



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02817863.7

[43] 公开日 2004年12月8日

[11] 公开号 CN 1553841A

[22] 申请日 2002.9.13 [21] 申请号 02817863.7

[30] 优先权

[32] 2001.9.14 [33] EP [31] 01203500.2

[32] 2002.3.15 [33] EP [31] 02076020.3

[32] 2002.7.24 [33] EP [31] 02078051.6

[86] 国际申请 PCT/EP2002/010391 2002.9.13

[87] 国际公布 WO2003/024665 英 2003.3.27

[85] 进入国家阶段日期 2004.3.12

[71] 申请人 克里斯铝轧制品有限公司

地址 德国科布伦茨

[72] 发明人 阿德里安努斯·J·维特布罗德

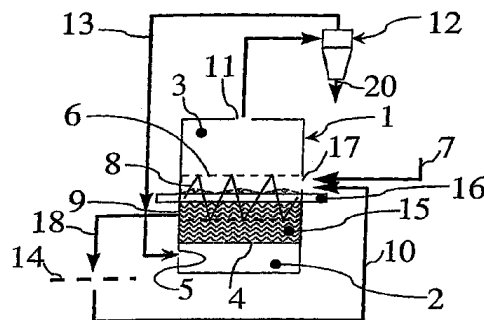
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利  
商标事务所  
代理人 郑修哲

权利要求书1页 说明书12页 附图3页

[54] 发明名称 金属包层废料件去除包层的方法

[57] 摘要

一种金属包层废料件去除包层方法，所述金属包层废料件包括金属芯层和金属包层，金属包层的液相线温度比金属芯层的固相线温度低，金属包层废料件例如是钎焊板材废料件或这样的金属包层废料件(7)，其中，金属包层的熔化范围的上部与金属芯层的熔化范围的下部重叠，通过在比金属包层固相线温度高并比金属芯层的液相线温度低的温度T下与磨料颗粒一起搅拌废料件(7)，至少从所述废料件的金属芯层上部分地去除金属包层，其特征在于：在与金属包层废料件(7)搅拌期间，使磨料颗粒开始流体化作用，从而形成流化床(15)。



1 一种金属包层废料件去除包层方法，所述金属包层废料件包括金属芯层和金属包层，金属包层的液相线温度比金属芯层的固相线温度低，金属包层废料件例如是钎焊板材废料件或这样的金属包层废料件，其中，金属包层的熔化范围的上部与金属芯层的熔化范围的下部重叠，通过在比金属包层固相线温度高并比金属芯层的液相线温度低的温度 T 下与磨料颗粒一起搅拌废料件，至少从所述废料件的金属芯层上部分地去除金属包层，其特征在于：在与金属包层废料件搅拌期间，使磨料颗粒开始流体化作用，从而形成流化床。

