

2/-22 太空时代的金属

V414.9

平 生译 王 耆校

免除重力, 物质尽显其秘密

重力是前进的阻力, 特别是对那些力图观察液态金属是怎样混合 (或者是不能混合) 在一起, 以及它们是怎样冷凝成固体的科学家们来说, 更是如此。例如, 为了产生高温电接触, 科学家很希望把金和铑制成合金。另有一些科学家想研究变冷的金属在聚合成确定它们固态形状的晶体结构时原子与原子间的相互作用。

对于这些材料科学家来说, 不幸的是熔融金属的试样中热与重力相互作用的结果会产生上升和下降的物质流, 使有些金属无法形成合金, 并且破坏了纯金属和完全能够混合的金属分子之间的难以捉摸的相互作用。

然而, 在美国航空航天局 (NASA) 的航天飞机上重力只是地球上的一百万分之一, 这些令人气恼的物质流不见了。重力不能分开金属; 液态金属的小珠在失重状态下漂浮着, 导致固体微观结构的原子相互作用尽显露。

因此, 材料科学家便利用了这独一无二的工作环境。在过去的 3 年中, 通过航天飞行的各种实验 (其中也有一些结果是令人失望的) 科学家们找出了一些以前没有研究过的决定金属混合和结晶过程的因素。在这些试验中有一些是用有机物作为金属的替代物。1998 年夏天, 在亚拉巴马州亨茨维尔的 NASA 马歇尔空间飞行中心召开了两次会议, 会上科学家们讨论了他们最近穿梭飞行中的实验。他们所了解的有一天可能有助于改进在地

球上的金属加工。

纽约特洛伊的伦塞勒理工学院 的马丁·E·格利克斯曼、马修·B·科斯和他们的同事为了了解枝蔓晶, 进行了微重力方面的实验。枝蔓晶是当熔融金属变硬时形成的一种有些像雪花的分支结构。它的大小、形状和互相扣住的枝体的取向对最终形成的物质的属性有极大的影响。

格利克斯曼说, 在地球上“重力的确把数据搞乱了”。科学家们通过直接地了解, 在消除重力驱动流动 (即对流) 的条件下搅拌试样, 会发生什么情况, 就能制成更好的分支生长的模型。

他指出: “通过消除对流效应, 我们可以看出分支生长就像纯粹的扩散过程一样。这样, 我们就能够回过头来检验模型的良好程度。”科学家们试图用分支生长的模型来预测金属的强度和展延性。

在他们的实验中, 科学家们用两种透明的有机物质——琥珀腈和新戊酸——来代替许多种金属。琥珀腈能聚合成叫作体心立方的原子结构, 如铁的结构; 而新戊酸则聚合成金属 (其中包括铝和铜) 的面心立方体结构。这些有机化合物和金属不同, 熔融的温度较低, 琥珀腈是在 57°C , 新戊酸是在 36°C , 并且是透明的, 这些特性使科学家可以在它们固化时把过程录制下来。

格利克斯曼说: “能够有一种和金属一样会固化的、透明的有机物是很少有的情况。”

地球的重力通过引起对流, 影响琥珀腈和新戊酸晶体的分支生长速度和形状。科学家希望在航天飞

机上能够比以前更清楚地看到晶体生长的情景。实验的作法是把每种物质各 100 毫升放在一个密闭的舱内, 并且使其温度保持在恰好低于熔点, 然后打开两个摄像机并用一根冷的针刺激该液体, 使分支开始生长。

伦塞勒小组通过从地面控制设备, 在哥伦比亚号航天飞机的 3 次飞行中做了几百次这种实验。在 1994 年和 1996 年的两次飞行中利用琥珀腈做了两次实验。最近的一次实验是在 1997 年的飞行中利用新戊酸做的。格利克斯曼说, 这些实验显示出晶体生长比在地球上慢, 它们所提供的丰富资料现在科学家还在研究。

他报告说, 新戊酸形成了一些“令人惊讶”的形状。在这次飞行之前, 有一些其他科学家曾经怀疑, 新戊酸是否会像金属那样在失重的条件下冷凝。这次成功的结晶过程看来解决了这个争论。格利克斯曼说: “它进行得就像有魔力一样。”

微重力能让金属做出地球上完全不可能的事。伯明翰亚拉巴马大学的巴里·安德鲁斯说, 大约在 20 年前, 科学家们开始重新研究一组已知不能相混的金属。像油和水一样, 这些金属的混杂物根本没法很好地混合起来。如果摇晃它们, 它们就结成小珠, 最后分别沉淀成两层。安德鲁斯说, 所以工程师干脆避免把像铝和铟这样的金属混合在一起, 尽管这种混合可以用来制做耐磨损的轴承。

他还说: “它们还有可能会具有某些卓越的特性。”他推测, 如果把它们彻底混合, 这些本不相混

合的金属就有可能产生新的超导体、磁性物质、或者催化剂。

早期进行的低重力实验——例如，简单说即在高纬度飞行的飞机上进行的实验——表明，熔融的、不相混合的金属即使混杂在一起，仍然会分开，但是分开的方式却不同于一般。这时出现的情况不是密度较大的金属沉淀到容器底部，而是其中一种组分——不一定是密度较大的那种——会向容器壁漂移。冷却了的、固化的试样看上去就像是煮老的鸡蛋一样。

