

Application News

No.P104i266

材料试验 AG-X Plus HITS-TX

塑料静态拉伸与高速拉伸断裂面的微观评估

摘要：本文使用岛津公司 AG-X Plus 电子万能试验机，HITS-TX 高速拉伸试验机，EMPA-8050G，气动平推夹具，高速拉伸平推夹具等。根据拉伸测试标准要求，采用速度控制方法对丙烯酸树脂和聚丙烯进行静态拉伸、高速拉伸试验，并进行微观评估。试验证明，岛津公司 AG-X Plus、HITS-TX 可满足试验标准的各项指标要求，平推夹具具有在测试中不打滑，断口位置好等特点。

关键词：AG-X Plus HITS-TX EMPA

近年来，塑料材料利用塑料的热特性和轻质性，广泛应用于从小齿轮到汽车、飞机等各个工业领域和应用领域。这些材料可能会受到动态变形的影响，例如，在涉及运输设备的碰撞和产品掉落时。因此，除了常规的静态试验外，为了保证可靠性，还必须进行冲击试验。特别是，由于构成塑料的聚合物具有粘弹性，既有粘性又有弹性，其力学特性表现出对环境温度、时间和变形速率的依赖性。另一方面，当发生损坏、故障事故或劣化现象时，迫切需要调查和对策。塑料的失效形式多种多样，包括静态断裂、

冲击断裂、疲劳断裂、蠕变断裂、环境引起的断裂。根据这些不同类型的断裂，可以观察到具有不同特征的断裂面。这表明可以通过断口观察来确定损伤的原因，并研究解决损伤的方法。

采用岛津 AG-X Plus 精密万能试验机和 HITS-TX 高速冲击试验机，研究了丙烯酸树脂 (PMMA) 和聚丙烯 (PP) 与试验速度关系。此外，试验后试样的断裂面用岛津 EMPA (EMPA-8050G，以下简称 EMPA) 电子探针微区分析仪观察了各种条件下的微观情况。

实验部分

1.1 仪器

AG-X Plus 电子万能试验机

HITS-TX 高速拉伸试验机

EMPA-8050G 平推夹具

1.2 分析条件

速度控制方式：位移速度控制

试验温度：室温

加载试验速率：5/1000 mm/min (静态拉伸)

10m/s (动态拉伸)

传感器容量：10KN

试验夹具：气动平推夹具 / 平握夹具

试验介绍

2.1 试验配件介绍

静态拉伸试验采用 AG-X Plus 精密万能试验机，高速拉伸试验采用 HITS-TX 高速拉伸试验机。图 1/2 分别显示了静态、高速拉伸试验照片。试验结束后，在断裂表面涂上金，并用光学显微镜和电子探针进行观察。图 3 显示了 EMPA 的外观。图 4 显示了 HITS-TX 的外观。

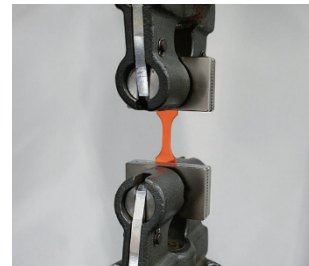


图 1. 静态拉伸试验

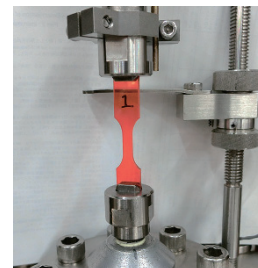


图 2. 动态拉伸试验



图 3. EMPA-8050G

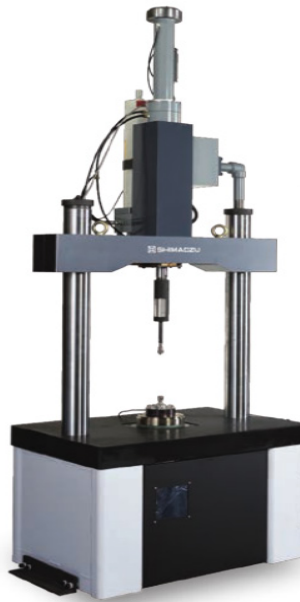


图 4. HITS-TX

拉伸试验后，对 PMMA 试样的断口进行镀金，并用光学显微镜和 EPMA 进行观察。PMMA 静态拉伸后的断口如图 5 所示，高速拉伸后的断口如图 6 所示。在这些图中，(a) 显示光学显微镜图像，(b) 到 (l) 显示二次电子 EPMA 提供的图像。从静