2 如权利要求 1 所述方法，其特征在于：在将金属包层废料件送到流化床之前，流化床被预热到流化床温度，也就是至少被预热到温度 T。

3 如权利要求 1 或 2 所述方法，其特征在于：所述金属包层废料件被浸没在流化床内。

4 如权利要求 1、2 或 3 所述方法，其特征在于：通过使所述金属包层废料件与磨料颗粒一起流化体作用，对金属包层废料件进行搅拌。

5 如上述权利要求之一所述方法，其特征在于：所述金属包层废料件的温度 T 被保持在低于金属包层的液相温度并低于金属包层的固相线温度。

6 如上述权利要求之一所述方法，其特征在于：所述金属包层废料件基本上包括铝钎焊板材。

7 如权利要求 6 所述方法，其特征在于：铝钎焊板材的温度 T 被设定在 500℃ ~ 620℃ 之间，最好在 500℃ ~ 580℃ 之间。

8 如权利要求 6 或 7 所述方法，其特征在于：磨料颗粒的密度是 3 ~ 7g/cm<sup>3</sup>，而且筛分粒度尺寸是 3 ~ 10 毫米。

9 如权利要求 6 或 7 所述方法，其特征在于：磨料颗粒的密度是 3 ~ 7g/cm<sup>3</sup>，而且筛分粒度尺寸是 0.5 ~ 4 毫米。

## 金属包层废料件去除包层的方法

### 技术领域

本发明涉及一种金属包层废料件去除包层的方法，所述金属包层废料件包括金属芯层和金属包层，金属包层的液相线温度比金属芯层的固相线温度低，金属包层废料件例如是钎焊板材废料件或这样的金属包层废料件，其中金属包层的熔化范围的上部与金属芯层的熔化范围的下部重叠，通过在比金属包层固相线温度高并比金属芯层的液相线温度低的温度T下与磨料颗粒一起搅拌废料件，至少从所述废料件的金属芯层上部分地去除金属包层。

下文将利用钎焊板材废料说明本发明，但是本发明也适用于金属芯上的其它类型的金属包层。

### 背景技术

在生产钎焊板材期间，被用作钎焊板材的金属芯的具有相对低的硅含量的铝合金板与被用作金属芯上的包层的具有相对高的硅含量的铝合金板辊压接合，被单面或双面包层。这种金属芯板和包层板的夹层状结构被随后辊轧，从而将所述包层结合到金属芯层上，从而生产厚度在0.1~3毫米之间的钎焊板材产品，所述钎焊板材产品适用于例如汽车的热交换器的生产。

在这种钎焊板材的生产期间，例如每次热或冷轧操作后，在层状板材的头部和尾部上产生显著数量的废料。由于废料包含具有高硅含量的铝合金和具有低硅含量的铝合金，废料的简单熔化将导致与金属芯的硅含量相比，铝合金的硅含量增加，硅含量增加的太高将导致不能用于生产同类型的金属芯板，除非用一定数量的具有低的硅含量的铝合金稀释。

另一种钎焊板材废料的资源来源于由钎焊板材制成且用后的产品，例如用后的热交换器。

已经提出多种不同的方法，以便从废料内的金属芯合金上去除包层。国际专利申请文献WO99/32260介绍了这些方法中的一种方法。根据这种方法，通过使容器内的废料金属件与磨料颗粒一起转动地翻滚或摆动，例如一起搅动废料金属件与磨料颗粒，从而导致多次碰撞，因而金属包层至少部分地与金属芯分离，使金属包层与金属芯分离。在所述搅动期间，容器保持在这样的温度下，使得废料金属件的温度比金属包层的固相线温度高，但是低于金属芯的液相线温度。

这种公知方法的缺点是，薄片材料特别是厚度小于2毫米的板材难以处理，由于磨料颗粒对薄片的过度磨损，导致材料完全损失。

这种公知方法的另一种缺点是，当在高的温度下进行处理期间，一种或多种合金元素从金属包层扩散到金属芯内，从而进一步污染了金属芯材料。

这种公知方法的另一种缺点是，存在被去除的金属包层材料粘附在磨料颗粒上的风险，这将导致磨料颗粒性能下降。

## 发明内容

本发明的一个目的是提供一种有效的通过从金属废料的金属芯层上去除金属包层的诸如钎焊板材废料的金属包层废料去除包层的方法。

本发明的另一个目的是提供这样一种方法，适合于在很宽的板厚度范围内对诸如金属包层废料件去除包层，特别包括厚度小于2毫米的金属废料板材。

本发明的另一个目的是提供这样一种方法，适合于对具有不规则形态的金属包层废料件去除包层，例如被废弃和切碎的热交换器。

本发明的另一个目的是提供这样一种如钎焊板材废料之类的金属包层废料块去除包层的方法，可以处理大量废料。

本发明的另一个目的是提供这样一种金属包层废料去除包层的方法，其经济上适于工业化生产。

本发明的另一个目的是提供一种可以被轻易地用于生产新板材材料的重复使用的金属芯和/或金属包层合金。

根据本发明第一方面，为实现本发明目的中的一个目的或多个目的，提供了一种金属包层废料件去除包层方法。所述金属包层废料件包括金属芯层和金属包层，金属包层的液相线温度比金属芯层的固相线温度低，金属包层废料件例如是钎焊板材废料件或这样的金属包层废料件，其中，金属包层的熔化范围的上部与金属芯层的熔化范围的下部重叠，通过在比金属包层固相线温度高并比金属芯层的液相线温度低的温度 $T$ 下与磨料颗粒一起搅拌废料件，至少从所述废料件的金属芯层上部分地去除金属包层，其特征在于：在与金属包层废料件搅拌期间，使磨料颗粒开始流体化作用，从而形成流化床。

