



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98107304.2

[43]公开日 1998 年 11 月 25 日

[11] 公开号 CN 1199779A

[22]申请日 98.4.22

[30]优先权

[32]97.4.22 [33]US[31]837,696

[71]申请人 阿利金尼·勒德卢姆公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72]发明人 金永佑 刘易斯·L·基什
纳兹米·托克尔

[74]专利代理机构 柳沈知识产权律师事务所

代理人 张平元

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 2 页

[54]发明名称 奥氏体不锈钢分批退火的方法

[57]摘要

提供了使用间歇退火工艺对奥氏体不锈钢卷材进行退火的方法。优选的方法涉及选择奥氏体不锈钢组成，使其中碳的百分重量足够低，从而退火可在约小于 1700 ° F 的温度下进行得到了无晶间碳化物沉积的奥氏体不锈钢，该温度远远低于正常的奥氏体不锈钢的退火温度。较低的退火温度使退火可在传统的间歇退火炉中进行。



权 利 要 求 书

1. 一种奥氏体不锈钢的退火方法，包括下列步骤：
选择一种上述奥氏体不锈钢的组合物，该组合物中包含所选的百分含量
5 的碳；和
在间歇退火炉中加热上述奥氏体不锈钢一段所选的退火时间；
其中，上述所选的碳的百分含量足够低使得在所述退火期间在上述退火
温度下，上述奥氏体不锈钢进行重结晶使晶粒生长完全，得到可接受的抗腐
蚀性能。
- 10 2. 权利要求 1 的方法，其中上述退火温度低于约 1700° F。
3. 权利要求 1 的方法，其中上述奥氏体不锈钢是 T - 201L 不锈钢。
4. 权利要求 3 的方法，其中上述所选的碳的百分重量低于 0.030 %。
5. 权利要求 4 的方法，其中上述退火温度在大约 1600° F - 1700° F
内。
- 15 6. 权利要求 5 的方法，其中上述的退火时间段在大约 0 - 12 小时内。
7. 权利要求 5 的方法进一步包含如下步骤：在上述奥氏体不锈钢在上述
退火温度加热持续上述所选的退火时间后，将该奥氏体不锈钢合金在小于
100° F/hr 的冷却速率下进行冷却。
8. 权利要求 3 的方法进一步包含如下步骤：在上述间歇退火步骤前，盘
20 绕上述奥氏体不锈钢，并在其上施加小于约 30,000 磅/英寸²的卷取拉力。
9. 权利要求 8 的方法，其中上述的卷取拉力在大约 3,000 磅/英寸² -
15,000 磅/英寸²的范围内。
10. 权利要求 4 的方法，其中上述奥氏体不锈钢的厚度小于约 20 密耳。
11. 权利要求 1 的方法进一步包含如下步骤：在上述间歇退火步骤前，
25 盘绕上述的奥氏体不锈钢，并在其上施加小于约 30,000 磅/英寸²的卷取拉
力。
12. 权利要求 1 的方法，其中上述的卷取拉力在大约 3,000 磅/英寸² -
15,000 磅/英寸²范围内。
13. 权利要求 1 的方法，其中奥氏体不锈钢是 T - 304L 不锈钢。
30 14. 权利要求 13 的方法，其中上述所选的碳的百分重量小于大约 0.023
重量%。



15. 权利要求 14 的方法, 其中上述所选的碳的百分重量小于大约 0.015 重量%。

16. 权利要求 14 的方法, 其中上述奥氏体不锈钢的厚度小于 20 密耳。

5 17. 权利要求 14 的方法, 其中上述的退火温度在 $1500^{\circ}\text{F} - 1700^{\circ}\text{F}$ 范围内。

18. 权利要求 17 的方法, 其中上述的退火时间在大约 0 - 12 小时内。

19. 权利要求 17 的方法进一步包含如下步骤: 在上述奥氏体不锈钢在上述退火温度加热上述退火时间后, 将上述该奥氏体不锈钢以小于 100°F/hr 的冷却速率冷却。

10 20. 权利要求 13 的方法进一步包含如下步骤: 在上述间歇退火操作前, 盘绕上述的奥氏体不锈钢合金, 并在其上施加小于大约 30,000 磅/英寸² 的卷取拉力。

21. 权利要求 20 的方法, 其中上述的卷取拉力大约在 3,000 磅/英寸² - 15,000 磅/英寸² 的范围内。

说明书

奥氏体不锈钢分批

退火的方法

5

本发明一般地涉及一种奥氏体不锈钢分批退火的方法。更特别地，本发明涉及合金组合物的选择，不锈钢卷材的制备以及确定合适的退火参数以成功地实施奥氏体不锈钢，包括轻薄型不锈钢的分批退火。

