



[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 96191313.4

[43]公开日 1998年2月4日

[11]公开号 CN 1172466A

[22]申请日 96.10.29

[14]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

[30]优先权

代理人 魏金玺 谭明胜

[32]95.10.30 [33]US[31]60 / 008,064

[86]国际申请 PCT / US96 / 17494 96.10.29

[87]国际公布 WO97 / 16386 英 97.5.9

[85]进入国家阶段日期 97.6.28

[71]申请人 尤尼弗瑞克斯有限公司

地址 美国纽约州

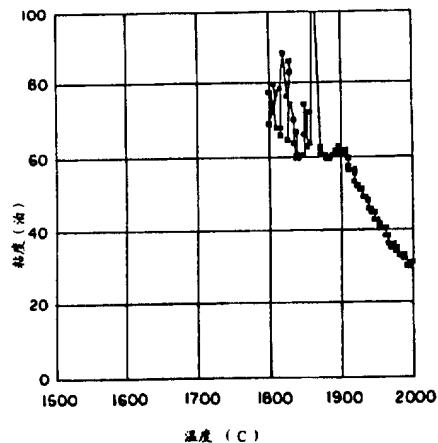
[72]发明人 B·K·佐托斯 R·E·A·阿特金森
J·R·奥尔森

权利要求书 1 页 说明书 21 页 附图页数 11 页

[54]发明名称 耐高温玻璃纤维

[57]摘要

难熔玻璃纤维的使用温度高于 1000℃，直到至少为 1260℃。具有与常规难熔陶瓷纤维可比较的使用后的机械完整性，和在生理体液中是不耐久的。该纤维主要由氧化硅、氧化镁和任选的氧化锆的产物组成，可由熔体制成。该纤维还可任选地含有粘度调节剂。



权 利 要 求 书

1. 使用温度至少可达 1260 °C 的低收缩性难熔玻璃纤维，该纤维在暴露于使用温度之后仍能保持机械完整性，和在生理体液中是不耐久的，该玻璃纤维主要由约 65 - 86 % 重量的氧化硅，约 14 - 35 % 重量的氧化镁，0 - 约 11 % 重量的氧化锆，和任选地有效量的粘度调节剂的产物组成。
2. 权利要求 1 的纤维，其中纤维主要由约 69 - 80 % 重量的氧化硅，约 20 - 31 % 重量的氧化镁，0 - 约 7 % 重量的氧化锆，0 - 约 2 % 重量的氧化铝和 0 - 约 1 % 重量的氧化硼的产物组成。
- 10 3. 权利要求 1 的纤维，其中纤维主要由约 70 - 79 % 重量的氧化硅，约 20 - 29 % 重量的氧化镁，约 1 - 5 % 重量的氧化锆，0 - 1.5 % 重量的氧化铝和 0 - 约 1 % 重量的氧化硼的产物组成。
4. 权利要求 1 的纤维，主要由约 70 - 77.5 % 重量的氧化硅，约 15.5 - 30 % 重量的氧化镁，0 - 约 6 % 重量的氧化锆的产物组成。
- 15 5. 权利要求 1 - 4 的任一纤维，该纤维含有少于约 1 % 重量的氧化钙杂质，以 Fe_2O_3 计含有少于约 0.4 % 重量的氧化铁杂质，和基本上不含碱金属氧化物。
6. 权利要求 1 的纤维，其中氧化锆是以能限制使用温度后粒度的有效量存在。
- 20 7. 权利要求 1 - 6 的任一纤维，该纤维显示出晶体粒度小于 2 微米。
8. 权利要求 1 - 7 的任一纤维，其中所述纤维显示出在 1260 °C 下的收缩率少于约 4.5 %。
9. 权利要求 1 - 8 的任一纤维，其中该纤维的 0.1 克样品受到 0.3 毫升/分流量的 37 °C 的模拟肺液作用时显示出至少 $30\text{ng}/\text{cm}^2\cdot\text{hr}$ 的溶解度。
- 25 10. 权利要求 1 - 9 的任一低收缩性难熔玻璃纤维的制造方法，该纤维的使用温度至少可达 1260 °C，在暴露于使用温度之后，纤维仍能保持机械完整性，和在生理体液中是不耐久的，该方法包括：
形成成分主要由氧化硅、氧化镁、任选的氧化锆和任选的有效量的粘度调节剂组成的熔体，和
由熔体制成纤维。
- 30 11. 权利要求 10 的方法，该方法包括由熔体纺丝制成纤维。
12. 权利要求 10 的方法，该方法包括由熔体喷丝制成纤维。

说 明 书

耐高温玻璃纤维

技术领域

5 本发明是指向耐高温的玻璃纤维，这种纤维可用作绝热和隔声材料，这种材料的使用温度极限至少可达到 1260 °C。更具体地，本发明是指向一种易于制造的耐高温纤维，这种纤维在暴露于工作温度之后，显示出很低的收缩性，并能保持良好的机械强度，同时在生理体液中不耐久。

10 发明背景

绝缘材料工业现已确定，想利用纤维来绝热和隔声，而这种纤维在生理体液，例如肺液中不是耐久的。虽然也已提出一些备选材料，但这些材料的使用温度极限不够高，不适应于耐高温纤维的许多应用，其中包括耐火玻璃纤维和陶瓷纤维。尤其是，为了对绝缘制品提供有效的热保护，耐高温纤维在预期的暴露温度下应该显示出最低的线收缩。

15 已经提出了人造玻璃纤维材料系列中的许多组合物，这些组合物在生理介质中是可分解的。这些玻璃纤维一般都含有有效量的碱金属氧化物，这常常导致低的使用温度极限。

加拿大专利申请 2017344 叙述了由玻璃形成的具有生理溶解度的玻
20 璃纤维，这种玻璃含有必要组分的氧化硅、氧化钙和 Na₂O，含有优选组分的氧化镁和 K₂O 以及含有任选组分的氧化硼、氧化铝、氧化钛、氧化铁和氟化物。

国际申请公开 WO 90/02713 叙述了可溶于盐溶液的矿物纤维，这种纤维的组成包括氧化硅、氧化铝、氧化铁、氧化钙、氧化镁、Na₂O 和 K₂O。

美国专利 5,108,957 叙述了可制成纤维的玻璃组合物，含有必需组分的氧化硅、氧化钙、Na₂O 加 K₂O 以及氧化硼，和任选组分的氧化铝、氧化镁、氟化物和 P₂O₅，它在生理介质中是能够降解的。该专利叙述了磷的存在，磷具有增加纤维在生理介质中分解速度的效应。

30 在提到磷对促进矿物纤维的生物学溶解度效果的其它专利包括国际申请公开 WO 92/09536，此公开叙述了主要含有氧化硅和氧化钙，但是任选地含有氧化镁和 Na₂O 加 K₂O 的矿物纤维，在这种纤维中氧化磷的

存在减少了铝和铁对玻璃基体的稳定化影响。这些纤维典型地是在低于难熔陶瓷纤维的温度下进行生产的。我们观察到在对于耐高温纤维所需要的熔体温度下（1700 - 2000 °C），含量低达百分之几的氧化磷能引起炉内组分的严重降解和/或侵蚀。

5 加拿大专利申请 2043699 叙述了几种纤维，这些纤维在生理介质存在时会分解，它们含有氧化硅、氧化铝、氧化钙、氧化镁、P₂O₅，任选地还可含有氧化铁，和 Na₂O 加 K₂O。法国专利申请 2662687 叙述了矿物纤维，这些纤维在生理介质存在时会分解，它们含有氧化硅、氧化铝、氧化钙、氧化镁、P₂O₅、氧化铁和 Na₂O + K₂O + TiO₂。

10 美国专利 4, 604, 097 叙述了一种生物可吸收的玻璃纤维，这种纤维一般包含氧化钙和五氧化二磷的二元混合物，但是还有其它的组分，例如氟化钙、水、和一种或多种氧化物，例如氧化镁、氧化锌、氧化锶、氧化钠、氧化钾、氧化锂或氧化铝。

15 国际申请公开 WO 92/07801 叙述了一种包含五氧化二磷和氧化铁的生物可吸收玻璃纤维。一部分 P₂O₅ 可被氧化硅代替，一部分氧化铁可被氧化铝代替。纤维任选地含有选自 Ca、Zn 和/或 Mg 的二价阳离子化合物，和选自 Na、K 和/或 Li 的碱金属阳离子化合物。

20 美国专利 5, 055, 428 叙述了一种钠钙硼铝 - 硅酸盐玻璃纤维组合物，这种组合物可溶于人造肺液中。氧化铝含量随着氧化硼的增加和氧化硅、氧化钙、氧化镁、K₂O 和任选地 Na₂O 的调节而减少。其它的组分可以包括氧化铁、氧化钛、氟、氧化钡和氧化锌。

25 国际申请公开 WO 87/05007 叙述了一种矿物纤维，这种纤维在盐溶液中具有溶解度，这包括氧化钙、氧化铝、氧化镁和任选地氧化铝。国际申请公开 WO 89/12032 叙述了矿物纤维，这种纤维在生理盐溶液中具有可提取的硅，并包括氧化硅、氧化钙、任选的氧化镁、碱金属氧化物、和一种或多种氧化铝、氧化锆、氧化钛、氧化硼和氧化铁。

30 国际申请公开 WO 93/15028 叙述了玻璃纤维，这种玻璃纤维是盐可溶的，它的一种用法是暴露于 1000 °C 和/或 800 °C 达 24 小时，而结晶形成透辉石，其组成以重量百分数计为氧化硅 59 - 64，氧化铝 0 - 3.5，氧化钙 19 - 23 和氧化镁 14 - 17；它的另一种用法是结晶成硅灰石/假硅灰石，其组成以重量百分数计为氧化硅 60 - 67，氧化铝 0 - 3.5，氧化钙 26 - 35 和氧化镁 4 - 6。

可是在上述专利或专利申请公开中所叙述的纤维是在它们的使用温度方面受到限制的，因此不适合于高温绝缘应用，例如用于高于 1000 °C 使用的炉衬，也不适合于增强应用，例如金属基体复合物和摩擦应用。

以不耐久纤维化学为基的产物由 Unifrax 公司（尼亚加拉瀑布、纽约）
5 在市场销售、商标名称为 INSULFRAX，标称重量百分组成是 65 % SiO₂，
31.1 % CaO，3.2 % MgO，0.3 % Al₂O₃ 和 0.3 % Fe₂O₃。热陶瓷公司出售另一种产品（该公司位于佐治亚州奥古斯塔），商标为 SUPERWOOL，
按重量计组成为 58.5 % SiO₂，35.4 % CaO，4.1 % MgO 和 0.7 % Al₂O₃。
该材料具有 1000 °C 的使用极限，大约在 1240 °C 的温度下熔化，该温度
10 太低，对于上述的高温绝缘并不合乎需要。