所述流体化作用将一床固体颗粒转换成膨张的、悬浮的物质，也就是具有许多特性的流体。通过输送均匀的气流垂直地通过大量颗粒，磨料颗粒可以开始流体化作用。已经惊讶地发现，由流体化作用引起的颗粒的磨损动作非常高，足以去除金属包层，同时，这种磨损又非常低，可限制对金属芯的磨损。由于对金属芯磨损的限制，薄废料件可以被去除包层。

此外，流化体作用床的流体状特性可以导致非常均匀地去除金属包层，即使金属废料件具有复杂的形状，例如褶皱或弯曲。由于连续气流通过流化体作用床，被磨掉的金属与磨料颗粒的粘附可以被降低。

当废料件处于特定温度范围内的温度 $T$ 时，金属包层显示非常弱并可以部分地熔化且可以被流体化作用颗粒的研磨作用去除。如果废料件的温度 $T$ 被保持在低于金属芯层的固相线温度，则较好地避免了对金属芯层的磨损。

在本发明的一个实施例中，在将金属包层废料件送到流化床之前，流化床被预热到流化床温度，也就是至少被预热到温度 $T$ 。从流化床到

金属包层废料件的传热非常有效。由于从金属包层向金属芯层的合金元素的扩散数量有限，去除包层工序可以相对较短。

在将金属废料件放到流化床内且金属废料件的温度显著低于温度T时，例如为室温时，合金元素的扩散被较好地避免。

可以采用不同方式使流化床升温和/或保温，其中一种方式是使用加热气体，所述气体使所述颗粒开始流体化作用。

发明方法的细节例如处理时间、温度、磨料颗粒尺寸和类型、废料件尺寸、气流速度等取决于要被去除包层的废料件的类型。这些细节可以被优化，从而可以实现所希望的去除金属废料件的金属芯上的金属包层的效果。

在一个实施例中，通过使废料件与磨料颗粒一起开始流体化作用，废料件被搅拌，实现高效的金属包层的去除。也可以实现去除动作的高均匀程度。为了使废料件与磨料颗粒一起开始流体化作用，在将废料件放入流化床之前，相对于磨料颗粒的形状和密度，废料件的形状和尺寸应该被处理，例如使用机械处理，包括剪切、切割或破碎，最好使用粉碎机。

在一些情况下，最好废料件的温度T被保持在低于金属包层的液相温度并低于金属包层的固相线温度，由于较少数量材料将处于液体状态，被磨掉和去除的金属包层材料与粘附到磨料颗粒上的情况可以减少。

适合的磨料颗粒是块或金属、矿物、陶瓷颗粒或类似坚硬材料的颗粒，最好磨削元件具有诸如块的不规则形状。但是也可以使用一些规则形状，例如角锥或棱柱。例如可以从具有下述硬度的 $Al_2O_3$ 、SiC、尖晶石、铝土矿、阿狄那裂块（ardenner split）、钢渣和陶瓷磨料颗粒（ceramic rotofinish particles）中选择磨料颗粒，因而磨料颗粒的腐蚀被限制。

虽然其它材料的磨料颗粒也是适用的，最好使用上述那些物质中的一种，以便减少被去除的金属包层材料或包层材料粘附到磨料颗粒上。最好所使用的磨料颗粒不包括任何显著程度的下述材料，也就是