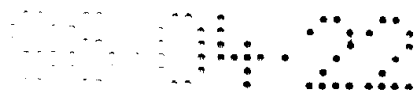
10 在生产平面轧辊的不锈钢板和不锈钢带产品时，为了进一步的冷轧操作，有必要对材料进行间歇性退火或者软化。同时，在精细加工时，也有必要对材料进行退火使其适于加工(即，模压，成形等)。因为冷轧使不锈钢的晶粒伸长，使晶格发生巨大畸变并引起很大的内部应力，所以有必要进行退火。通常，冷轧后得到的钢材较硬，几乎不具有延展性。退火操作使冷加工后的钢材再结晶，而且如果该钢材在合适的退火温度保持足够的时间，则退火钢的结构将再次由未畸变的晶格组成，同时该钢材将再次被软化，具有延展性。

退火技术通常分为两类：(a)间歇操作，例如传统的装箱退火；和(b)连续操作。在不锈钢工业中，平面轧辊的钢板和钢带产品的软化最普遍的是通过连续退火作业线完成的。

20 连续退火操作包括：从开卷机将卷料开卷，将卷材连续送入一个炉子并从中拉出，然后在卷起机上重新卷好。通常使用电炉或燃气炉。当钢带从炉子中穿过时，对于奥氏体合金，该钢带通常被加热到约 $1800^{\circ}\text{F} - 2200^{\circ}\text{F}$ 的范围，对于铁素体合金，通常加热到约 $1400^{\circ}\text{F} - 1800^{\circ}\text{F}$ 的范围，退火温度根据特殊的退火合金以及合金的最终用途而有所不同。

25 近年来，对轻薄型(即，20 密耳或更小)不锈钢带产品的需求(以下称之为“轻型不锈钢”或“轻型带钢”)不断增长。事实上，如此轻型的不锈钢带/薄片是处于需求状态的，并被列于若干钢材制造商的产品名录中。

对不锈钢工业，轻型不锈钢的退火存在着技术和经济问题。例如，在奥氏体不锈钢合金轻型不锈钢在约 $1800^{\circ}\text{F} - 2200^{\circ}\text{F}$ 温度范围内的连续高温退火过程中，材料的屈服强度大大降低使钢带易破裂。通常轻型带钢的破坏常发生在连续退火作业线炉中并且接下来的休风时间材料损失代价很高。



另外，相对于传统的标准尺度产品，轻型不锈钢带的生产率非常低，因为其受到连续退火作业线的最大线速度限制。添加另外的连续退火作业线以提高生产率的成本很大。因此，与这种轻型不锈钢有关的操作费用相当高。

对于轻型不锈钢带连续退火，一种可供选择的方法是间歇退火。但是，
5 间歇退火还未用于不锈钢奥氏体合金。对不锈钢而言，间歇退火大多用于有关热轧带材中铁素体级的热处理(约在 1400°F - 1600°F 范围内)，偶尔也用于中间尺寸样品为进一步冷轧来软化材料。

70 年代末期以来，已经对间歇退火技术进行了重大改进。这些改进表现在引入了 100 % 的氢气，高对流设备，改进的炉子设计以及现代计算机控制。
10 间歇退火技术的这些改进提高了能量效率并且增强了加热和冷却过程中的热转移速率，因此使得整个卷材更均匀并且与老的间歇退火操作相比，过程循环时间减少了 50 % 以上。上述提及的改进和可供选择的推进器材料一起，使可购得的退火炉得到最高温度，大约为 1650°F 或者更高。然而，随着进一步改进和取得的进展，可达到 1700°F 或者更高的温度。

15 如上所述，由于诸多原因，间歇退火还未用于有关奥氏体不锈钢合金中。例如，奥氏体不锈钢合金需要比现有的间歇退火炉设备能承受的温度更高的退火温度。而且，在传统间歇退火允许的冷却速率下，碳化物将在晶粒边缘沉积，破坏腐蚀性，而该性质是不锈钢最关键的性质之一。而且，在奥氏体合金退火所需温度范围内，相邻卷材圈之间可能发生焊合或者局部扩散
20 焊接，损坏带材表面。对于轻型产品，焊合足以严重到使带材在重卷过程中，实际发生撕裂或者至少产生折边。