由于使金属向下沉的重力不大，容器壁的引力便取而代之了。粘性较大的金属会粘在容器四周，就像大片的水覆盖在一块窗玻璃上一样。

安德鲁斯想要在空间更仔细地观察这种“润湿”的特性。他决定研究在把铁和铈混合时会发生的几种相互作用。他说：“我们想了解产生这种特性的物理原理”，以便更好地了解有些其他金属不相混合的原因。

他与马里兰州盖瑟斯堡的国家标准与技术研究院的萨姆·R·科里尔合作，设计了另外一个用有机分子模拟金属的低温实验。1997年末航天飞行时，宇航员把两种透明的有机液体——琥珀腈和甘油，分别代表铝和铈——混合起来。科学家们想知道，容器壁对材料的不同组合是否会有不同的影响。

正像它们所代表的金属一样，这两种物质是不相混合的。宇航员把琥珀腈和甘油的12种不同比例的试样放在玻璃片之间，然后把它们加热，再让它们冷却，看它们会有哪些反应。

在这次的飞行实验中，科学家们不像以前他们做金属的实验时那样，在物质固化以后仔细研究试样，而是用一台摄像机把固化过程记录下来。在临界浓度时，录像带显示出琥珀腈小珠向容器壁移动并覆

盖在它上面。安德鲁斯说：“当甘油的比例是50%时，就开始了完全润湿的魔术般的转变。”

这些新的结果是否意味着不相混合的合金可以在空间或地球上成功地互相混合，还有待于进一步研究。安德鲁斯说：“这是关于这种效应的第一批试验中的一次。”最终，“我们希望了解会发生什么情况，或许还能知道些窍门，这样我们就能控制这个过程。”

在1996年哥伦比亚号航天飞机上，科里尔做了金属冷凝过程的计算机模型，而安德鲁斯则用真的金属做实验。宇航员们利用欧洲航天局的一个炉子把铝和铈的3个不同组分的试样加热到摄氏1000℃以上，并使之冷却。在低重力条件下做的初步实验表明，在铝基体内形成了铈纤维。

安德鲁斯说，实验“不像我们所希望的那样顺利”。有些数据丢掉了，还有几个试样形成泡沫。科学家们还在分析这些意外的问题。

根据以前得出的结果，为了把润湿的性能降低到最小，安德鲁斯在1996年的实验中选用了—个氮化铝容器。然而有些科学家则根本不用容器。在1994年和1997年夏季的两次飞行任务中用的是一个叫作电磁无容器操作设备(TEMPUS)。TEMPUS是为德国航天局制造的。它用一个电磁场使直径约7毫米的熔融金属珠浮起。科学家们于是便能加热和冷却这些试样，并测量它们的物理性能。

科隆德国航空航天中心从事该项目研究的一位科学家伊凡·埃格里说“试样完全是球形的。这是在微重力条件下才可能做到的。”球形的试样能提供更准确的测量结果。

无容器的技术使得科学家们能在比地球上更大的温度范围内研究结晶过程。为了进行这种研究科学家们先把试样熔融，再小心地将它

冷却到凝点之下。在美国马歇尔空间飞行中心的从事TEMPUS项目研究的科学家简·R·罗杰斯说：通常“容器上的一点擦伤都会使试样立即固化”。这些擦伤起结核位点的作用，即形成晶体的起始点。

然而，在没有这些缺陷的情况下，熔融的金属小珠冷却到凝固点之下而仍然是液体。罗杰斯说，这样，当科学家们准备好进行测量时，TEMPUS便用一根针刺探试样，以引发结晶过程。

在地球上，无容器操作的设备要求强大的磁场。罗杰斯说：金属的密度大，所以要克服重力把它举起需要很大的力。这些强磁场还容易使试样变热，所以必须再用一股气流使之冷却，因而会产生杂质。

罗杰斯说，TEMPUS的第一次飞行实验“不那么成功”；但是1997年的飞行提供了许多有用的资料。这次飞行TEMPUS处理了18种试样，包括从单独的纯金属到2—5种元素构成的合金。这个遥控设备在比地球上能达到的更低的温度条件下，测量了这些液体的粘度、表面张力和其他物理性能。

科里尔说，从这些研究中收集到的基本资料能够帮助科学家研制出更好的预示金属和金属合金性能的模型。而这些模型则将导致改进金属的加工方法，如提高效率、降低成本，或许还能产生新的、颇有趣性能的合金。

既然微重力能使金属以一种不寻常的方式混合起来，那么在空间是否能够对金属进行商业化的加工呢？安德鲁说，当然可以；但是，“有人买得起它们吗？很可能没有”。看来即使是在空间产生的材料，也还需要在地球上制造它。

(译自美《Science News》98-10-24)