不包含在搅拌期间可以与金属废料件的熔化合金成分例如铝钎焊板材废料件内的铝起反应的材料。

本发明特别适用于铝钎焊板材件或包含铝钎焊板材的产品的去除包层。在符合本发明方法内所使用的铝钎焊板材的一种特性是金属包层的融化范围被保持在低于金属芯层的融化范围。

典型的合适镀铝板材可以具有铝协会AA 6xxx或AA 3xxx铝合金的芯层，特别是AA 6063、AA 6060、AA 3003、AA 3103或AA 3005，以及诸如AA 4343、AA 4047、AA4004或AA 4104的AA 4xxx类型铝合金的包层。对于这些类型，芯层的Si成分含量小于0.6重量%，包层的Si成分含量为6.8重量%~13重量%。

在本发明的一个实施例中，所述废料件基本上由铝钎焊板材组成。铝钎焊板材的温度T被设定在500℃~620℃之间，在该温度范围内，本发明的方法特别适合于至少部分去除铝钎焊板材的金属包层，其中所述金属包层是包含Si为主要合金元素的铝钎焊板材，所述Si成分含量为5重量%~15重量%。镀铝板材的金属芯层的固相线温度通常高于620℃。在此温度范围内，包含Zn为主要合金元素的铝合金层可以被有效地去除。

最佳温度T被设定在500℃~580℃之间，以便不超过铝钎焊板材的金属包层的液相线温度。最好确保金属芯材料上的磨削作用被保持在最小程度，特别适合于薄废料件。

在一个实施例中，磨料颗粒的密度是3~7g/cm<sup>3</sup>，而且筛分粒度尺寸是3~10毫米。此时，在颗粒的磨削冲击以及被去除金属包层材料和剩余的金属芯层材料与磨料颗粒的简易分离之间取得良好的平衡。密度范围下限刚好高于铝密度。具体地说，具有密度4g/cm<sup>3</sup>的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒被证明最适于作为磨料颗粒。

根据废料件的密度和厚度，废料件的厚度是0.1~2毫米，面积是4~40cm<sup>2</sup>。

附图说明

下文将结合附图对本发明进行详细介绍。

图1是示意性显示实施符合本发明方法的实施例的设备的横截面视图；

图2显示了去除包层后的金属废料件和包层废料件的照相图象，用于参考；

图3是一条显示硅去除与处理时间关系的试验结果的曲线；

图4是一条显示镁去除与处理时间关系的试验结果的曲线；

图5显示了去除包层后的翅型散热片和包层散热片的照相图象，用于参考。

### 具体实施方式

典型的流化床设备的细节是公知的，例如可以在Perry的化学工程手册第六版中查到。

图1示意性显示了腔1，腔1设有用于使磨料颗粒开始流体化作用从而形成流化床15的装置。这些装置包括被分配器4彼此分开的气体分配腔2和流化床腔3，所述分配器4可以是精细的多孔筛网。气体分配腔2设有气体入口15。

流化床腔3设有可围绕轴线16转动的多孔鼓6。废料入口17被设置在流化床腔3上，废料7可以从入口17被输送到多孔鼓6内。多孔鼓6是这样一种鼓，磨料颗粒和气体可以通过鼓6，同时将废料件保持在鼓6内。也可以在鼓6内部设置螺旋轮廓8。

该鼓通向流化腔3与入口17相反的侧面，出口9被设置在该侧面上。出口9通过由箭头18示意性表示的管路与筛选装置14相连。筛选装置14也与由箭头10示意性表示的入口17相连。

在流化腔3的顶部设有气体流动出口11。图1还显示了通过由箭头19表示的管路与气体流动出口11相连的分离装置12。分离装置12例如可以是过滤装置或气旋装置或其它任何公知的工业分离装置。设置由箭头13表示的回流管，使气体通过入口15返回分配腔2。设置加热装置对该回流气体加热。

本发明的工作过程如下。将气体泵入分配腔2内，因而气体流过分配器4、在流化床腔3内获得基本上均匀的垂直气流。作为均匀垂直气流的结果，位于流化腔3内的磨料颗粒开始流体化作用，形成流化床15。