总之，典型的 200 系列和 300 系列不锈钢合金的重结晶需要某个最低退火温度。然而，工业中已知，当奥氏体不锈钢合金被加热时，在大约 900°F 或更高温度时开始发生晶间碳化物的沉积。在更高温度，该碳化物开始溶
25 解，典型的合金需要相当高的温度使碳化物基础溶解。例如，典型的 T - 304 不锈钢含有约 0.075 % 重量的碳，在传统的作业线退火中，需要大约 1850°F 的退火温度以使碳化物基本上完全溶解。典型的 T - 201 不锈钢需要的退火温度通常是类似的。如果不能达到碳化物基本上彻底溶解所需的温度，晶间碳化物将继续存在，使合金无法使用。结果，工业中奥氏体不锈钢合金使
30 用的退火技术已达到相当高的退火温度以使碳化物溶解，并且该技术达到足够高的冷却速率以防止碳化物在冷却过程中生成。在退火过程中没有溶解或



者在冷却过程中析出生成的碳化物，将使此合金不能用。

虽然间歇退火技术已经取得了进展，但通常的间歇退火炉仍达不到 1700 ° F，该温度低于典型奥氏体为不锈钢合金中的碳化物基本完全溶解的温度。

5 即使间歇退火技术进一步发展达到 1800 ° F 的温度，不锈钢卷材在 1800 ° F 退火后，其在间歇退火炉中的冷却速率也不会足够快，不能防止典型奥氏体不锈钢合金中的碳化物沉积。根据连续冷却转变图(公开于《不锈钢手册》，Mc Graw Hill, Inc., 1977)，对于含 0.075 % 重量碳的典型 T - 304 合金，允许带材从 1800 ° F 冷却到约 1250 ° F 的最长时间为 200 秒以防止晶间碳化物沉积。通常，在工业规模间歇退火炉中，带材从 1800 ° F 冷却到约 1250 ° F 将用大约 15 - 20 个小时，该速度不够快，不能防止典型奥氏体合金晶间碳化物沉积。因此，奥氏体不锈钢合金通常采用的退火技术是连续退火，其退火温度通常高达约 1800 ° F - 2200 ° F，而且冷却(经常通过鼓风帮助)得足够快，避免了晶间碳化物沉积。

15 然而，如上所述，连续退火作业线的生产率受到作业线的最大速度所限制。而且，连续退火作业线还表现出其它的缺点，例如在如此高温下，由于屈服强度的大大降低而引起的钢带破损。当材料是以轻型奥氏体不锈钢的形式存在时，该缺点将是很尖锐的。改正这些问题的花费太大而且会引起生产率的降低。

20 因此，不锈钢工业需要开发奥氏体不锈钢钢带(特别是轻型钢带)间歇退火的方法，使得最终得到的材料与传统的连续退火作业线相比，性能与之相当或优于它们。这样的方法避免了传统连续退火作业线中与轻型不锈钢操作有关的缺点。如果可能，这类方法也可使用现有的炉设备。而且，这类方法也避免了带材相邻圈间的焊合或局部扩散焊接的产生。

25 因此，本发明的目的之一就是开发奥氏体不锈钢带卷的间歇退火方法，使最终产品的性质与传统的连续退火作业线产生的产品特性相当或者优于它们。本发明的进一步目标是使奥氏体不锈钢材料的间歇退火方法用于有关轻型产品方面，利用该方法，卷材相邻圈间焊合引起的表面损害将减至最小。本发明更深一层的目的是，与传统连续退火作业线相比，降低了生产消耗，
30 同时避免了与传统连续退火作业线有关的缺点。

本发明提供一种通过利用间歇退火工艺对奥氏体不锈钢卷材进行退火



方法。优选的方法达到了理想的力学性能、表面状况、腐蚀性能以及具有最小相邻圈焊合的不锈钢卷带外形。优选的方法涉及具有特定碳含量的奥氏体不锈钢合金组合物的选择。例如，当 ASTM 200 和 300 系列的不锈钢中碳的含量非常低时，对其进行热处理，得到了有利的结果。本方法也使用了特殊的退火气体和特定的退火循环参数。

本文公开的方法特别适用于轻型不锈钢产品。该方法涉及选择碳百分含量足够低的奥氏体不锈钢合金组合物，使得奥氏体不锈钢在 1700 ° F 以下退火时，而不出现晶间碳化物沉积，该温度低于奥氏体不锈钢正常的退火温度。较低的退火温度可以使退火在传统的间歇退火炉中进行。在这方面，与连续退火过程有关的缺点(即，由于带材破损引起的停机时间和最大作业线速度的限制)被大大地降低了。

