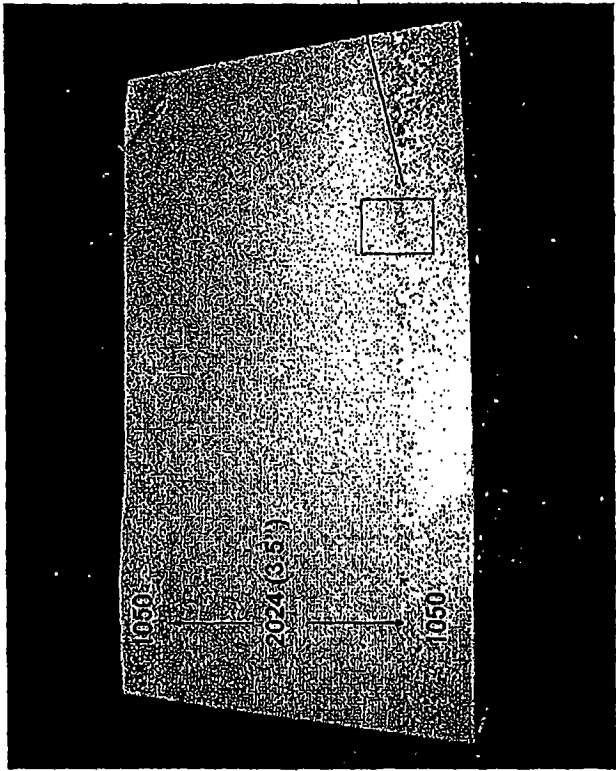


图19A

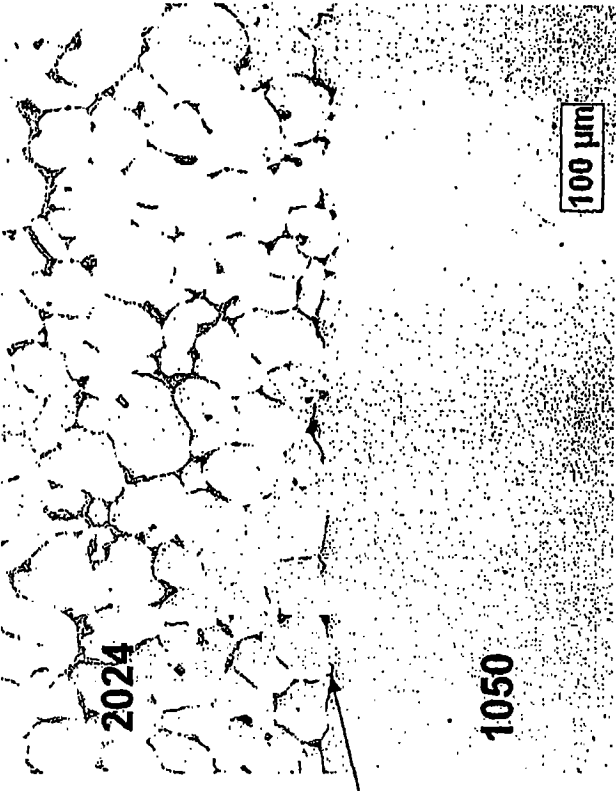


图19B

钎焊板

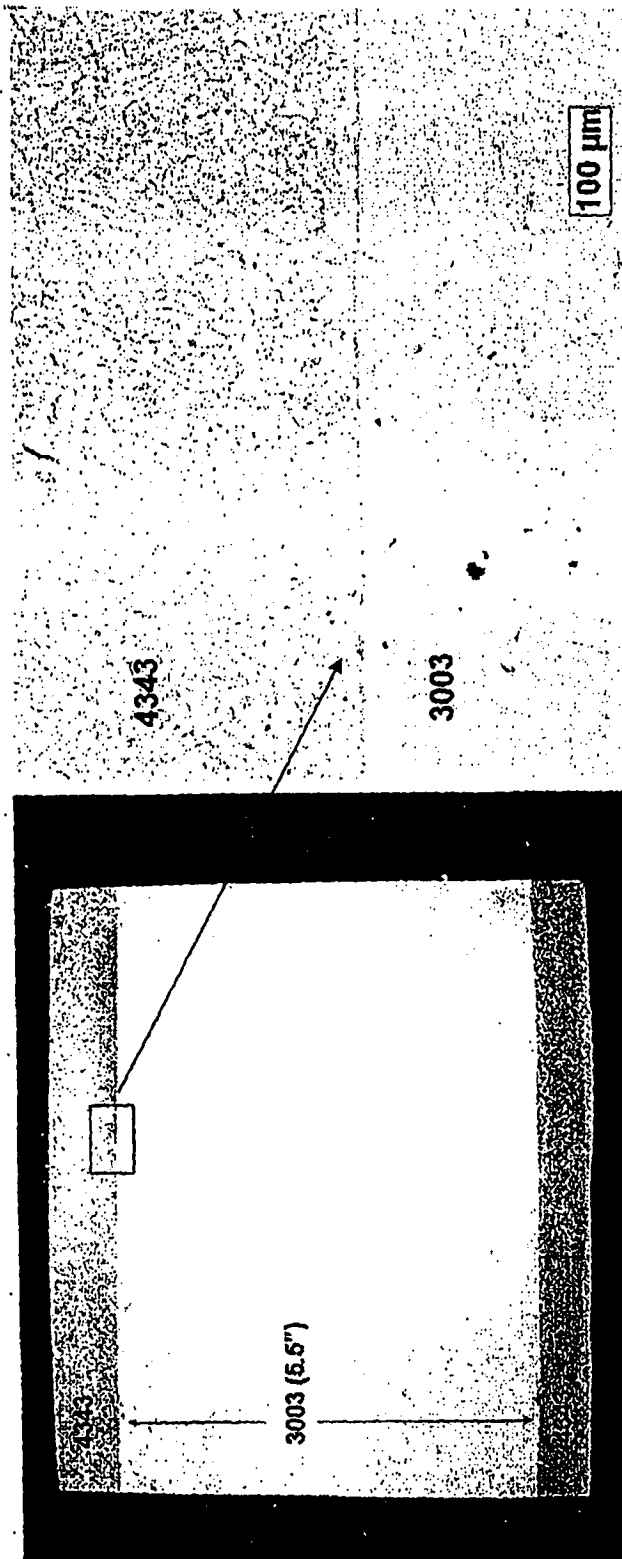


图 20A

图 20B