适合的磨料颗粒是块或金属、矿物、陶瓷颗粒或类似的坚硬材料的颗粒，最好具有诸如块的不规则形状。但是也可以使用一些规则形状，例如角锥或棱柱。例如可以从 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、SiC、尖晶石、铝土矿、阿狄那裂块(ardenner split)、钢渣和陶瓷磨料颗粒(ceramic rotofinish particles)中选择磨料颗粒，这些颗粒的硬度使磨料颗粒的腐蚀被限制。

废料件通过入口17被引入流化床15内。鼓6围绕它的轴线16转动。这种转动运动可以搅动所述废料件。废料件可以具有一种密度和形状使得它们将与磨料颗粒一起开始流体化作用。也可以使两者组合。在流化床15上发生去除包层。

当鼓转动时，螺旋轮廓8导致加入的材料沿鼓的转动轴线16分布。去除包层的废料件将最终到达出口9，从出口9被输送到筛选装置14，使废料件与也通过出口9从流化腔3被排出的磨料颗粒分离。磨料颗粒可以被回收并经过通路10返回流体化作用腔。去除包层后的废料件可以被收集并被再次使用，例如用于与上述类似的金属包层产品的生产。

当金属包层材料不能通过气体流动而与流化床脱离时，必须通过筛选，从磨料颗粒中将被排出的金属包层材料分离出来。

然而在一些工序类型中，已经从废料件中被去除的金属包层材料采用诸如灰尘的细小分布颗粒的形式与流化床脱离，并将与气体一起流动，通过出口11离开流化腔3。这种金属包层材料可以在分离装置12内从气体中过滤出去，并作为分开的再循环产品20被收集。气体也可以被回收、再加热并通过管路13被引导到分配腔2内。

流化床15的温度可以使金属废料件的温度达到符合本发明的温度范围内所希望的温度。例如对于包括10重量% Si的铝包层合金来说，所希望的温度是 $575^\circ\text{C}$ 。

由于金属包层的均匀去除，本发明特别适于处理使用镀铝板材制造的被扔弃和切碎的热交换器。

附图仅用于显示一种可能的执行本发明的方式，本发明并不局限于此。

### 实例1

在一个试验实例中，大约10千克的颗粒尺寸为3~5毫米的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 磨料颗粒与160克的0.5毫米厚且面积为 $25 \times 25 \text{mm}^2$ 的钎焊板材的片料的混合物在室温下开始流体化作用。经观察发现，在均匀的流化床内， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 磨料颗粒与片料保持混合状态，没有被分离。

### 实例2

使用闭合环路进行另一个实验室试验，其中使用气旋装置从流体化作用气体循环中分离颗粒。在试验时，既没有图1所示的设置转动鼓，也没有设置废料入口和出口。

在该试验中，使三百个面积为 $25 \times 25 \text{mm}^2$ 的片材和翅型的废料散热片以及管形废料散热片与10公斤颗粒尺寸为3-5毫米的铝土矿颗粒一起流体化作用，从而去除包层，所述片材和废料散热片都是由0.4毫米厚的钎焊板材制成，所述钎焊板材具有AA3003合金（包含0.20重量%的Si，基本上不含镁）的芯和所述芯每侧上40微米厚的AA4004合金（包含9.5-10重量%的Si，1.5重量%的镁）的薄包层。分别使用不同的流化床温度和处理时间，其中流化床温度为 $500 - 620^\circ\text{C}$ ，处理时间是10-60分钟。为了试验的目的，流化床的温度与流化作用气体温度相同。

图2显示了在经历去除包层处理之前的片材（标签为“Vor Rec”）的照相图象和在下述条件下已经经历去除包层处理的片材的照相图象，所述条件是在 $500^\circ\text{C}$ 下处理10分钟、30分钟和60分钟，在 $550^\circ\text{C}$ 下处理10分钟、30分钟和60分钟，在 $600^\circ\text{C}$ 下处理10分钟、30分钟和60分钟以及在 $620^\circ\text{C}$ 下处理10分钟、30分钟和60分钟。