对 T - 201L 不锈钢，发现间歇退火特别成功。T - 201L 不锈钢中的碳含量保持在低于 0.030 % 的重量。在碳含量的这个范围内，奥氏体 T - 201L 不锈钢在约 1650 ° F - 1700 ° F 的范围内经约 0 - 12 个小时成功地进行了退火。在此实验结果的基础上，显示出成功的退火应出现在 1600 ° F 的低温时。

对 T - 304L 不锈钢，发现也是成功的。T - 304L 不锈钢中的碳含量保持在低于 0.015 % 的重量。在此碳含量范围内，该 T - 304L 奥氏体不锈钢在约 1550 ° F - 1700 ° F 范围内成功地进行了退火。

通过降低拉力(卷取拉力)，退火卷材相邻两圈的焊合或者局部分散焊接损坏钢带的表面现象，进一步被缓和了。通过该力，不锈钢卷成卷材以用于间歇退火。特别地，当卷取拉力小于 30,000 磅/英寸²(psi)是有利的，而保持在 15,000 磅/英寸² - 3,000 磅/英寸² 范围内时，得到特别好的结果。通常现有技术卷材的卷取拉力为 30,000 磅/英寸² 或更大。

通过示于附图中的本发明特定优选实施例的说明，可以清楚看出本发明的其它目的和优点。

附图的简要描述

图 1 是根据本发明的 T - 201L 合金的典型退火循环的图解说明。

图 2 是根据本发明的 T - 304L 合金的典型退火循环的图解说明。

优选实施方案的详细说明

本发明的方法通过使用间歇退火工艺，提供了奥氏体不锈钢卷材退火的



一种手段。该方法涉及使用具有超低含量碳的不锈钢合金。该方法还涉及使用合适的卷取拉力、氢气退火气氛以及特定的退火循环参数。

本发明的一个重要特征是限制了奥氏体不锈钢合金中碳的百分重量。当合金中碳含量保持在超低水平时，所需的退火温度维持足够低使现有的间歇退火技术可用于该合金退火中。而且，低碳含量得到无晶间碳化物的微结构，因此无晶间腐蚀敏感度。根据本发明，对于 T - 201L 合金，碳含量应低于 0.030 % 的重量，以通过该间歇退火工艺得到可接受的力学和腐蚀特性。对于 T - 304L 合金，碳含量应低于 0.023 %，特别优选低于 0.015 % 以通过间歇退火工艺生产出可接受的力学和腐蚀特性。根据实际熔化技术的限制设定碳含量的底限。

卷材，特别是轻型卷材的间歇退火中遇到的主要问题是相邻两圈之间产生的焊合或者局部扩散焊接。

这样的焊合在重卷过程中引起卷材撕裂或者产生折边。发现卷材之间的粘合受相邻圈之间的接触压力，退火温度和冷却过程中的冷却速率的很大影响。

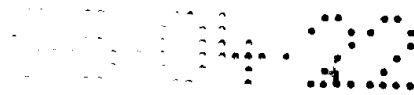
本方法涉及使用设定在尽可能低的卷材卷取拉力以防止卷材伸缩。低如 3,000 磅/英寸²的卷材拉力经验证是可取的。正常的卷材卷取拉力通常在 30,000 磅/英寸²左右。间歇退火操作中得到的特别好的结果(即，最小的焊合)出现在操作温度的降低和卷材卷曲拉力的降低相结合。

为了帮助防止卷材在如此低的卷取拉力时伸缩，优选对不锈钢所绕的卷筒进行改进。在卷筒的一端提供一个平板，使其与卷筒长轴基本垂直。平板可通过如焊接方式固定在卷筒的一端。带材被卷取后，卷筒可以被定位使得平板在卷材下与卷筒长轴基本垂直。平板支撑卷材的重量防止卷材伸缩。

尽管低卷取拉力提供了低的圈 - 对 - 圈压力，对于减少焊合是必不可少的，但本发明另一个重要部分是在实际间歇退火循环中控制炉中相邻带圈之间的压力。

接着在目标温度(需要温度)进行热处理，其后开始冷却期。在该工艺的冷却阶段，卷材外部比内部冷却的快，收缩的多，因此在卷材内各圈的交界面上产生较高的热应力(压力)。该热应力的出现为局部扩散焊接和焊合创造了条件。

通过实验确定，该现象不可避免，但可以通过控制冷却速率将其有效地



降至最小。发现从目标温度到大约 1300 ° F 或更低，大约 20 ° F/hr - 100 ° F/hr 的冷却速率可有效地避免粘合。低于此温度，冷却可在任何温度进行而不会对焊合趋势产生付影响。