国际申请 WO 94/15883 公开了具有附加组分 Al₂O₃、ZrO₂ 和 TiO₂ 的 CaO/MgO/SiO₂ 纤维，研究了这种纤维的盐溶解度和耐熔性。该申请文件说明盐溶解度显然是随着 MgO 量的增加而增加，而 ZrO₂ 和 Al₂O₃ 对于溶解度是不利的。TiO₂（0.71 – 0.74 摩尔 %）和 Al₂O₃（0.51 – 0.55 摩尔
15 %）的存在导致纤维不能满足在 1260 °C 时的 3.5 % 或更低的收缩标准。该文件进一步说明，SiO₂ 含量太高的纤维很难形成或者不可能形成，并列举具有 70.04、73.28 和 78.07 % SiO₂ 的样品为不能制成纤维的实例。

除了在绝缘使用的纤维中有着重要意义的收缩特征所表示的耐高温之外，在暴露于使用或工作温度期间和之后，也需要纤维具有机械强度特征，这将在使用时允许纤维保持其结构的完整性和绝缘特征。
20

纤维机械完整性的一个表征是纤维使用后的脆性。纤维越脆，也就是说，纤维越是容易压碎或破碎成粉，则纤维具有的机械完整性就越差。我们已观察到，通常显示出既耐高温又在生理体液中不耐久的难熔纤维也显示出使用后的高脆性。这导致纤维在暴露于工作温度之后缺乏能够
25 提供必要的结构，以实现其绝缘目的的强度或机械完整性。

我们已发现，确实显示出良好的机械完整性的耐高温，不耐久纤维在暴露于工作温度之后产生很小尺寸的或精细的结晶显微结构。纤维机
械完整性的其它量度还包括压缩强度和压缩复原。

表现在耐久性、温度收缩和强度特征的指标的难熔玻璃组合物，无论如何，通过它的组分的熔体的纺丝或喷丝都难以实现纤维化。
30

因此本发明的一个目的是提供耐高温难熔玻璃纤维，这种玻璃纤维很容易从具有适于纤维纺丝和喷丝粘度的熔体进行制造，并且在生理体

液中不耐久。

本发明的又一目的是提供耐高温的难熔玻璃纤维，这种玻璃纤维在生理体液中不耐久，而在暴露于工作温度之后也显示出良好的机械强度。

5 本发明的又一目的是提供耐高温的难熔玻璃纤维，该玻璃纤维在生理体液中不耐久，而且在使用后也显示出很低的脆性。

本发明的又一目的是提供耐高温的难熔玻璃纤维，该玻璃纤维在生理体液中不耐久，在初始暴露于工作温度之后就优选地显示出小尺寸或精细的显微结构。

10 本发明的又一目的是提供耐高温的难熔玻璃纤维，该玻璃纤维在生理体液中不耐久，而且在暴露于工作温度之后，显示出很好的压缩强度和压缩复原。

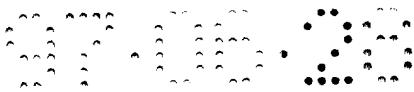
发明概述

提供了在生理体液中不耐久的耐高温难熔玻璃纤维。该玻璃纤维在
15 模拟的肺液中的溶解度要比标准的铝硅酸盐难熔陶瓷纤维高 4 - 150 倍，并显示出至少 1000° - 1260 °C，或者更高温度的使用极限。如下所述的本发明纤维在这样高的温度下保持达 24 - 168 小时，仅发生约小于 6 % 的线性收缩，优选的情况下小于约 4.5 % 的线性收缩，最优先地小于约 3 % 的线性收缩。本发明的纤维在暴露于工作温度之后仍保留机械
20 强度。与本技术领域的教导不同，满足可纤维化、难熔和不耐久要求的本发明纤维已得到确认，其中，该组合物含有 SiO_2 ，其含量范围在 70 - 86 % (重量)。

根据本发明，提供了低收缩性的难熔玻璃纤维，这种纤维以硅酸镁体系为基，使用温度至少达 1260 °C，在暴露于使用温度这后，仍能保持
25 机械完整性，和在生理体液中，例如肺液中是不耐久的。

根据本发明的一个实施方案，在体液中不耐久的难熔玻璃纤维主要由约 65 - 86 % 重量的氧化硅、约 14 - 35 % 重量的氧化镁、0 - 约 11 % 重量的氧化锆以及任选的有效量的粘度调节剂的产物组成。粘度调节剂可以选自氧化铝、氧化硼和它们的混合物。纤维不应含有高于约 1 % 重量的氧化钙杂质和约 0.4 % 重量的氧化铁杂质 (以 Fe_2O_3 计)。

本发明的纤维优选地基本上不含碱金属，不含大于痕迹量的杂质。应该限制氧化铁和氧化钙的含量到可能的程度。



本发明提供制造具有使用温度至少达 1260 °C 的难熔玻璃纤维的方法，该纤维在暴露于工作温度之后能保持机械完整性，并且在生理体液中是不耐久的，该方法包括：

5 制成成分主要由约 65 - 80 % 重量的氧化硅、约 14 - 35 % 重量的
氧化镁、0 - 约 11 % 重量的氧化锆和任选的有效量的粘度调节剂组成的
熔体，和

由熔体制造纤维。

用于生产本发明纤维的熔体组合物将提供适合于纤维纺丝和喷丝以
及适合于控制所得到纤维的晶体结构的熔体粘度，以便在暴露于工作温
10 度之后仍能保有机械强度。

13 个图的简要说明

图 1A 是市售的铝硅酸盐纺丝纤维熔体化学的粘度对温度的曲线。

图 1B 是市售的铝硅酸盐喷丝纤维熔体化学的粘度对温度的曲线。

15 图 2 是具有 75 % 重量的氧化硅的氧化镁 - 氧化硅 - 氧化锆纤维熔体
化学的粘度对温度的曲线。

图 3 是具有 70 % 重量的氧化硅的氧化镁 - 氧化硅 - 氧化锆纤维熔体
化学的粘度对温度的曲线。

图 4 是具有 75 % 重量的氧化硅和 1 % 重量添加的氧化铝的氧化镁 -
氧化硅 - 氧化锆纤维熔体化学的粘度对温度的曲线。

20 图 5 是具有 1 % 重量添加氧化铝的优选的氧化镁 - 氧化硅 - 氧化锆
纤维熔体化学的粘度对温度的曲线。

图 6 是优选的氧化镁 - 氧化硅 - 氧化锆纤维熔体化学的粘度对温度
的曲线。

25 图 7 是优选的氧化镁 - 氧化硅 - 氧化锆纤维熔体化学的粘度对温度
的曲线。

图 8 是在暴露于 1426 °C 温度下 24 小时之后含有硅酸铝锆的陶瓷
纤维的扫描电子显微图。

图 9 是在暴露于 1260 °C 的温度下 24 小时后的含有高岭土的陶瓷
纤维的扫描电子显微图。

30 图 10 是在暴露于 1260 °C 的温度下 24 小时之后含有硅酸钛钙的玻
璃纤维的扫描电子显微图。

图 11 是在暴露于 1260 °C 的温度下 24 小时后，本发明玻璃纤维的

扫描电子显微图。

图 12 是本发明玻璃纤维截面的扫描电子显微图。

图 13 是含有硅酸铝锆 (AZS) 的陶瓷纤维截面的扫描电子显微图。

发明详述

5 根据本发明，提供了用作绝热或隔声材料的难熔玻璃纤维，这种纤维的使用温度极限大于 1260 °C，和在生理体液中，例如肺液中是不耐久的。生理体液中不耐久的含义指的是此种纤维在体外试验期间至少部分地溶解在这样的体液中（例如模拟肺液中）。

10 为使玻璃组合物成为生产满意的耐高温难熔纤维产物的可行的候选物，这种待生产的纤维必须是可制造的，在生理体液中充分可溶的，并能够承受高温作用而收缩极小和完整性丧失也极小。为了确定能满足这些指标的材料，使用一组筛选试验来找出能显示出这些指标特性的纤维。这些试验包括 (a) 粘度/纤维化，(b) 耐久性，(c) 在温度作用下的收缩，和 (d) 工作后的脆性、强度和回弹性。

15 “粘度”指的是玻璃熔体抗流动或剪切应力的能力。粘度 - 温度关系在确定使给定玻璃组合物是否有可能进行纤维化方面是至关紧要的。最佳粘度曲线在纤维化的温度下将有低的粘度 (5 - 50 泊)，并且随着温度的减小粘度逐渐增加。如果在纤维化温度下熔体不够粘（也就是说太稀），结果得到的是短细纤维，未纤维化的材料（原料）占有很高的比例。如果在纤维化的温度下，熔体太粘，则所得到的纤维将非常粗（直径大）而短。

20 粘度取决于熔体化学，用作粘度调节剂的元素或化合物也影响粘度。对于这种纤维化学体系，我们已发现氧化铝和氧化硼起着粘度调节剂的作用，粘度调节剂可以使纤维易于进行纺丝或喷丝。可是根据本发明，这样的粘度调节剂，无论从类型或用量来看，对于喷丝或者纺丝纤维的溶解度、抗收缩或机械强度都不应产生不利的影响。

25 粘度 - 温度关系图可以用粘度计测量，该粘度计应能够在高温下操作。此外，合适的粘度分布也可以用常规的实验推出，检查所制造纤维的质量（指数，直径，长度）。

30 耐久性试验是检测纤维在模拟人肺的温度和化学条件下的质量损失的速度 (ng/cm² - hr)。该试验由约 0.1 克受到 0.3 毫升/分流量的模拟肺液 (SLF) 的作用的脱粒化 (de - shotted) 纤维组成。为了模拟人

体的温度，整个试验系统保持在 37 °C。试验最好持续约 2 ~ 4 周。

在 SLF 流过纤维之后，收集流体，使用电感耦合等离子谱对玻璃的组分进行分析。“空白” SLF 样品也进行测量，用于对 SLF 中存在的元素进行校正。一旦获得这些数据，就能计算出纤维在所研究的时间间隔 5 内质量损失的速度。

将纤维湿法形成一垫片，来试验纤维的收缩性，利用卡尺测量垫片的长度和宽度（典型情况下 3 × 5 英寸），将垫片放入炉中，渐渐升温到一定的温度，并保持一定的时间。在加热后，再测量垫片，以确定已发生的尺寸的任何变化。

10 在这样的一个试验中，制造若干垫片，其方法是使约 427 克的纤维，27.2 克的苯酚粘结剂和约 4 加仑的水相混合，将混合物注入板模中，将水从模的底部排出。垫片干燥，切割成尺寸为 3 英寸 × 5 英寸 × 1 英寸的小片，仔细地测量小片的长度和宽度，小片放入炉中，升温到 1260 °C 达 24 小时，168 小时或 672 小时。在冷却后，测量横向尺寸，比较“前” 15 和“后”的测量值，以确定线性收缩。如果纤维是以毡的形式得到的，那未直接对毡进行测量，无需形成垫片。（这样的毡的收缩尺寸就与垫片的收缩尺寸有关，但不相等）。