从图中可以看到，厚度为0.4毫米的废料件可以经得住该方法。从角部的倒圆量可以得知，与较低温度和/或较短处理时间相比，更高温度和/或更长处理时间导致一些片材磨损严重。直至流化床温度为 $600^\circ\text{C}$ 时，片材回收的保护是可以接受的。在流化床温度为 $620^\circ\text{C}$ 下被去除

包层10分钟时，片材显示相当高的磨损，当去除包层30分钟时，大概由于包层熔化的粘附效果，发现一些片材集聚到一起，大多数片材完全被磨损和/或破裂成碎片。因而，处理温度最好不超过620℃。

当片材经历上述处理后，它们重新熔化并利用电火花发射光谱进行分析。分析结果与没有经历任何去除包层处理的参考片材重新熔化后所进行的电火花发射光谱分析相比较。

用百分比表示，由下述公式确定消除的Si:

$$\text{消除的Si} = (1 - (\text{Si}_{\text{after}} - \text{Si}_{\text{core}}) / (\text{Si}_{\text{before}} - \text{Si}_{\text{core}})) \times 100\%$$

其中 $\text{Si}_{\text{after}}$ 表示去除包层处理后重新熔化后Si的含量的化学分析结果， $\text{Si}_{\text{before}}$ 表示去除包层处理之前重新熔化后Si的含量的化学分析结果， $\text{Si}_{\text{core}}$ 表示仅芯层Si的含量的化学分析结果。

图3显示了在500℃、550℃和600℃的流化床温度下作为处理时间函数的且与参考片材相比清除的Si的百分比曲线。如图所示，使用600℃温度，可以去除50%以上的Si。已经发现，在处理的头10分钟内完成Si的去除。相信在600℃温度下，Si从金属包层扩散到金属芯内，为此原因，在600℃温度下，Si的去除百分比随着时间的延长而下降。

另一方面，可以看到对于在该试验中所使用的合金，最好使用550℃的流化床温度，以便获得足够高的磨损作用，确保在合理时间内去除包层。

图4显示了在500℃、550℃和600℃的流化床温度下作为处理时间函数的且与参考晶片相比清除的镁的百分比曲线。如图所示，在每种温度下，都能有效地去除镁。被去除的镁的数量随着温度和时间的增加而增加。在600℃的流化床温度下去除包层10分钟，发现超过60%的镁被去除。令人相信的是，镁的有效去除是在处理期间清除的富镁表面氧化物和从材料扩散出的镁的补充的动态平衡的结果。

在600℃处理后，进行旋风分离器含量分析。由于假设涉及铝土矿颗粒，不分析超过0.5毫米的颗粒。表1显示了使用湿法化学分析在小于0.5毫米的颗粒中铝的百分比。

表1

在600℃下的处理时间	金属铝的%
10分钟	37
30分钟	24
60分钟	16

表1显示，清除的包层至少部分地被携带到旋风分离器。然而当处理时间增加时，发现较少的铝。似乎相对大部分的被去除的铝可能粘附在铝土矿磨料颗粒上。通过铝土矿磨料颗粒变灰证明了这种情况。

图5显示了在去除包层之前的废料散热片（左）和在600℃的流化床温度下分别处理10分钟和30分钟的去包层后的废料件的照片图象。已经确认，在去除包层处理期间，辐射体元件完全丧失了它们的翅片。利用热气流将所述翅片从流化床中去除，并与在上述试验中被磨掉的含硅层收集在旋风分离器中。

### 实例3

通过使类似于实例2的一批300个片材与10公斤筛分粒度尺寸为3-5毫米的铝土矿颗粒一起流体化作用，使类似于实例2的另一批300个片材与10公斤筛分粒度尺寸为1-3毫米的铝土矿颗粒一起流体化作用，来调查磨料颗粒的筛分粒度尺寸对硅去除的作用（参考实例2的测定方法）。流化床的温度是600℃。表2显示了结果。