5 在处理圈 - 对 - 圈的焊合问题中，若在不锈钢带在间歇退火操作前，涂覆卷材圈分离剂，如玉米淀粉、滑石、氧化镁等，也得到了较好的结果。

10 不考虑所选的奥氏体不锈钢合金，选择的退火温度也应高于碳化物的溶解温度，并足够高以使重结晶完全及得到充分的晶粒长大速度。退火温度也有必要低于间歇退火炉所能达到的最高温度。通常该温度低于 1700 ° F。对于重结晶的发生，其所需最低温度为 1550 ° F。在合适退火温度下的保持时间应足够长允许晶粒生长，得到所需的力学特性。

为维持带材表面的亮度，优选退火在 100 % 氢气氛下实施，其露点保持尽可能低。同时也优选当卷材要退火时，尽量除去卷材各圈之间的残余的冷轧润滑油(rolling oil)。

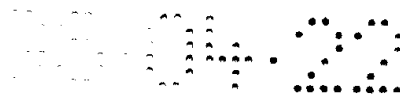
15 在退火循环中，为达到低露点，在退火循环的加热段可以加入一个或多个持续足够长的等温保持阶段以使残余的冷轧润滑油和水分蒸发掉。实验过程中，通常加入两个这样的保持阶段。例如，第一个等温保持阶段在约 700 ° F - 750 ° F 范围内实施，第二个等温保持阶段可在约 900 ° F - 950 ° F 范围内进行。应当选择加热速度和任何一个保持期，以使露点维持低于 - 85 ° F。

20 实施例

T - 201L 不锈钢

25 在实验室对含 0.023 % 重量的碳，0.005 英寸厚的 T - 201L 合金进行了一系列实验。将 8 英寸 × 10 英寸试样块放于碳素钢盒中，在大气压力下经受各种加热循环。研究的参数包括：在 3.5 - 20 个小时内加热到目标退火温度的加热时间，1500 ° F - 1800 ° F 内的目标退火温度以及 0 - 8 小时内的退火期(即，产品维持在目标退火温度的时间)。所用的冷却速率都在间歇退火技术水平的范围内，从 20 ° F/hr 到 100 ° F/hr。一旦钢材的温度降至约 1300 ° F 或更低时，该冷却速率将更陡。这是因为当钢的温度在大约 1300 ° F 以上时，急剧下降的冷却速度在材料中产生热应力，该热应力促进了焊
30 合的发展。

含有 0.023 % 重量的碳 0.004 英寸厚的 T - 201L 不锈钢的实验室结果概



括在表 1 中。表 1 指出满足完全重结晶, 晶粒生长充分(大多数应用中, ASTM 晶粒的大小为大约 6 - 9), 以及碳化物充分溶解的最低条件。这些最低条件包括: 位于 1600 ° F - 1700 ° F 之间的一个目标温度, 和退火温度下在 0 - 8 小时内的均热时间。大的卷材需要大约 12 小时或更长的均热时间。

- 5 当一种合金对腐蚀的抵抗达到可接受的程度时, 则说这种合金具有可接受的抗腐蚀性能。在很大程度上, 腐蚀归因于晶间碳化物的存在, 因此在工业中, 这些性能通常指晶间抗腐蚀性。工业中使用标准测试(称作 ASTM A262 Practice A 和 E)去评估合金的抗腐蚀性和以此确定该抗腐蚀性是否可接受。ASTM A262 Practice A 的结果等级为“初级”(很少或无碳化物沉积), “双重”
10 (中间水平碳化物沉积)或“沟槽”(至少一些晶粒被碳化物沉积包围)。认为“初级”和“双重”是可以接受的, 而“沟槽”级是不可接受的。ASTM A262 Practice E 的结果分为“通过”(可以接受)或“未通过”(不可接受)两个级别。

- 除参考 ASTM A262 Practice A 和 E 的测试方法外, 一种更普遍的评估或对晶间碳化物沉积分级的方式也引入此处作为参考, 特别参考表 1, 3 和 4。
15 对于大多数应用来说, 通常认为“中等”是具有可接受量的碳化物沉积。关于各种级别的可应用的碳化物沉积定义如下:

 “无沉积”: 指如 ASTM A262 Practice A 中说明的初级结构。没有或偶然有碳化物沉积, 晶粒边界无沟槽。

- “痕量”: 指如 ASTM A262 Practice A 中说明的一种双重结构。偶尔在
20 晶粒边界有 10 - 20 % 的碳化物沉积(沟槽没有围住单个晶粒)。