使用后的脆性指的是纤维在暴露于高温之后保持其机械完整性的能力。这是一个很重要的性能，因为在任何的应用中，纤维必须承受自重， 20 由于运动的空气或气体的作用，也需要能够抗磨损。通过目测和触觉观测提供纤维完整性和机械强度的指示，又通过受温度作用使用过的纤维的这些性能的机械测量也能提供上述的指示。

通过两个试验：压缩强度和压缩复原来指示收缩垫工作后的完整性。这些试验分别测量了垫片变形的难易程度和在压缩 50 % 之后衬垫显示的回弹量（或压缩复原）。 25

由本发明的纤维制备的收缩垫在 1260 °C 的温度下加热 24 小时或 168 小时，然后使用 Instron 试验装置进行压缩试验。直径 2.5 英寸的圆柱形压头压入收缩垫内，直到垫片被压缩到原来厚度的一半为止。此时停止十字头，记录压缩期间出现的最高负荷（以磅/英寸²计）。

30 然后慢慢倒转十字头的行程方向，并使圆柱形压头从收缩垫中退出，直到荷载读数等于零为止。记录 50 % 压缩点到零负荷点之间的行程距离，并以原始垫片厚度的百分数表示。这个数值是纤维垫回弹量的指

示。

根据该试验的标准，性能差的垫片将具有低的压缩强度值，这表明垫容易被压缩，和垫的压缩复原值很低，这表明垫片一旦变形，则它很少能复原。相反，具有高值的这些参数的垫/纤维组合物显示出很好的机
5 械强度，这种组合物被认为是良好的实施。理想的纤维将具有在与标准的，工业铝硅酸盐纤维可比较的指标范围内的压缩强度，并且还同时具有高的压缩复原，即高回弹性。

玻璃纤维一般象制造时那样，是无定形的，当加热到使用温度时，玻
10 璃纤维发生结晶，从局部上看，所得到的晶体大小会影响纤维的机械性
质。已经观察到，高强度的回弹纤维在灼烧后显示出很小的粒度。灼烧
后易碎的纤维则典型地具有很大的颗粒。

使用后颗粒度的一种测量方法如下进行。纤维样品在 1260 °C 的温度
下灼烧（典型情况达 24 小时）。灼烧过的样品固定在环氧树脂上，让环
15 氧树脂硬化。然后环氧树脂载片进行抛光，以提供纤维的光滑截面。这
种抛光过的载片然后使用电子扫描显微镜进行检查，电子显微镜以反散
射电子成象图或二次电子成象图进行工作（两个成象图哪一个都能给出
结晶各个阶段之间最好的对比度）和拍摄显微金相照片。

横跨显微照片（一般按对角）划线计算晶体与这条线的交点数。测
量此线的长度，并根据显微照相图的标尺将长度转化为微米。例如画在
20 1000 倍显微照片上的 5 厘米线条将以 5/1000 厘米或 50 微米进行度量。
用晶交点数除线条长度，以便给出每个晶体的近似尺寸。

在某些场合下，晶体尺寸太小或者边界太弥散不清，以致不能使用
此法进行测量。在这样的情况下，可与显微图上的微米尺进行比较，以
估算出“典型”晶体的尺寸。

25 我们已发现，氧化锆加入硅酸镁纤维中，含量达约 11 % 重量，能改
善使用后的显微结构，并能降低所得到的不耐久的难熔玻璃纤维的脆
性。我们还已发现，当这种纤维受到高达 1260 °C 的温度作用达 24 小时
时，氧化锆在这种纤维中的加入也导致很小尺寸的显微结构的形成。这
种小尺寸的或精细的显微结构在受到使用温度作用后，将提供良好的纤
30 维机械完整性。延长使用温度的作用时间，这种显微结构可以稍稍变粗；
可是，相对于其它的不耐久的耐高温的纤维，这些纤维在这样延长的工作
温度作用后，仍保持了它们改进的机械特性。

小颗粒度可以改进纤维强度的机制就是造成了具有较小的不均匀性的纤维，因为小粒纤维比粗粒纤维具有更光滑的表面。表面裂痕可以起着应力的引发物的作用，并提供了纤维易于断裂的位点。

虽然已知氧化锆会减少玻璃在 SLF 中的溶解速度，但在本发明的纤维中，表明这种效应是足够小，以致所得到的纤维在 SLF 中将能显示出所期望的溶解度。

在 SLF 中的不耐久性，也就是在 SLF 中的溶解度，和保持受到 1260 °C 的工作温度作用后的机械完整性的结合，并未被该产业其它人士所公开的或使用的纤维所证实过。本发明还通过将高达 11 % 重量的用于改进结晶作用的 ZrO_2 加入到生产的熔体中，和依靠析晶作用，也就是加热至工作温度，来控制纤维的显微结构。

上述纤维在模拟肺液中的耐久性分析表明，这些纤维要比正常的难熔陶瓷纤维，例如铝硅酸盐（约 50/50 % 重量）和铝 - 氧化锆 - 硅酸盐或 AZS（约 30/16/54 % 重量）更不耐久的多。

根据本发明的不耐久难熔玻璃纤维是使用标准玻璃和陶瓷纤维制造方法制造的。原料，例如氧化硅，任何适合的氧化镁源，例如顽辉石、镁橄榄石、氧化镁、菱镁矿、煅烧菱镁矿、锆酸镁、方镁石、块滑石、或滑石和任何适合的氧化锆源，例如二氧化锆矿、锆酸镁、锆石或氧化锆，以选定的比例从料斗输送到炉中，原料在炉中熔化，使用纤维化喷咀进行喷丝或纺丝，操作是间歇式或连续式。

熔体的粘度可以任选地利用粘度调节剂的存在进行控制，该熔体粘度要足以提供所期望应用要求的纤维化。原料中可以有粘度调节剂，它供给熔体的主要组分，或者至少可以部分地单独加入。根据熔炉条件，包括炉的尺寸（SEF），浇注速度，熔体的温度，停留时间等来确定原料所需要的粒度。

根据本发明的一个实施方案，难熔玻璃纤维能够经受至少高达 1260 °C 的使用温度，线性收缩约小于 6 %，优选地约小于 4.5 %，显示出很低的使用后的脆性，在生理体液中，例如肺液中不耐久。纤维最优先的收缩约小于 3 %。本发明的不耐久的难熔玻璃纤维主要由约 65 % - 86 % 重量的氧化硅、约 14 % - 35 % 重量的氧化镁、0 - 约 11 % 重量的氧化锆和任选有效量的粘度调节剂的产物组成。纤维不应含有多于约 1 % 重量的氧化钙杂质和不应含有多于约 0.4 % 重量的氧化铁杂质（以 Fe_2O_3

计）。粘度调节剂可以选自氧化铝、氧化硼和它们的混合物。可以使用其它的元素或化合物作为粘度调节剂，当它们加入熔体中时会影响熔体粘度，以致与如下文讨论的易于纤维化的熔体的粘度/温度曲线的分布或形状相逼近。

5 实例 1 - 2

试验下列的组合物，以便进一步评估氧化锆对硅酸镁组合物性能的影响。具有如下提出的额定百分重量组合物的样品在 1260 °C 的温度下热处理达 24 小时。

表 1

	SiO ₂ :	MgO :	ZrO ₂
实例 1	75	14	11
实例 2	75	19.5	5.5

检验这些样品，发现具有为提供良好的工作后机械强度所良好的显微结构。

15 比较例 A

具有额定组成 71.5 % 重量 SiO₂, 24.5 % 重量 CaO, 3.2 % 重量 Al₂O₃ 和 0.1 % 重量 TiO₂ 的纤维进行试验，发现它满足耐久性和收缩的指标。可是迅速加热时，这种纤维受到损坏。我们已经从理论上推断出这种样品的受损是由于纤维中晶体成核作用很差和/或氧化铝杂质过量所致。

20 比较例 B

制造了具有组成为 75.3 % 重量的 SiO₂ 和 21.0 % 重量 CaO 的纤维，组成中 1.5 % 重量的 TiO₂ 是作为成核剂加入的，这种纤维符合耐久性和收缩指标，且能耐受迅速加热。可是，这种材料使用后具有过度脆性，显示出很差的回弹性并且一触及即破碎。

25 样品在 1260 °C 的温度下热处理 24 小时。扫描电子显微镜结构分析揭示出含氧化钛的结构具有较粗的显微结构。

30 氧化钛对硅酸钙纤维使用后的完整性具有很强的负面影响。在含量为 1.5 % 重量时，氧化钛引起了颗粒显著的增长，并且使用后具有很高的脆性（也就是说，很低的机械强度）。相反，与短期加热后（少于约一个月）的含氧化钛纤维相比，改进了含氧化锆纤维的使用后的完整性。

粘度对温度的关系

玻璃组合物的粘度对温度曲线的形状代表了熔体纤维化的容易程

度，因此代表了所得纤维的质量（例如影响了纤维的注料量，纤维的直径和纤维的长度）。在高温下，玻璃通常具有很低的粘度。随着温度的降低，则粘度增加。给定温度下的粘度值将是作为组成的函数而变化，粘度对温度曲线的总斜率也是作为组成的函数而变化。

5 试验限定组成的纤维是否能够在可接受的质量水平下易于进行制造的一种方法是，要确定实验化学的粘度曲线是否与能够易于纤维化的已知产物的粘度曲线相符合。图 1A 和图 1B 给出了这样的特定的粘度曲线，图 1A 是市售的铝硅酸盐的纺丝纤维的粘度曲线，图 1B 是市售的铝硅酸盐喷丝纤维的粘度曲线。

10 图 2 表示出由 75 % SiO_2 , 5.5 % ZrO_2 和 19.5 % MgO (按重量计) 组成的氧化镁 - 氧化锆 - 氧化硅纤维熔体化学的粘度曲线。1800 - 1900 °C 的曲线杂波区据信是由于相分离或出现固化作用造成的。图 3 表示了 70 % SiO_2 , 5.5 % ZrO_2 , 24.5 % MgO 熔体化学的类似曲线。图 2 和图 3 的比较表明 SiO_2 含量下降 5 % 导致了粘度的减小，可是，没有一条曲线与图 1A 的特定粘度曲线接近。图 4 表明了将 1 % 重量的 Al_2O_3 加入图 2 的组成中的影响。少量的 Al_2O_3 的加入引起了粘度曲线向下位移，使相分离区朝着低温方向移动。虽然这里未示出，但是加入少量的 B_2O_3 (约达 1 % 重量)，观察到了类似粘度的移动。