表2: 对0.4毫米的片材去除包层5或12分钟后Si的去除

	清除的Si	
	5分钟之后	12分钟之后
3~5毫米铝土矿	40%	47%
1~3毫米铝土矿	60%	65%

表3显示了类似测试的结果，200个芯层厚度1.5毫米厚的片材被去除包层，其中，类似于上述铝合金的包层厚度是0.15毫米。

表3: 对1.5毫米的片材去除包层10、20和30分钟后Si的去除

	清除的Si		
	10分钟后	20分钟后	30分钟后
3~5毫米铝土矿	60%	64%	67%
1~3毫米铝土矿	67%	77%	77%

参考表2和3, 当使用小尺寸的铝土矿作为用于片材的磨料颗粒时, 可以发现具有较好的性能。对于相同的磨料颗粒总质量, 在流化床中的磨料颗粒数量大致作为筛分粒度尺寸比的三次幂而增加。当大密度的磨料颗粒出现在流化床内, 对片材表面的碰撞次数增加, 导致更高的去除包层效率。由于每个磨料颗粒的质量按比例下降, 每次碰撞的去除包层效率下降。这两种平衡作用效果导致优化的筛分粒度尺寸, 可导致更高效率的去除包层。

#### 实例4

通过使100克翅型的废料散热片和10公斤筛分粒度尺寸为1-3毫米的铝土矿颗粒或与10公斤筛分粒度尺寸为3-5毫米的铝土矿颗粒流体化作用, 调查磨料颗粒的筛分粒度尺寸对清除硅的作用(参考实例2的测定方法)。

所述辐射体由0.4毫米厚的钎焊板材制造, 其中, 芯是AA3003合金(包含0.20重量%的Si,基本上不包含镁), 在芯的每侧上具有40微米厚的AA4004合金(包含9.5-10重量%的Si,包含1.5重量%的镁)组成的包层。

表4显示了在600℃下去除包层10分钟后的结果

表4: 对0.4毫米厚的废料辐射体去除包层10分钟后Si的去除

	5分钟后清除的Si
3~5毫米铝土矿	57%
1~3毫米铝土矿	39%

在废料辐射体情况下, 3-5毫米的筛分粒度尺寸显示较好结果。由于更高质量的单个颗粒和更大的筛分粒度尺寸, 磨料颗粒和废料散热片之间的单次碰撞冲击导致更好地清除连接的翅片。

### 实例5

通过对一批300个片材去除包层和一批600个片材去除包层进行比较，调查磨料颗粒的数量对去除硅的作用（参考实例2的测定方法）。所述片材类似于实例2的0.4毫米厚的片材。表5显示了使片材与10公斤粒级尺寸为1-3毫米的铝土矿颗粒一起流体化作用而去除包层后硅的去除（参考实例2的方法）

表5: 对0.4毫米的片材去除包层5, 12和20分钟后Si的去除

	清除的Si		
	5分钟后	12分钟后	20分钟后
300个片材	60%	65%	
600个片材	53%	55%	50%

从表中可以发现，与一批600个片材被去除包层相比，当一批300个片材被去除包层时的去除包层的效率更高。

可以认为表5所涉及的是在一批片材内要被去除包层的整个表面积与流化床内出现的磨料颗粒数量的关系。在表5中，每批片材的总面积是300个片材的总面积大约是0.375平方米，600个片材的总面积是0.750平方米。

因而，诸如铝土矿的磨料颗粒的材料密度至少是 $3 \sim 3.5 \text{g/cm}^3$ ，在流化床内每平方英尺要被去除包层的磨料颗粒数量最好至少是 $10 \text{kg/m}^2$ ，较佳是 $13 \text{kg/m}^2$ ，最佳是 $20 \text{kg/m}^2$ 。当对磨料颗粒的筛分粒级尺寸和密度进行适当计算时，这些数字通常是有效的。