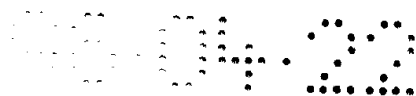
 “轻量”: 指如 ASTM A262 Practice A 中的一种双重结构。晶粒边界偶尔有碳化物沉积, 在 20 % - 40 % 的范围内。(沟槽没有围住个体晶体)。

- “中等”: 指如 ASTM A262 Practice A 中的一种双重结构。晶体边界有碳化物沉积, 其中在个体晶粒边界长度, 小于约 50 % 出现沟槽(沟槽未围住
25 个体晶粒)。

 “大量”: 指如 ASTM A262 Practice A 的一种沟槽结构。晶体边界有碳化物沉积, 其中沟槽围住了一些但非全部的个体晶粒。

 “非常大量”: 指如 ASTM A262 Practice A 中的一种沟槽结构。晶粒边界有碳化物, 大量沟槽围住了大多数或所有的晶粒。

- 30 同时也应注明: 实验过程中, 在一些试样中也检测出了球状碳化物的存在。球状碳化物是热处理过程中偶尔的, 未溶解的少量剩余碳化物。这些球



状碳化物出现在晶粒边界或者作为晶内碳化物出现。实验中，晶内碳化物通常不影响碳化物沉积级别，在评估一个特殊试样中的碳化物沉积是否充分或可接受时也是如此。

表 1

目标温度° F	保持时间, 小时	ASTM 晶粒大小	碳化物沉积
1500	4	10 +	中等
1500	0	- 10	轻量
1650	4	6.5 - 7.5	痕量
1650	8	7.0 - 9.0	轻量
1650	0	10 +	痕量
1650	4	8.5	轻量
1700	8	8.5	轻量
1700	0	8.5 - 9.0	痕量
1700	4	7.5 - 8.5	痕量
1700	0	7.0 - 8.0	无沉积
1800	1	6.0 - 8.5	无沉积

5 同时还进行了 T - 201L 合金的工厂试验, 对 0.005 英寸 × 11 英寸 × 200 磅的小 T - 201L 卷材进行多轮间歇退火, 在 1680° F, 时间为 6 小时, 其中退火循环中卷曲拉力, 退火气的露点和冷却速率是不相同的。典型的间歇退火循环在图 1 中有说明。从这些实验中可以了解到, 卷曲拉力与卷材相邻两圈间的焊合趋势非常有关系, 而退火气的露点在研究范围内对焊合趋势的影响不大。同时还了解到: 冷却速度是很重要的, 较慢的冷却速度有利于减少圈与圈间的焊合。优选低于 100° F/hr 的冷却速率, 最优选冷却速率低于 50° F/hr。

10 接下来进行了工业规模的卷材实验。对三块 0.005 英寸 × 24 英寸 × 至多 10,000 磅的 T - 201L 卷材进行退火实验。选择低碳含量(即在约 0.020 % - 15 0.030 % 重量百分比范围内), 在 1680° F 进行退火, 保温 6 小时, 退火后冷却速率 ≤ 50° F/hr。卷材的卷曲拉力在约 3,000 磅/英寸² - 4,100 磅/英寸² 的范围内。如表 2 所示, 将这些卷材的力学性能与传统的退火产品进行比较。



表 2

退火类型	间歇 - 1,700 lb 卷材		间歇 6, 700 lb 卷材		间歇 10,000 lb 卷材		光亮退火作业线	
厚度	0.005"		0.005"		0.005"		0.005"	
数量	1		1		1		421	
	平均	Sigma	平均	Sigma	平均	Sigma	平均	Sigma
YS, ksi	53.1	1.04	57.5	0.92	55.9	1.10	53.1	2.89
UTS, ksi	122.1	1.48	123.7	1.84	125.3	1.68	126.0	4.36
% 伸长	63.4	1.47	59.3	1.44	60.3	1.83	56.4	5.96

T - 304L 不锈钢

对厚度为 0.003 英寸，碳含量为 0.023 % - 0.028 % 重量的 T - 304L 合金进行了类似实验室实验。此处用到的热处理参数与上述 T - 201L 合金实验中所用到的参数类似。更需特别指出的是，目标退火温度是 1680 ° F - 1800 ° F，而在目标退火温度的退火时间为 0, 6, 或 12 小时。实验室结果示于表 3 中。如表 3 所示，在所有样本中具有大量的晶间碳化物在晶体边界间都发现碳化物沉积，并且这些样本都未通过腐蚀测试(ASTM A262 Practice A 和 E)。由此指出对该种材料而言碳含量太高了。