20 调节氧化镁 - 氧化锆 - 氧化硅化学的 SiO_2 和 Al_2O_3 的含量，有可能得到图 5 所示的 72.3 % SiO_2 , 5.4 % ZrO_2 , 21.3 % MgO , 1 % Al_2O_3 按重量计的熔体化学的粘度曲线，此粘度曲线在 1800 - 2000 °C 之间(有效的纺丝温度范围)在形状方面几乎与图 1A 所示的铝硅酸盐纺丝化学的粘度曲线相同。在这样低的含量下， Al_2O_3 和 B_2O_3 的加入对本发明纤维性能特性的影响最小，但是在调节熔体粘度和改进纤维质量方面都是很有效的。

25 图 6 表示了包含 73.5 % 氧化硅，23 % 氧化镁，和 3.5 % 氧化锆 (按重量计) 的氧化镁 - 氧化锆 - 氧化硅纤维熔体化学的粘度曲线。图 7 表示了包含 73.5 % 氧化硅和 26.5 % 氧化镁 (按重量计) 的氧化镁 - 氧化硅纤维熔体化学的粘度曲线。这两个图的曲线与图 1B 的市售的铝硅酸盐喷丝纤维的特性粘度曲线接近。根据本发明，这些纤维熔体化学非常适合于常规纺丝和喷丝技术的纤维化。

实例 3

根据本发明，具有至少 1260 °C 使用温度的所需收缩和机械强度特征的不耐久难熔玻璃纤维适于从列于下表 II 的组合物的熔体进行纤维化。

表 II

	组合物	A	B	C
5	SiO ₂	72.3 %	72.2 %	72.2 %
	MgO	21.3	21.2	21.2
	ZrO ₂	5.4	5.3	5.3
	Al ₂ O ₃	1.0	1.3	0.8
	B ₂ O ₃	---	---	0.5
10	CaO	<1	<1	<1
	Fe ₂ O ₃	<0.3	<0.3	<0.3

根据本发明，不耐久的难熔玻璃纤维，优选地主要由约 65 - 86 % 重量的氧化硅，约 14 - 35 % 重量的氧化镁，0 - 约 11 % 重量的氧化锆，0 - 约 3 % 重量的氧化铝和 0 - 约 2 % 重量的氧化硼的产物组成的。具有 15 低于约 2 % 重量氧化铝的纤维显示出更优越的性能。

在更优选的范围内，不耐久的难熔的玻璃纤维主要由 69 - 80 % 重量的氧化硅，约 20 - 31 % 重量的氧化镁，0 - 约 7 % 重量的氧化锆，0 - 约 2 % 重量的氧化铝和 0 - 约 1 % 重量的氧化硼的产物组成。

在最优选的范围内，不耐久的难熔玻璃纤维主要由约 70 - 79 % 重量的氧化硅，约 20 - 29 % 重量的氧化镁，约 1 - 5 % 重量的氧化锆，0 - 约 1.5 % 重量的氧化铝，和 0 - 约 1 % 重量的氧化硼的产物组成。

在本发明的熔体和纤维中，可操作的氧化硅含量在约 65 - 86 % 重量之间，上限仅由制造能力所限制。这与本技术领域的教导相反，本技术领域的说法是，具有氧化硅含量在 70 % 以上的纤维是不能制造的。

25 本发明的纤维优选地基本上不含大于痕量杂质的碱金属。这些纤维的碱金属含量一般在痕量杂质的范围内，或以碱金属氧化物计算至万分之几 (hundredths of a percent)。其它的杂质包括氧化钙和氧化铁，氧化钙的含量低于约 1 % 的重量，或者尽可能的低，以 Fe₂O₃ 计算，氧化铁的含量低于约 0.4 % 重量，或者尽可能的低。

30 在一系列试验过程中，下列难熔纤维组合物是利用纺丝和喷丝技术制造的，在 1260 °C 温度下的热性能和在 SLF 中的溶解度进行了试验。表 IIIA 列出了每一种组合物，表 IIIB 详尽的列出了纤维组合物的热性能和

溶解度数据。

表 IIIA

实例	MgO	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃
5 4	18.7	4.87	73.0	1.19	0.70	0.21	
5	22.2	0.00	72.9	1.61	0.88	0.22	
6	21.4	0.95	73.7	1.71	0.81	0.21	
7	20.7	2.00	73.7	1.24	0.74	0.21	
8	20.1	3.42	73.2	1.37	0.70	0.20	
10 9	21.2	5.3	72.2	0.8	<1	<0.3	0.5
10	17.8	5.85	72.8	1.24	0.67	0.19	
11	17.5	6.87	72.3	1.23	0.63	0.19	
12	16.9	7.29	72.3	1.19	0.57	0.17	
比较例 13	16.8	34.1	46.4	0.97	0.77	0.25	
15 比较例 14	21.7	24.1	51.9	0.90	0.89	0.23	
比较例 15	25.5	16.9	55.7	0.76	0.77	0.24	
比较例 16	16.4	16.0	64.9	0.84	0.72	0.18	
比较例 B	-氧化钙-	-氧化钛-	-硅酸盐-	---	---	---	
比较例 C	-铝-	-氧化锆-	-硅酸盐-	---	---	---	
20 比较例 D	-高岭-	---	---	---	---	---	
比较例 E	-铝-	-硅酸盐-					
17	15.6	11.50	70.1	0.65	0.54	0.18	
18	21	6.00	70.3	0.54	0.69	0.27	
19	20.9	5.78	70.7	0.23	0.68	0.24	
25 比较例 20	21.3	12.14	64.6	0.42	0.63	0.26	
21	24.9	5.78	66.8	0.23	0.79	0.27	
22	14.6	5.27	78.0	0.20	0.57	0.18	
23	11.9	10.50	75.8	0.29	0.52	0.17	
24	21.2	0.00	76.8	0.20	0.90	0.24	
30 25	20.8	5.7	71.7	1.19	0.28	0.34	
26	21.5	2.0	74.9	1.09	0.40	0.35	
27	21.4	3.4	73.2	1.02	0.38	0.27	

表 IIIA (续)

实例	MgO	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃
5	28	20.4	6.9	70.4	1.02	0.38	0.24
	29	19.7	5.5	72.2	0.3	0.67	0.35
	30	20.2	5.5	71.6	0.3	0.30	0.24
	31	20.6	5.54	71.8	1.13	0.46	0.37
	32	22.2	5.6	70.7	1.26	0.29	0.34
	33	22.8	5.5	70.1	0.56	0.22	0.36
10	34	21.5	5.32	69.8	2.88	0.23	0.15
	35	19.6	5.4	72.6	1.8	0.36	0.25
	36	20.2	5.5	72.1	1.4	0.34	0.25
	37	20.2	5.7	72.4	1.10	0.40	0.25
	38	20.5	5.5	72.3	0.91	0.40	0.25
	39	20.7	5.4	72.9	0.66	0.43	0.17
15							0.7

表 IIIB

例	收缩率(%) 1260 °C/24Hrs	收缩率(%) 1260 °C/168Hrs	粒度 (微米)	压缩强 度(psi)	压缩复 原(%)	溶解度 (ng/cm ² -Hr)
4	4.3	4.8	1.2	12.8	10.6	60.4
5	4.1	5.2	1.3	16.2	5	327
6						
7	6.1	7.6		16.9	7.9	142
8						87.7
9				7.2	4.5	
10						46.6
11	4.0	4.3		14.3	10.6	33.0
12	3.4	3.5	0.8	10.2	8.4	44.9
比较例13	13.1	16.0		39	6.7	7.3
比较例14	23.4			107.8	4.4	93.4
比较例15	>25.0					
比较例16	8.2	7.2		17.2	8.7	9.7

表 IIIB (续)

例	收缩率(%) 1260 °C /24Hrs	收缩率(%) 1260 °C /168Hrs	粒度 (微米)	压缩强度(psi)	压缩复原(%)	溶解度 (ng/cm ² -Hr)
比较例B			2.4	1.1	1.4	
比较例C			0.2	4.5	11.5	
比较例D			0.3	7.5	12.1	
比较例E				6.9	24.3	
17			1.9			32.9
18			1.6			76.8
19			1.2			87.8
比较例20			3.5			24.7
21			1.2			84.9
22			1.0			98.6
23			0.8			33.3
24			0.7			太快不能测量
25	3.3			12.1	14.1	
26	5.7			16.3	11.2	
27	6.0			18.2	11.6	
28	3.8			16.4	15.5	
29	5.72			4	3	189
30	5.11			6.4	3.8	171
31	4.6			10.9	6.9	40.7
32	5.58			13.3	4.6	182
33	6.09			13.4	4.8	226
34	3.93			12.4	8	47
35	4.52			13.2	11.0	
36	4.58			16.8	13.8	
37	3.5			11.3	13.9	
38	3.9			11.5	9.1	
39	5.6			9.7	7	

对实例 4 的含氧化锆硅酸镁纤维进行的试验揭示出纤维在 1260 °C 的温度下 24 小时后显示出仅仅 4.3 % 的收缩率， $60.4 \text{ng/cm}^2 - \text{hr}$ 的溶解速度，和能有利地与类似处理过的高机械强度常规难熔陶瓷纤维（比较例 C、D 和 E）的机械完整性相比较的机械完整性。本发明范围内在使用 5 温度即工作温度下显示出很低收缩性的其它的实例包括例 5 - 8、10 - 12，和 25 - 39。超出本发明范围的比较例 13 - 16 在工作温度下显示出更高的收缩性。

根据本发明，我们已经鉴定出特定的不耐久难熔玻璃纤维，该纤维在暴露于工作温度之后显示出很低的收缩率，其数值约 4.5 % 或更低，这 10 种纤维已经由含有作为粘度调节剂的氧化铝的熔体制造出来，其组成在约 69.75 - 73.5 % 重量的氧化硅，约 16.75 - 22.25 % 重量的氧化镁，0 - 约 7.5 % 重量的氧化锆，和约 1 - 3 % 重量的氧化铝的范围内。

根据本发明，我们还鉴定出特定的不耐久的难熔玻璃纤维，在暴露于工作温度之后，该纤维显示出很低的收缩率，其数值约 4.5 % 或更低，已经由含有作为粘度调节剂的氧化铝和氧化硼的熔体制造出来，其组成在约 71.5 - 73.5 % 重量的氧化硅，约 19 - 21.5 % 重量的氧化镁，约 5 - 6 % 重量的氧化锆，约 0.5 - 2 % 重量的氧化铝和约 0.2 - 1 % 重量的氧化硼的范围内。

根据本发明制备的如上表 III 所报告的例 12 所代表的使用后纤维的 20 显微结构，在暴露于 1260 °C 的温度之后，根据上面提出的试验步骤，对粒度进行了试验。这个试验结果与具有上述比较例 B 的组成的含氧化钛的硅酸钙纤维和耐熔的 AZS（比较例 C）及高岭土（比较例 D）陶瓷纤维的试验结果进行了比较。