态拉伸试验看断裂面（图 5 (a)），估计裂纹从左边缘开始并向右侧扩展。图 5 (a) 中的左边缘、中心和右边缘的 EPMA 二次电子图像分别在图 5 (b) 到 (d) 中示出。在左侧（图 5 (b)），即假定的裂纹萌生点，可以观察到没有明显特征的光滑表面。作为裂缝传播时，可以观察到沿裂纹扩展方向绘制的抛物线图案，如图 5 (e) 所示，其放大图如图 5 (i) 所示，并且随着进一步传播，可以观察到等轴抛物线图案，如图 5 (f) 所示，其放大图如图 5 (j) 所示。这种抛物线模式被认为是由从主裂纹扩展前树脂的杂质或其他特征 (3)。研究认为，抛物线图案的形状是由于主裂纹的加速而改变的。尽管在断裂面中心周围也能观察到等轴抛物线图案，如图 5 (g) 及其在图 5 (k) 中的放大，在图 5 (c) 的宏观图中，断裂表面的形态变为块状，与左侧相比水平差异较大。基于断裂表面形貌的这种变化，研究认为裂纹扩展会进一步加速。另一方面，即使在高速拉伸试验的断裂面（图 6），在上部也观察到沿裂纹扩展方向绘制的抛物线图（图 6 (e) 及其放大图 6 (i)）和与静态拉伸试验类似的等轴抛物线图（图 6 (f) 及其放大图 6 (j)）断裂面的左侧，这是假定的裂纹萌生点。然而，基于该区域较窄的事实，可以推断裂纹在萌生后很快发生加速。此外，在断裂面中心周围区域，观察到与静态拉伸试验类似的块状断裂面（图 6 (g)），并观察到等轴抛物线图案（图 6 (k)）。最后，聚焦于两个断裂面的最终断裂部分，可以确定两个试样中较为平滑的抛物线型。在图 6 (h) 及其放大图 6 (l) 中，也可以观察到沿裂纹扩展方向绘制的抛物线图案，但在最终断裂时，该图案与之前的不同，表明裂纹扩展速率减速的可能性。