10

表 3

目标温度 ° F	保温时间 小时	冷却速度	ASTM 晶粒尺寸	碳化物沉积	ASTM A262	
					Practice A	Practice E
1680	0	56F/hr	95 - 10.0	大量	沟槽	失败
1680	6	56F/hr	8.0	大量	沟槽	失败
1680	6	100F/hr	8.5	大量	沟槽	失败
1680	12	50F/hr	7.5	大量	沟槽	失败
1800	6	100F/hr	7.0 - 7.5	大量	沟槽	失败
1800	6	50F/hr	7.0	大量	沟槽	失败

接下来，对含超低量(即，约 0.010 % - 0.015 % w/w)碳化物的 0.015 英



寸厚度的 T - 304L 合金进行实验室测试。目标退火温度在 1550° F - 1800° F 内各自不同。在目标退火温度的退火时间在 0 - 12 小时内。冷却速率 56° F/hr。如表 4 中所示, 即使在 1250° F 经 1 小时敏感度处理后, 这些试样通过了 ASTM A262 Practice A 和 E 的抗腐蚀试验。

5

表 4

目标 温度 ° F	保温 时间 hr.	冷却 速率	ASTM 颗粒尺寸	碳化物 沉积	ASTM A262		力学特性		
					Prac A	Prac E	YS, ksi	UTS ksi	% 伸长
1680	6	56F/hr	5.0 - 8.0	无沉积	初级	通过	34.3	86.6	63.3
1800	6	56F/hr	4.5 - 6.0	无沉积	初级	通过	31.8	85.4	65.0
1550	6	56F/hr	9	中等	双重	通过	41.1	96.0	50.3
1600	6	56F/hr	8.5	无沉积	初级	通过	39.1	92.3	52.8
1600	0	56F/hr	9.5	中等	双重	通过	42.6	97.1	48.3
1650	0	56F/hr	9	痕量	双重	通过	39.5	93.8	49.8
1550	12	56F/hr	8.5 - 9.0	中等	双重	通过	40.1	95.6	48.5
1600	12	56F/hr	8.5 - 9.0	无沉积	初级	通过	38.0	92.2	49.8

对含 0.010 % - 0.015 % w/w 碳化物量的 T - 304L 合金进行工厂实验, 面积 0.004 英寸 × 24 英寸, 4, 000 磅。该卷材在 1560° F 退火 6 小时, 冷却速率 ≤ 50° F/小时。该处所用的最大卷曲拉力为 3, 700 磅/英寸²。表 5 示出了该卷材的力学特性与传统方法产出的产品的比较。

10

表 5

退火方式	间歇 - 4, 000 lb.Coil		作业线退火		作业线退火	
厚度	0.004"		0.004"		0.015"	
数量	1		2		150	
	平均	Sigma	平均	Sigma	平均	Sigma
YS, ksi	35.0	1.0	38.0	1.41	36.3	2.70
UTS, ksi	89.0	1.0	92.0	1.41	90.6	2.76
% 伸长	48.7	2.5	57.0	1.41	58.4	2.82



为了得到重结晶、充分的晶粒生长以及所需的理想的力学特性，冷轧材料必须加热到合金中的碳化物溶解温度以上，并在此温度保温一段时间，以使碳化物充分溶解。碳化物溶解对于“拔掉”新重结晶的颗粒而言是很有必要的，因此使其在合理的速率下得到理想的尺寸。

5 奥氏体不锈钢合金中的较低碳含量允许在较低温度重结晶和晶粒生长。而且，低碳含量允许在加热过程中形成少量碳化物，因此缩短了其溶解时间。在间歇退火过程固有的慢冷却期间，低碳含量对防止在晶粒边缘沉积碳化物起重要作用。

10 在实验的基础上发现，当特定合金中碳的含量足够低时，可采用现有的技术进行商业生产。使用合适的退火循环和其它参数，可得到无晶间碳化物的微结构，因此也没有晶间腐蚀敏感度，并具有可接受的力学性能。

对于被测试的特定合金而言，发现含约 0.02 % - 0.03 % w/w 碳的 T - 201L 合金退火最低的要求是在退火温度 1650 ° F 保温零小时(即，当冷点温度达到目标退火温度时，迅速降低温度至冷却循环)。对于 T - 304L 合金，
15 碳含量大约为 0.01 % - 0.015 %，其最低需求是在约 1550 ° 保温约 6 小时。因此，对于 T - 201L 合金，其碳含量应低于 0.03 %。而对于 T - 304L 合金，碳含量应低于 0.015 % w/w。