图 8 - 13 的显微照片表示了这些试验的结果。比较例 B（图 10） 25 的氧化钛 - 钙 - 硅酸盐纤维极其的脆，它与比较例 C（图 8）和比较例 D（图 9）的常规的难熔陶瓷纤维以及例 12 的本发明纤维（图 11）进行了比较，显示出显著的表面粗糙度和大的表面晶体粒度，而本发明的纤维显示出较光滑的表面和较小的表面微晶体。表面粗糙和大的表面晶体是不期望的，与纤维的脆性和低机械强度有联系。

可是本发明的 SLF - 可溶纤维显著地降低了使用后的脆性，显示出 30 粒度很细的显微结构，如表 III 的例 4、5、12、17 - 19，和 21 - 24 所示，一般具有 1.9 微米或更小量级的晶体粒度。比较例 B 和比较例 20

显示了使用后粒度大的多的显微结构。对比例 B 是氧化钛 - 钙 - 硅酸盐纤维和对比例 20 是氧化镁 - 氧化锆 - 硅酸盐纤维。

图 12 以截面形式表示了暴露于 1260 °C 温度 24 小时之后本发明纤维中存在的小粒度的微晶体，是以绝对标尺或按纤维直径作参照来表示的。这种高机械强度纤维在微晶体的粒度方面与在 1426 °C 的工作温度达 24 小时的图 13 的截面所示的极强的 AZS 纤维可比较的。

在另外的一系列的试验过程中，利用喷丝技术制成了下列的难熔纤维组合物，这些纤维组合物在 1260 °C 的温度下进行了热性能试验，和 SLF 中的溶解度试验。表 IVA 列出了每一组合物，在下表 IVB 中详述了 10 纤维组合物的热性能和它们的溶解度。

15

20

25

30

表 IVA

	组合物						
实例号	SiO ₂	CaO	MgO	ZrO ₂	Al ₂ O ₃	F/I	直径
40	67.52	0.27	30.57	0.58	0.92	52	1.0
41	70.07	0.30	23.07	5.97	0.48	25	1.6
42	68.63	0.30	29.75	0.58	0.62	32	1.2
43	73.87	0.15	19.05	6.03	0.84	26	5.1
44	75.75	0.27	23.43	0.01	0.47	40	2.4
45	75.62	0.27	23.58	0.01	0.43	35	3.6
46	76.63	0.19	19.40	3.33	0.40	40	8.5
47	67.53	0.25	30.26	0.01	1.86	40	1.4
48	77.30	0.15	15.91	5.82	0.76	30	11.3
49	76.08	0.28	23.16	0.01	0.40	43	3.6
50	68.09	0.24	27.77	3.36	0.45	37	1.4
51	72.67	018	23.20	3.46	0.41	46	2.0
52	76.61	0.15	19.53	3.32	0.34	35	7.7
53	72.67	0.81	23.20	3.46	0.41	46	2.0
54	71.55	0.16	22.46	3.1	2.65	41	3.5
55	71.71	0.15	23.13	3.3	0.65	35	3.6
56	71.86	0.29	27.32	0.00	0.32	56	1.3
57	72.19	0.18	27.1	0	0.45	28	1.7
58	72.24	0.18	27.19	0	0.32	27	2.3
59	71.82	0.17	26.65	0	1.3	30	3.6

F/I = 纤维指数

表 IVB

实例号	收缩率	收缩率	C.S.at	C.S.at	C.R.at	C.R.at	δ	K
	1260 °C /24 hrs	1260 °C /168 hrs	1260 °C /24 hrs	1260 °C /168 hrs	1260 °C /24 hrs	1260 °C /168 hrs	收缩率	
40	9.2	17.5	18.4		11.1		8.3	875+
41	7.3	10.3	17.3	18.5	10.0	5.2	3.0	100
42	2.0	14.2	6.9	22.3	17.3	4.5	12.2	826+
43	4.5	4.4	11.5	8.5	8.9	6.1	0.0	59
44	5.6	5.3	15.8	11.9	8.9	7.5	0.0	1450+
45	6.0	5.5	11.8	9.8	8.5	6.1	0.0	863
46	4.1	5.9	23.8	15.3	7.8	5.2	1.8	280
47	7.7	12.5	14.2	21.6	9.8	6.3	4.8	763+
48	5.3	6.2	11.5	8.5	9.9	4.8	0.9	54
49	4.3	4.0	10.9	6.8	6.4	6.8	0.0	1117
50	7.5	10.0	15.7	13.5	8.9	5.0	2.5	402
51	4.2	4.8	15.4	10.7	12.2	7.6	0.6	368
52	6.0	6.1	19.4	14.4	9.0	3.4	0.1	254
53	4.2	4.8	15.4	10.7	12.2	7.6	0.6	368
54	4.3	4.8	10.8	5.7	10.8	4.2	0.5	233
55	4.3	8	12.5	5.8	16.8	3.4	3.7	328
56	7.2	10.2	12.5	16.3	12.9	9.0	3.0	712+
57	5.3	6.1	15.1	9.0	7.9	3.7	0.8	863
58	5.6	6.4	13	6.8	7.3	3.0	0.8	863
59	3.4	7.7	16.9	28.2	14.3	9.7	4.3	612

CS = 压缩强度 (psi)

CR = 压缩复原 (%)

K = 溶解度 (ng/cm²/hr)

5 根据本发明，对于由纤维喷丝技术制备的不耐久纤维，含有约 70 % 氧化硅或大于 70 氧化硅的熔体组合物的喷丝纤维显示出最好的热性能结果，纤维具有纤维指数约 35 或更大，纤维直径约两微米或更大。虽然根据本发明的纤维直径的唯一的实际上限是经喷丝和纺丝而得到所需直

径产品的能力，但直到直径约 10 微米的纤维都能获得这热性能。

由熔体形成纤维的特定优选的组合物包括约 70 - 77.5 % 重量的氧化硅，约 15.5 - 30 % 重量的氧化镁，和 0 - 约 6 % 重量的氧化锆。形成纤维产品的合适的熔体组合物是约 73.5 % 重量氧化硅，约 23 - 26.5 % 重量的氧化镁，0 - 约 3.5 % 重量的氧化锆，以及约 0.15 - 0.3 % 重量的氧化钙杂质，和约 0.32 - 1.86 % 重量，一般约 0.32 - 0.92 % 重量的氧化铝的杂质。这些纤维显示出优良的如表 IVB 收缩数据所表明的收缩率特征，包括 δ 收缩特性，或工作温度下一天和一星期之间的收缩差别。此纤维也显示出在 SLF 中显著的溶解度，这正如表 IVB 所显示的那样。利用上述技术测量了从 54 - 1450ng/cm² - hr 的溶解度。（表中“+”表示了纤维极快的溶解速度，此速度不适合于直接计算。所报道的值是样品溶解速度的下限）。

本发明的不耐久的低收缩难熔玻璃纤维在暴露于工作温度之后的机械强度有利地与常规的高岭土 AZS 和铝硅酸盐耐久的难熔的陶瓷纤维进行了比较。本发明的纤维一般是在与 50 % 压缩强度试验和压缩复原试验的高岭土纤维可比较的范围内。本发明的纤维与比较例 B 的氧化钛 - 钙 - 硅酸盐纤维相比较显示出显著改进的机械强度，机械强度是以压缩强度和压缩复原度量的。

根据本发明的耐熔玻璃纤维，它主要由加入特定百分数的氧化锆进行性能调节的硅酸镁，以及任选地粘度调节剂添加物，（如 Al₂O₃ 和 B₂O₃）所组成，并显示出在暴露于 1260 °C 工作温度之后的细粒结构，难熔玻璃纤维在模拟肺液中的溶解度比标准难熔陶瓷纤维高直到 150 倍，并能承受高于 1000 °C，直到 1260 °C 的温度，其线性收缩率小于 6 %。

本发明的 SLF - 可溶纤维，与很稳定 SLF - 耐久铝硅酸盐和铝 - 氧化锆 - 硅酸盐相比较，显示出显著减小的工作后脆性，即很高的机械强度。本发明的纤维一般显示出精细的显微结构，低脆性和高机械强度，也显示出暴露于工作温度之后的低收缩率以及在 SLF 中的高溶解度。

因此本发明纤维保留了常规难熔陶瓷纤维，例如铝硅酸盐纤维的有益的使用特点，即在使用温度高时只发生有限的收缩。本发明的难熔玻璃纤维在 1260 °C 的使用温度下的收缩率约小于 6 %，和在使用后也保留了良好的机械强度。本发明纤维显示出很低的工作后的脆性，显示出在工作温度下初始暴露之后的小尺寸或细粒显微结构，以及很高的压缩强

度和压缩复原。

本发明的纤维可以用现有的纤维化技术进行制造，可制成多种产品，包括但不限于针毡、纸、毛毡和松散纤维。除了常规的难熔陶瓷纤维的优点之外，本发明的纤维在模拟肺的体液中的溶解度可提高达 4 ~ 5 150 倍，因此对纤维吸入的关心可以降至最低。