图2

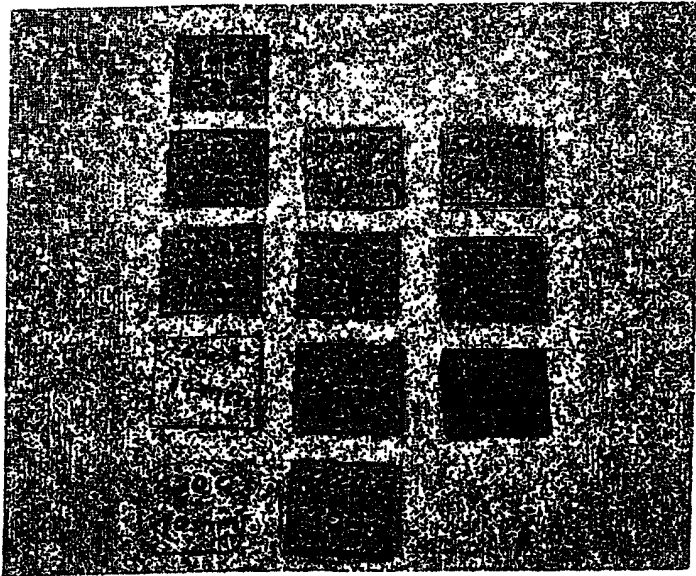


图3

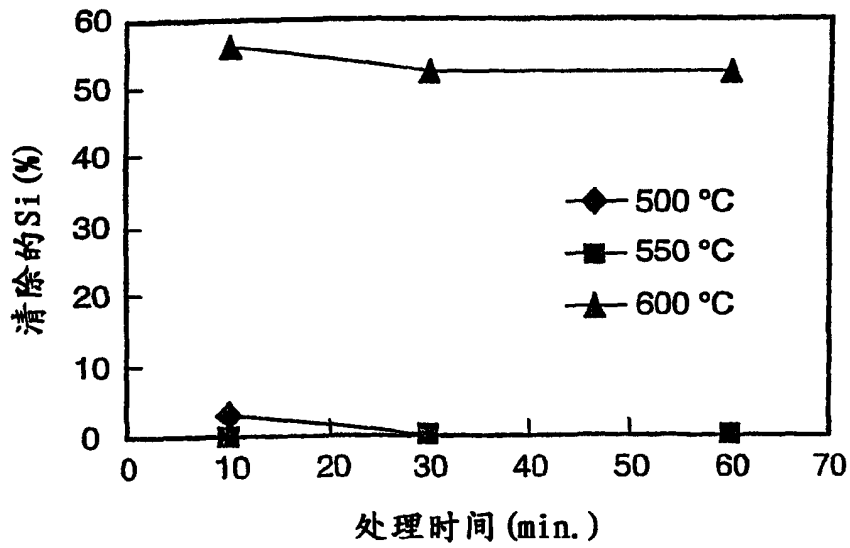


图4

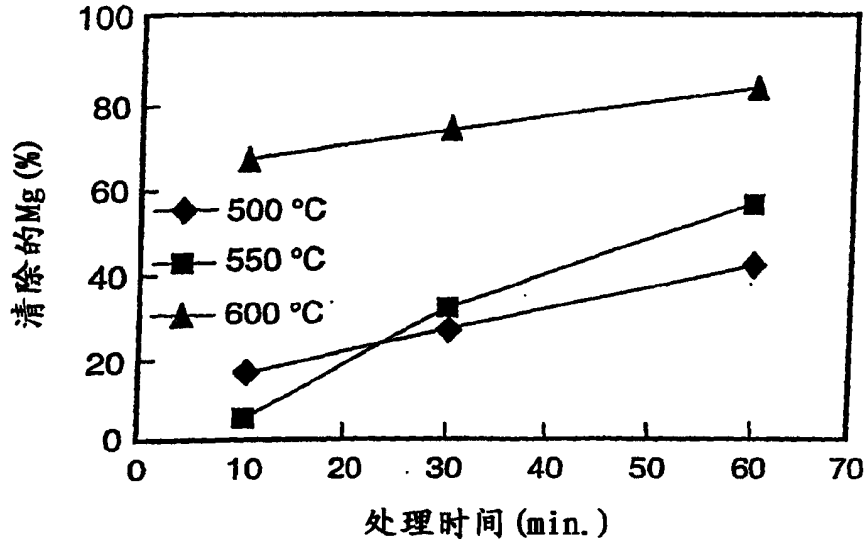


图5