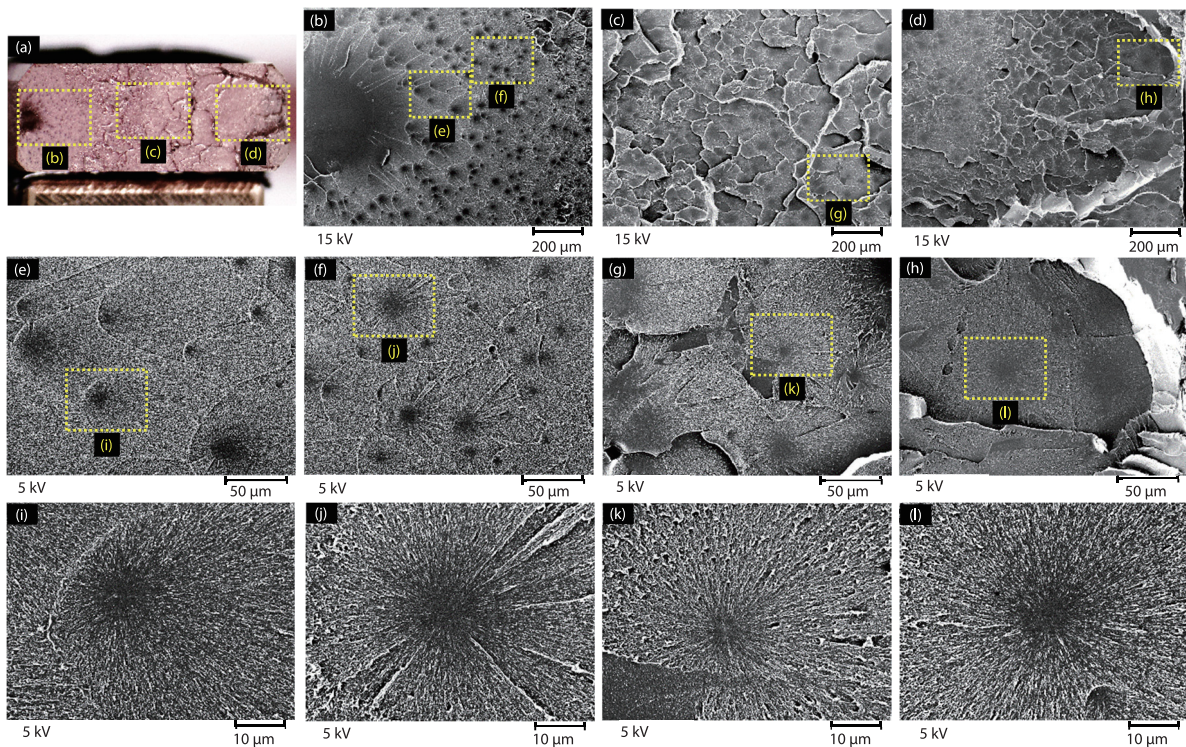


图 5. PMMA 静态拉伸微观图

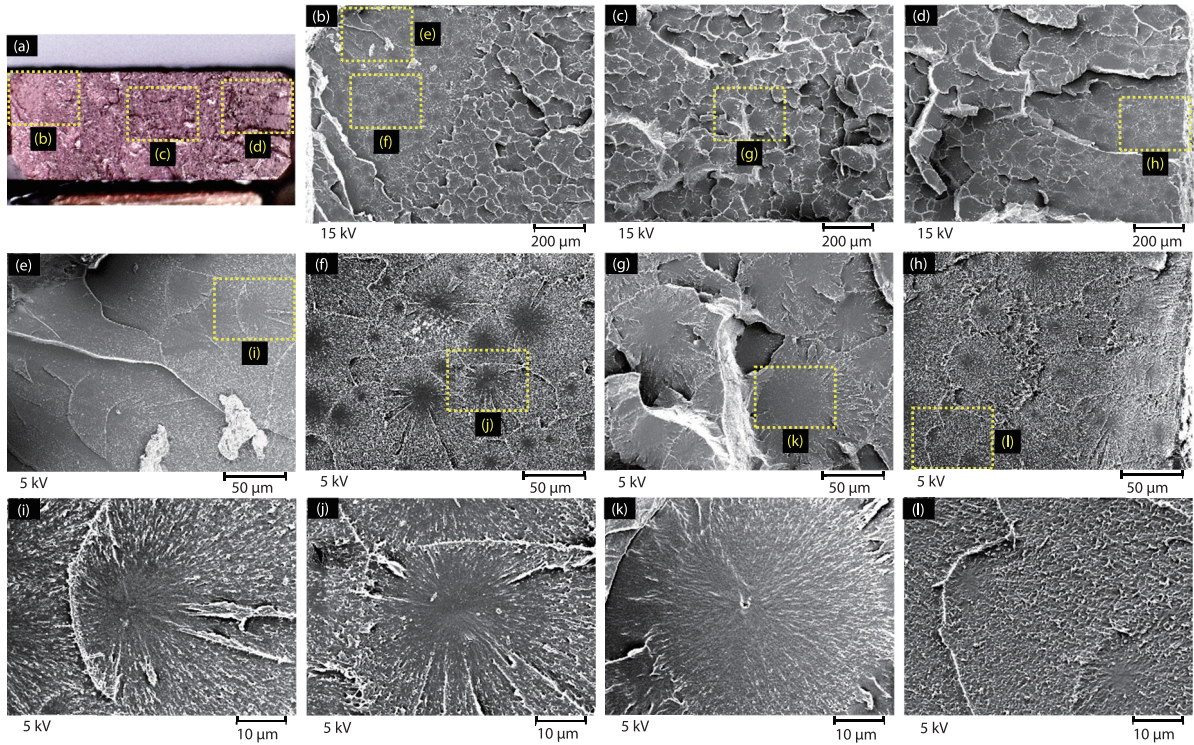


图 6. PMMA 动态拉伸微观图

与 PMMA 试样一样，试验结束后，在 PP 断裂表面镀金，并用光学显微镜和 EPMA 进行观察。静态拉伸试验和高速拉伸试验后的聚丙烯断裂表面分别如图 7 和图 8 所示。在这两中 (a) 显示光学显微镜图像，(b) 到 (l) 显示次级电子探针成像。由于静态拉伸试验的断口面积与高速拉伸试验的断口面积相比较小，可以理解，静态拉伸断裂是塑性变形伴随颈缩产生的。在图 (b) 中的断裂面中部，观察到纤维断裂面以韧性方式伸长。图 7 (c) 和 (d) 示出了图 7 (b) 的左侧和中心区域附近的放大二次电子图像。看着图 7 (d) 及其放大图，图 7 (e) 至 (h)，可见树脂纤维伸长的情况。另一方面，图 7 (c) 中断裂表面周边的放大视