因此，本发明实现了发明的目的，本发明不限于上述特定的实施方案，下列权利要求所限定的各种变化和修正以及等同的实施方案也包括其中。

10

15

20

25

30

说 明 书 附 图

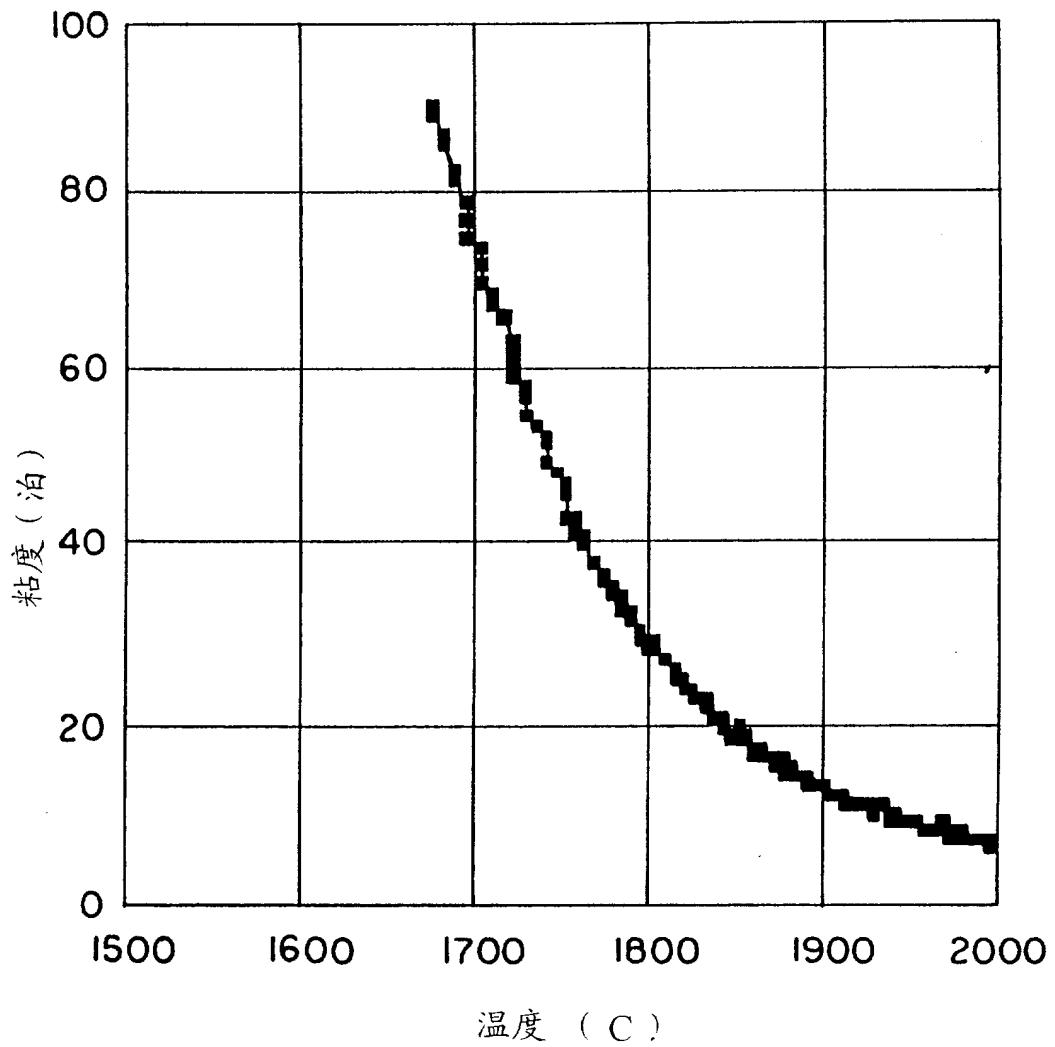


图 1 A

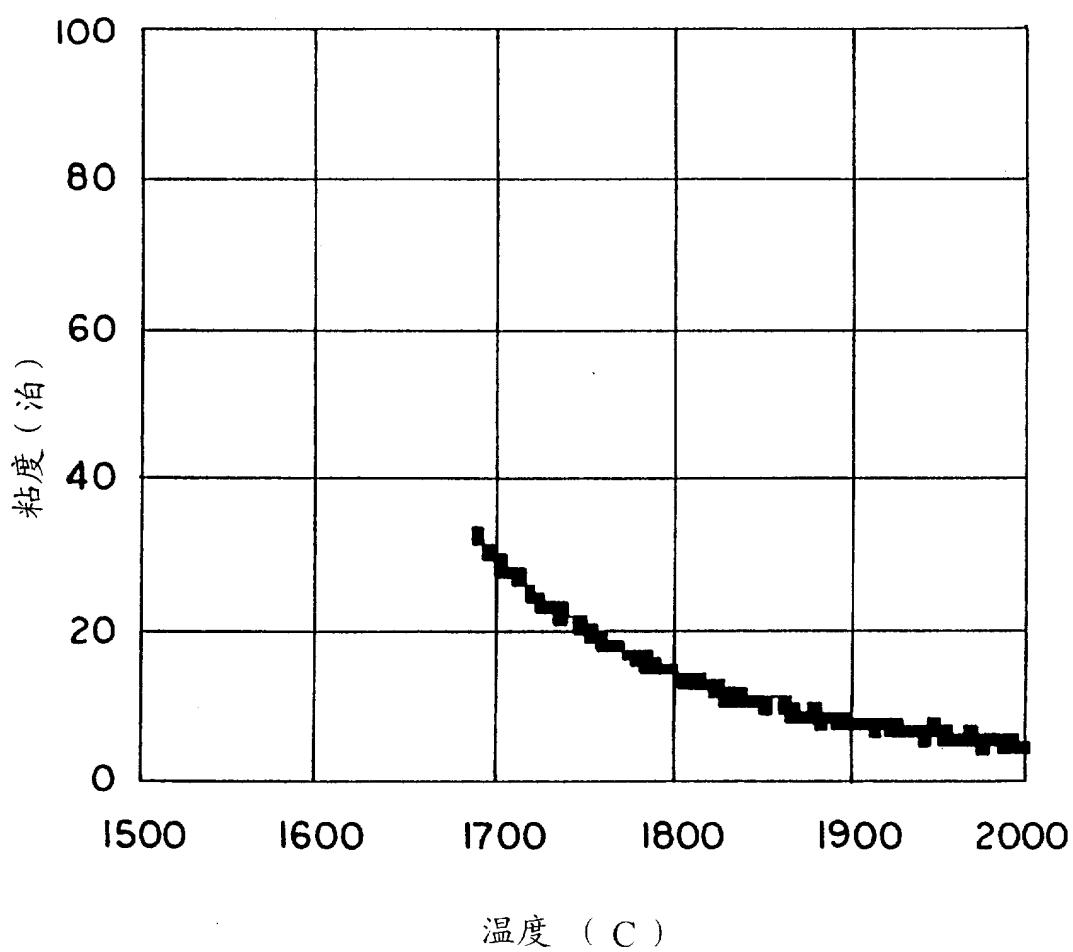


图 1 B

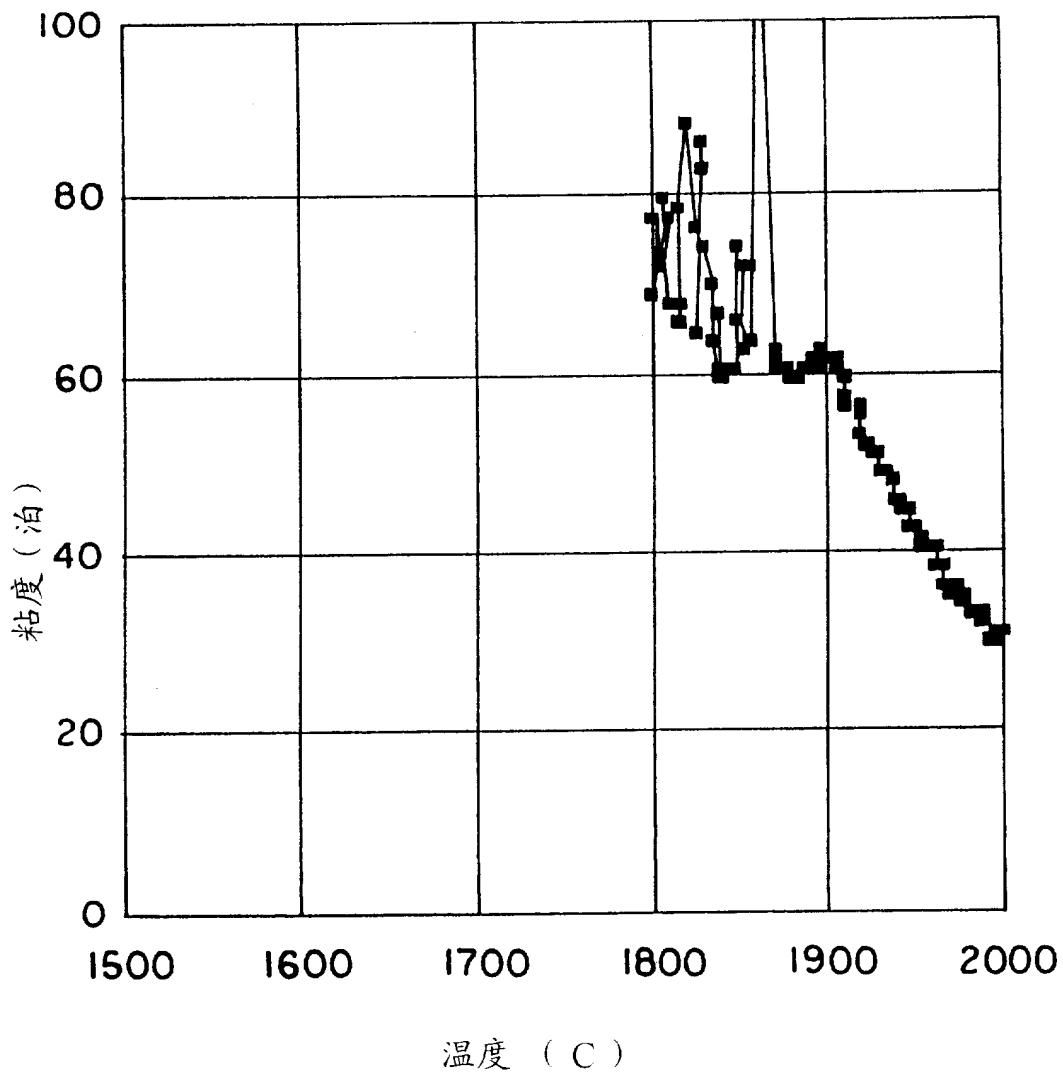