虽然本发明描述了进行某种优选的实施方案，但可清楚理解，本发明不仅限于这些实施方案。例如，实施例提供了 T - 201L 和 T - 304L 合金，但
20 是其它合金也可根据本发明退火。事实上，本发明的工艺可用于任意的奥氏体级不锈钢，其中选择化学组成和性能使其在间歇退火炉的上限温度，具有合适的重结晶和晶粒生长。象在此讨论的这样，退火参数必须使在冷却到一定程度时，不发生碳化物沉积。碳化物沉积将使合金的腐蚀和/或力学性能不可接受。

25 虽然已对特定的本发明优选的实施方案进行了描述，但可清楚地明白本发明并不仅限于此，其体现在以下权利要求范围内。

04.22

说明书附图

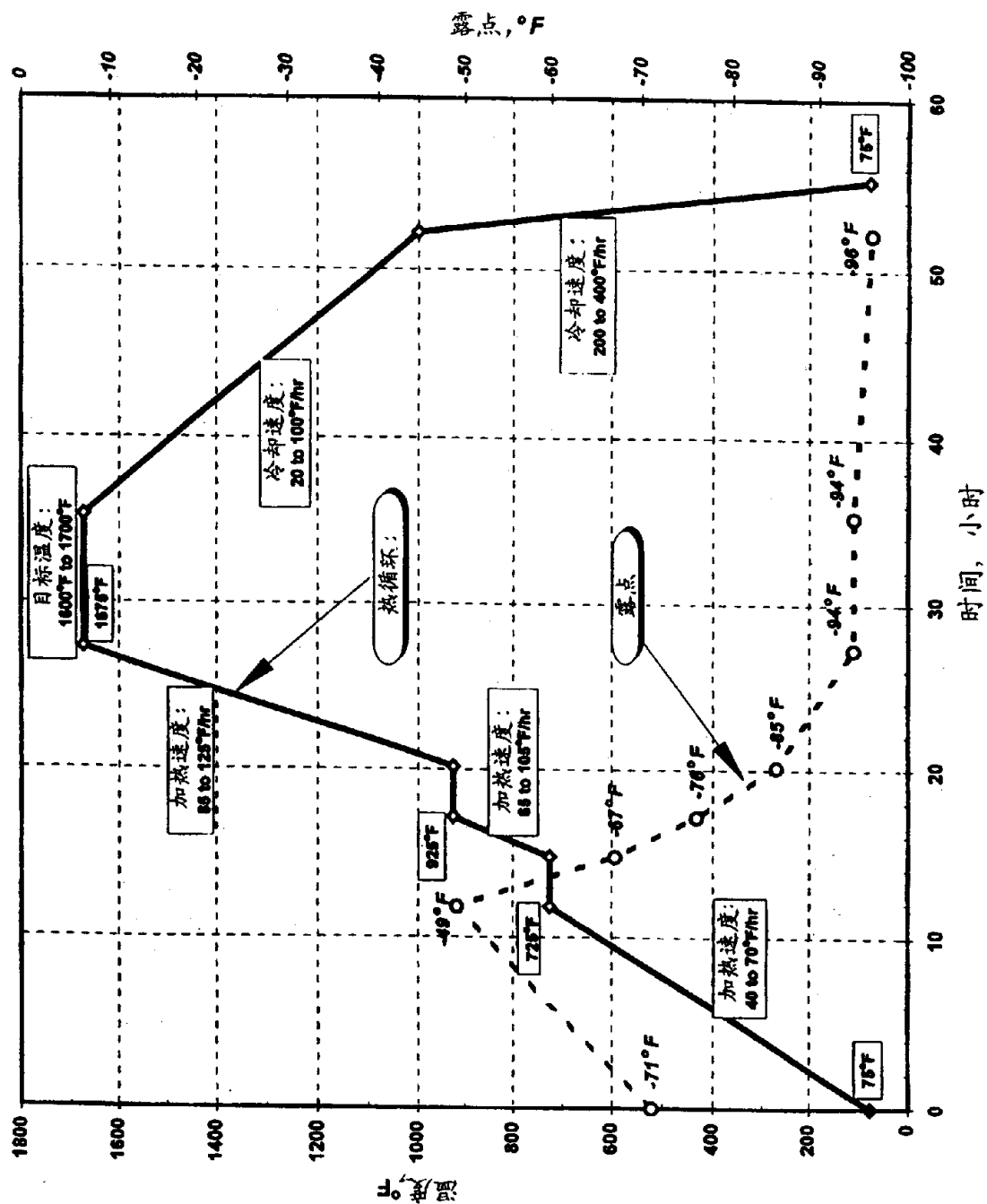


图 1