图显示断裂表面上有许多孔，如图 7 (i) 所示。然而，这些都被认为是由于微腔的形成是由于树脂（如低分子量物质）或杂质。随着进一步增大（图 7 (j) 至 (l)），也可以观察到树脂的伸长情况。在高速拉伸试验中，断裂处没有出现颈缩现象，整个断口呈扁平、粗糙的片状。也就是说，认为试验速度的提高会导致无塑性变形的脆性断裂。断裂面中心的放大图如图 8 (d) 和 (e) 至 (h) 所示，以及外周放大图如图 8 (c) 和 (i) 至 (l) 所示。中部和外周的断口形貌无明显差异，整个断口表面有多个微腔。此外，还可以看到树脂纤维伸长的局部区域，因此认为裂纹在微观尺度上是伴随塑性变形而扩展的。

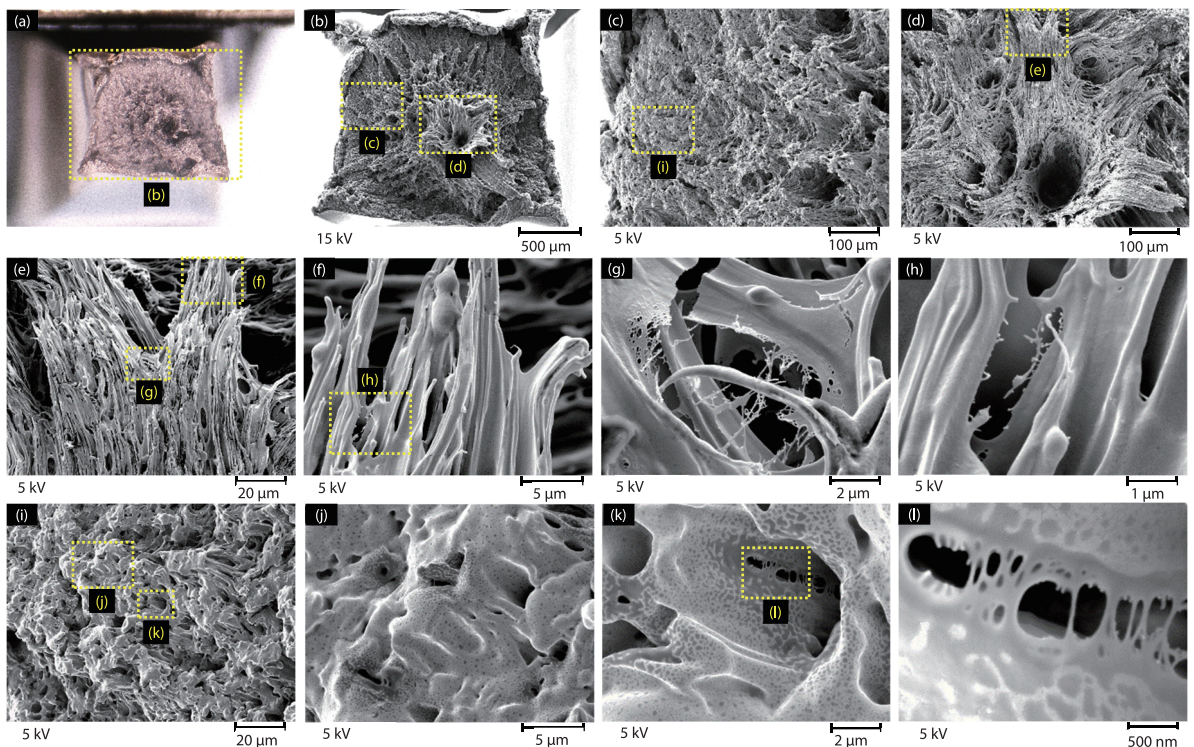


图 7. PP 静态拉伸微观图

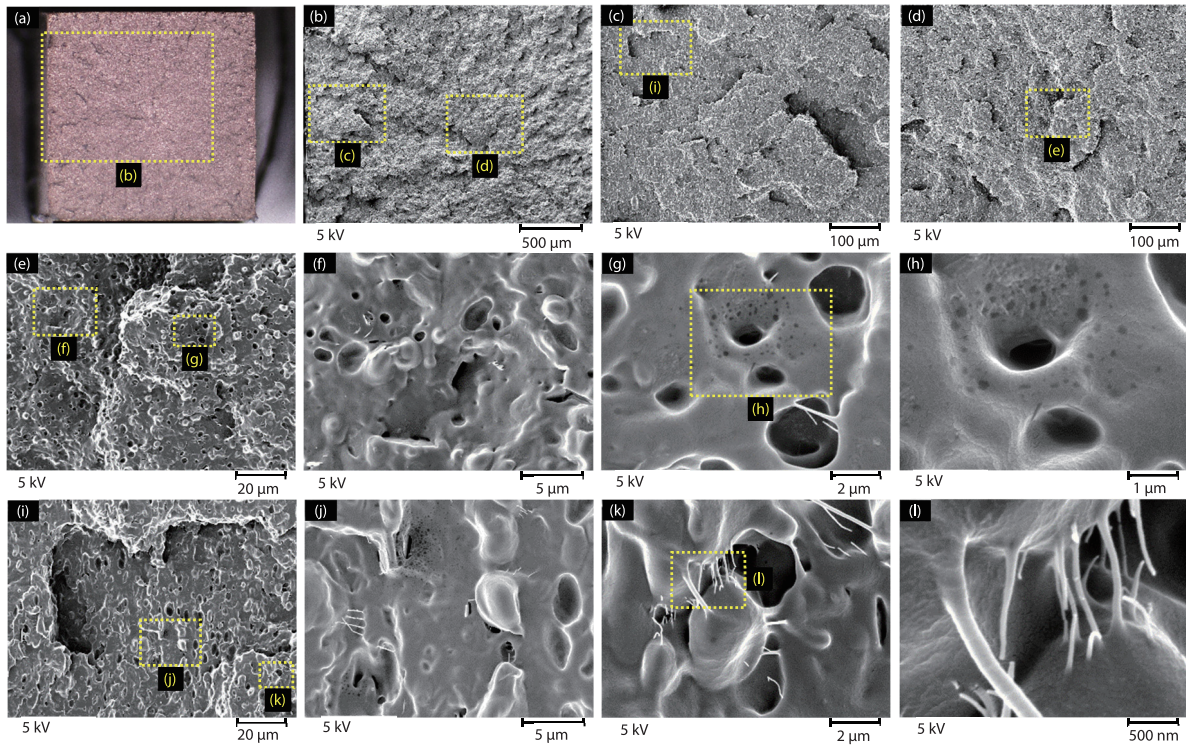


图 8. PP 动态拉伸微观图

2.2 试验结果

应力 - 行程曲线和试验结果分别如图 9 和表 1 所示。高速拉伸试验中 PMMA 和 PP 的拉伸强度均高于静态拉伸试验，证实了这两种塑料材料拉伸强度的试验速度依赖性。

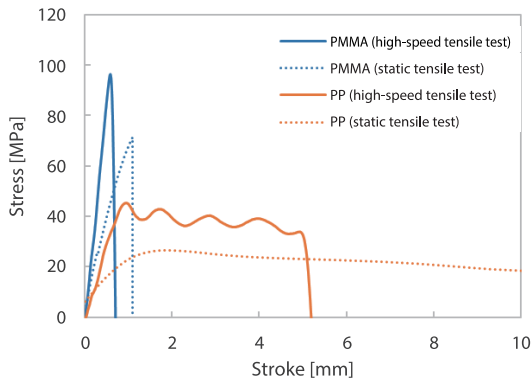


图 9. 应力 - 行程

表 1 试验结果

试样	断裂伸长率 (%)
PMMA (高速拉伸试验)	96.2
PMMA (静态拉伸试验)	71.3
PP (高速拉伸试验)	45.5
PP (静态拉伸试验)	26.4

结论

采用岛津 AG-X Plus 精密万能试验机和 HITS-TX 高速冲击试验机，对 PMMA 和 PP 的拉伸强度进行了测试。结果表明，随着 PMMA 和 PP 拉伸强度的提高，PMMA 和 PP 的拉伸强度均呈线性依赖关系。用岛津公司 EPMA-8050G 型电子探针微区分析仪对两种塑性材料的断口进行了观察。在静态拉伸试验和高速拉伸试验中，两种塑料都观察到了不同的断裂表面，这表明可以通过断裂表面观察来确定损伤的原因。岛津试验系统可用于更精确的安全性评估和分析产品损坏根本原因。虽然 EPMA 通常是元素分析的主要仪器，但是岛津 EPMA-8050G 的使用使得在极端表面区域（如 FE-SEM，甚至在塑料材料中）的微观结构可以得到非常详细的观察。

岛津应用云



岛津企业管理（中国）有限公司
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439
400-650-0439

免责声明：

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；
* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。
如有变动，恕不另行通知。