图 2

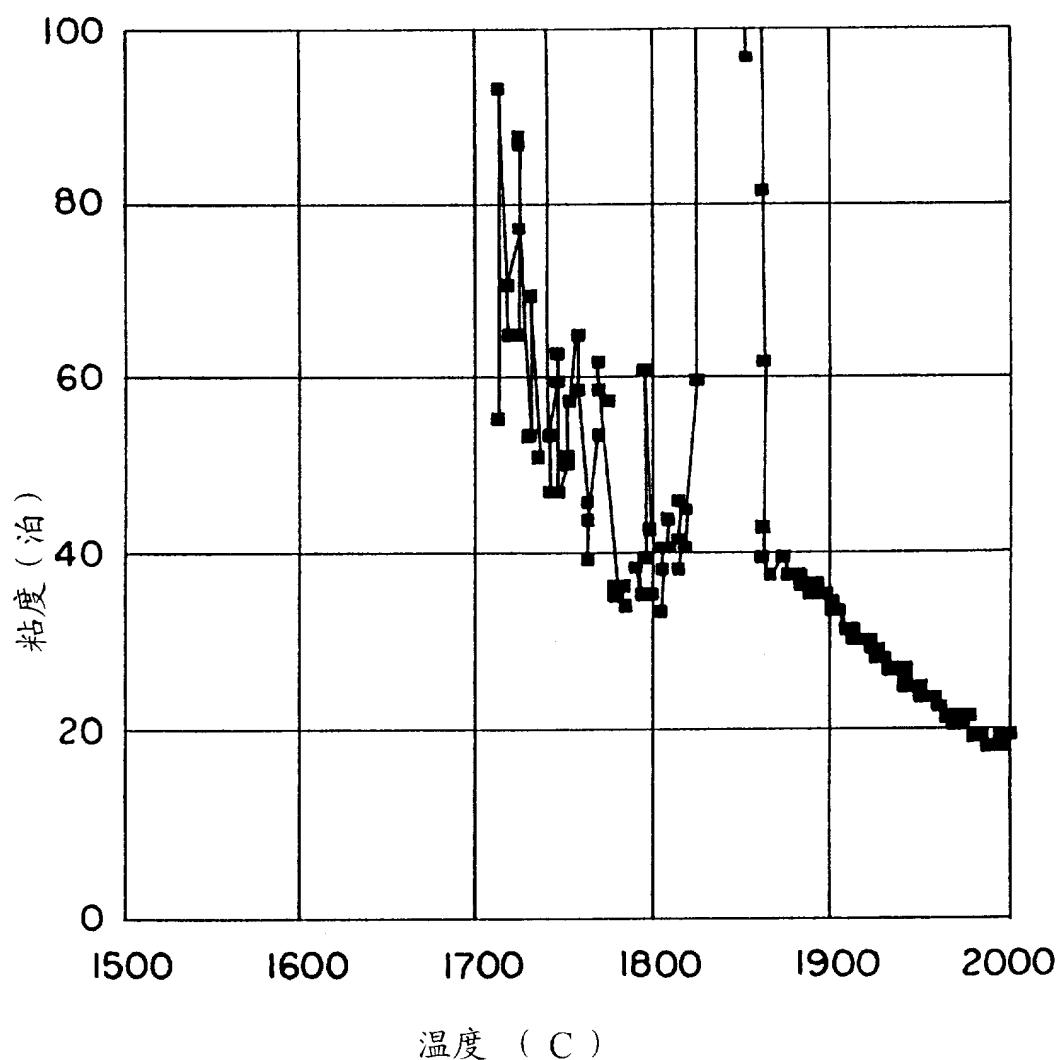


图 3

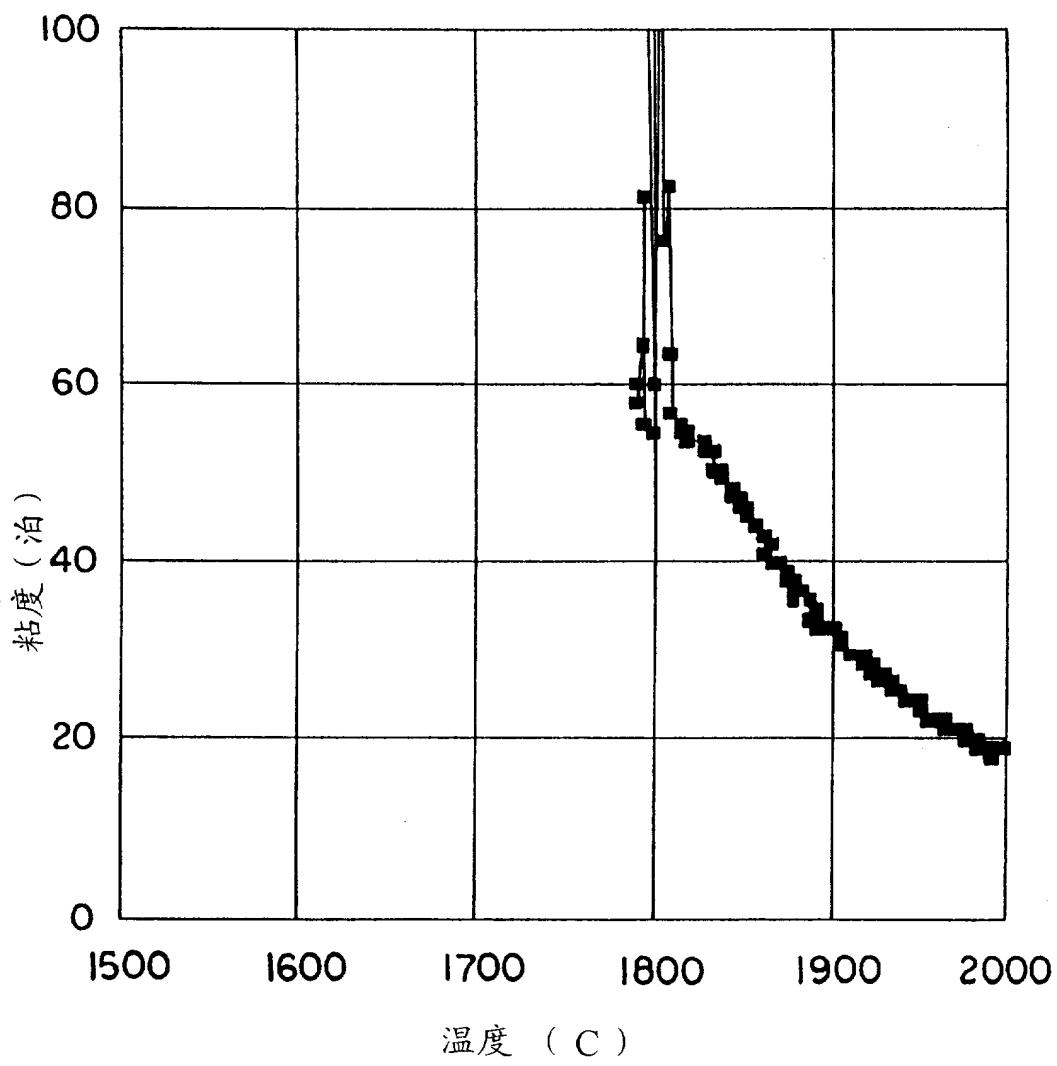


图 4

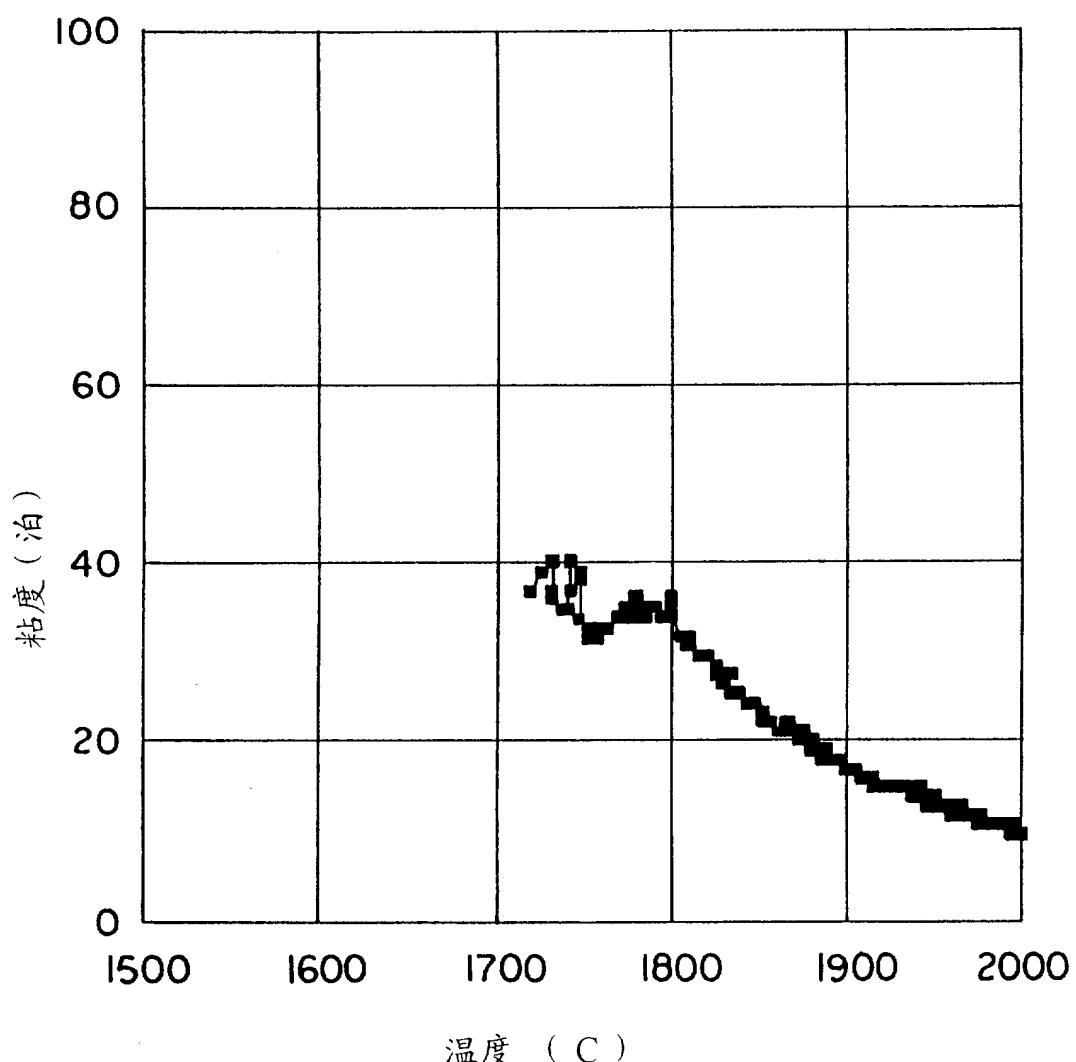
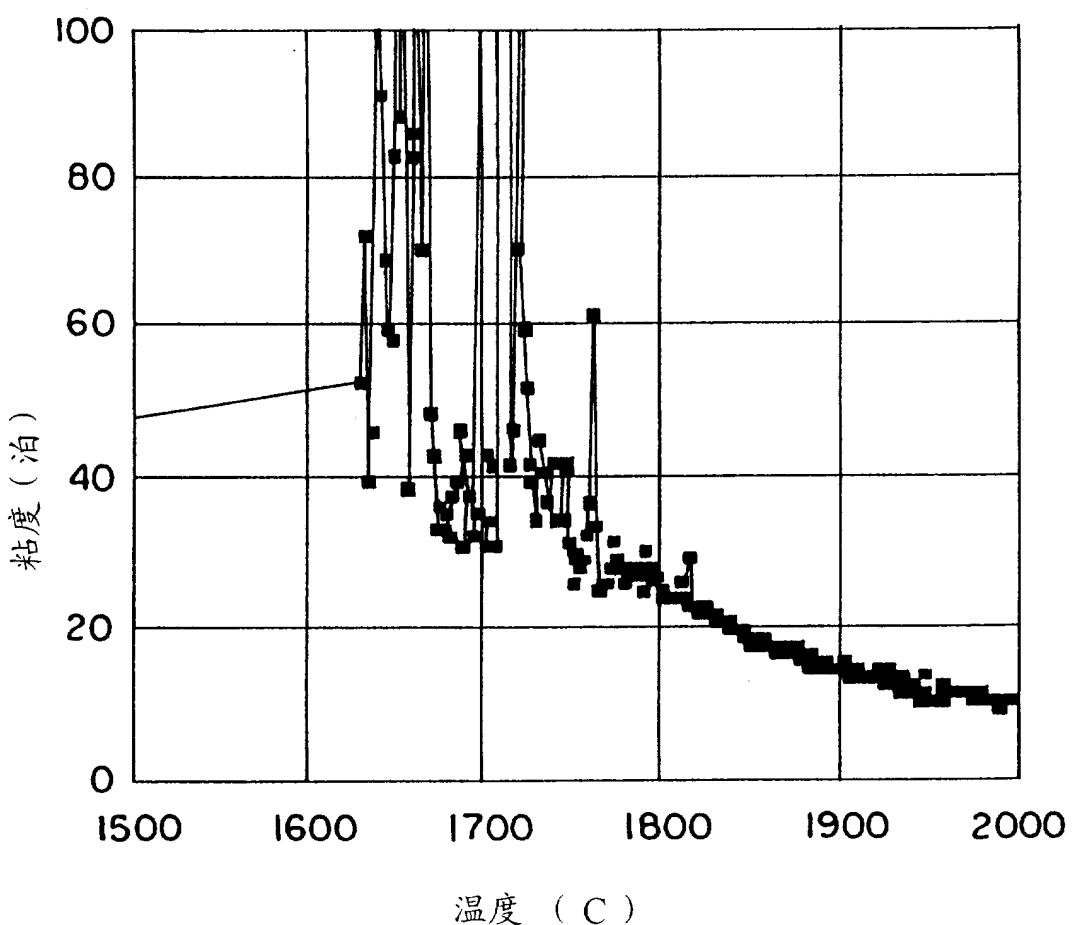
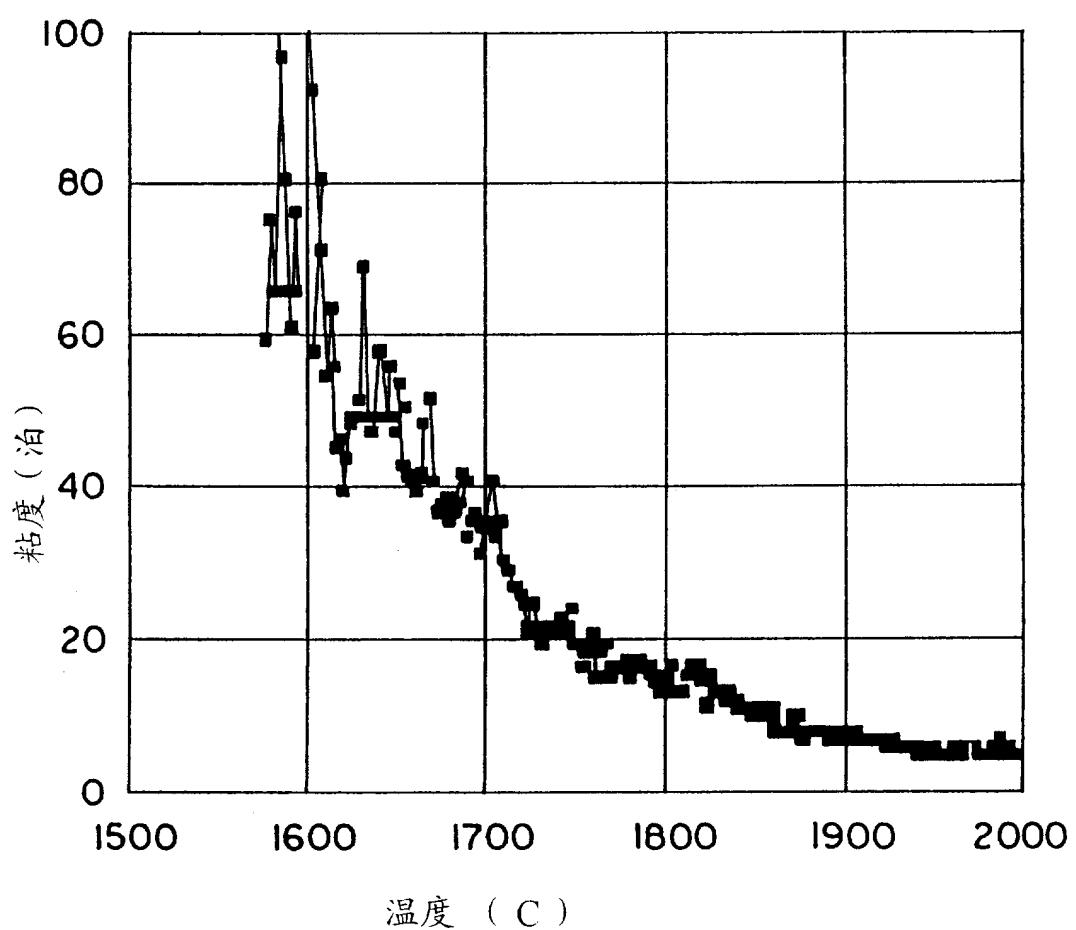


图 5





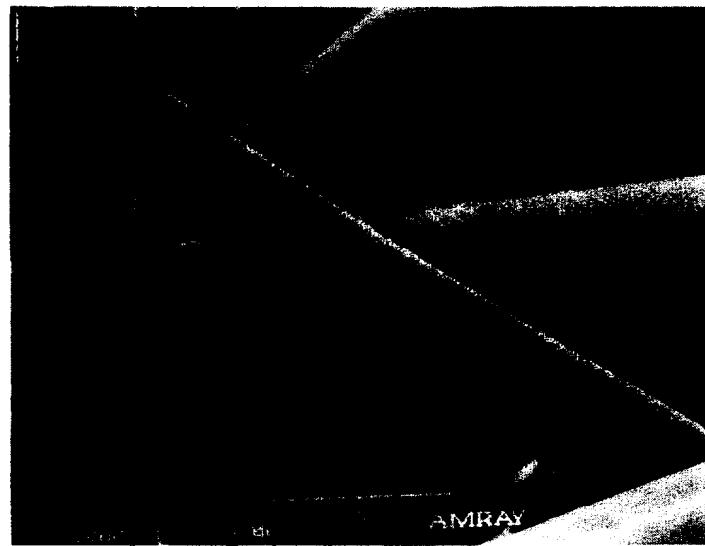


图 8



图 9

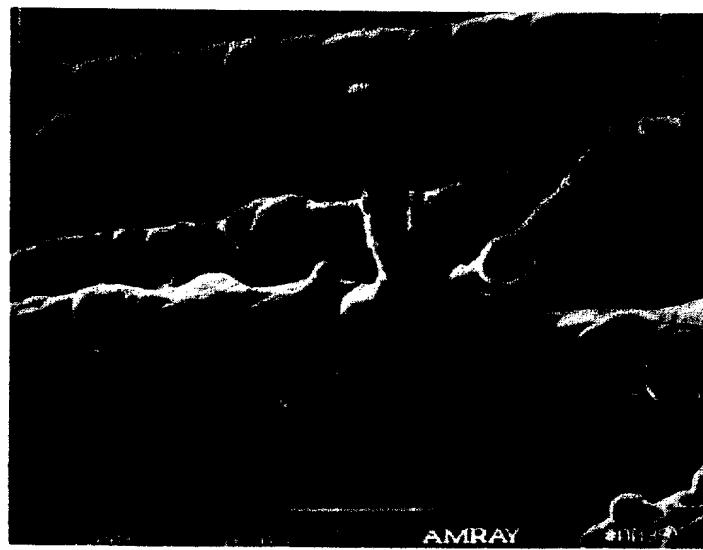


图 10

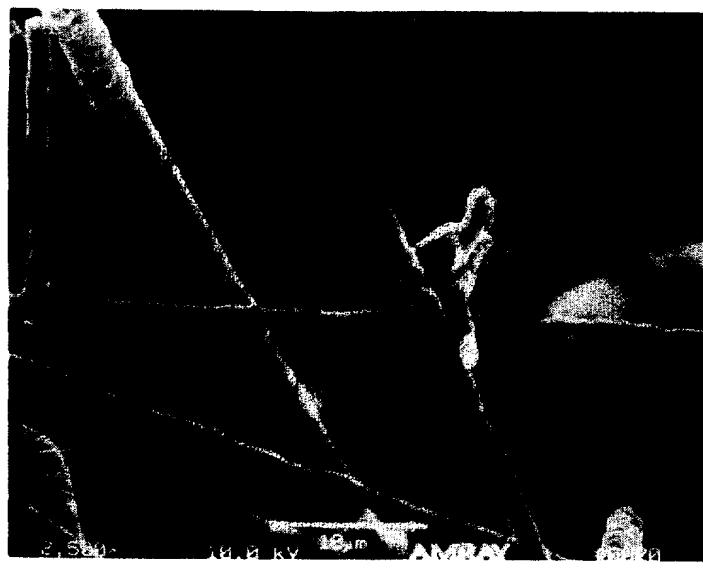


图 11

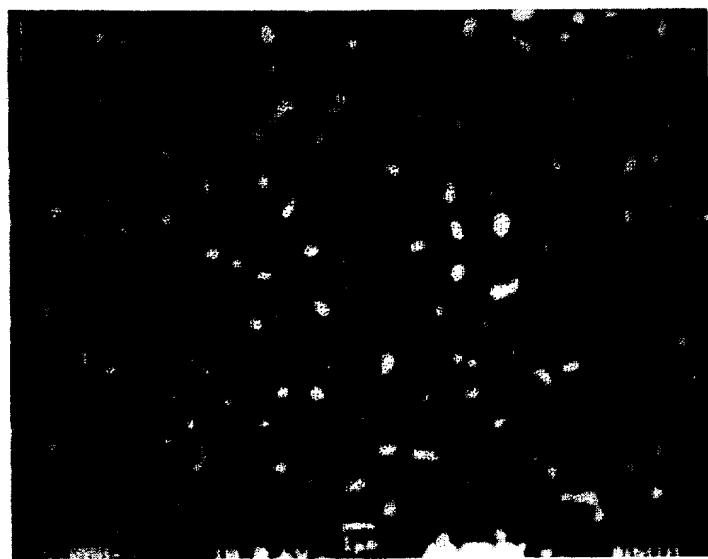


图 12

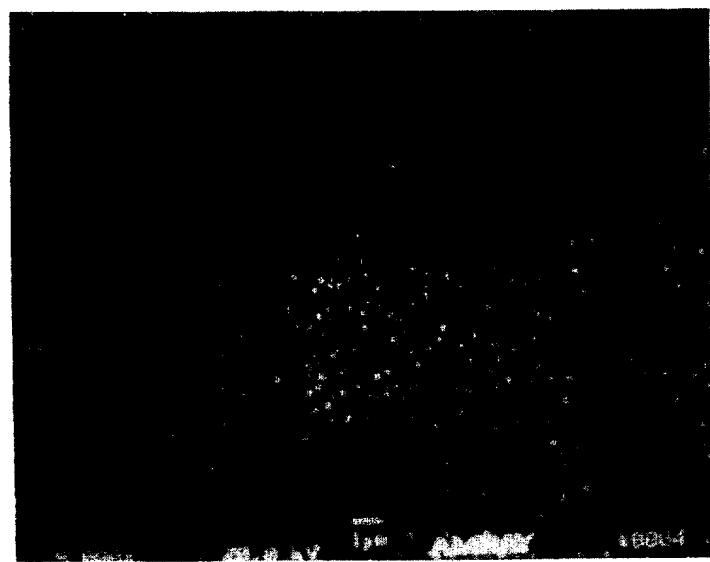


图 13