

Tough 1500 Resin V2

一种坚硬但柔韧的材料，其韧性可与聚丙烯媲美

需要聚丙烯的韧性、可塑性和弹性的原型。

抗冲击夹具和固定装置，适合在工厂车间长期使用。

坚固耐用的外壳与功能元件，如自攻丝螺纹和卡扣。

需要刚度和延展性相结合的部件，以制造可塑性机构，如锁销、弯曲臂和减震器。



V2 FLT01502

编写日期 2025 年 3 月 18 日

版本 05 2025 年 10 月 17 日

在我们所知的最大范围内，此处所载信息均准确无误。但是，Formlabs 公司不对使用这些结果的准确性作出任何明示或暗示的保证。

Tough 1500 Resin V2 是一种弹性材料，其强度、刚度和韧性可与聚丙烯 (PP) 媲美，具有出色的抗断裂、抗冲击和抗破碎性能。无论是用于可塑性机械装置，还是用于使用自攻丝和卡扣的坚固外壳，制造的部件均能兼顾刚度和延展性。Tough 1500 Resin V2 的应用范围非常广泛，从功能性原型到最终使用的夹具和固定装置，应有尽有。

Tough 1500 Resin V2 是一种新的材料配方，可通过 Form 4 系列提供比前一版本高 10 倍的断裂韧性。

材料性能 ¹			方法
	原始部件 ²	后固化部件 ³	
拉伸性能¹			方法
极限拉伸强度	30MPa	34MPa	ASTM D638-14
拉伸模量	1250MPa	1460MPa	ASTM D638-14
拉伸屈服强度	30MPa	34MPa	ASTM D638-14
屈服伸长率	5.6%	6.1%	ASTM D638-14
断裂伸长率	210%	155%	ASTM D638-14
弯曲性能¹			方法
弯曲强度	26MPa	41MPa	ASTM D790-17
弯曲模量	900MPa	1370MPa	ASTM D790-17
韧性¹			方法
IZOD 冲击性能	45J/m	42J/m	ASTM D256-10
无缺口 IZOD 冲击性能	1080J/m	910J/m	ASTM D4812-11
缺口简支梁冲击强度	8.9kJ/m ²	7.5kJ/m ²	ISO 179-1
无缺口简支梁冲击强度	63kJ/m ²	57kJ/m ²	ISO 179-1
Gardner 冲击强度 (厚度 1/32" (0.79mm))	7.0J	5.9J	ASTM D5420-21
Gardner 冲击强度 (厚度 1/16" (1.6mm))	12.4J	11.1J	ASTM D5420-21
Ross 弯曲疲劳	11000 次循环	8000 次循环	内部 (23°C, 30 度偏差, 1Hz)
断裂性能¹			方法
最大应力强度系数 (K _{max})	1.7MPa·m ^{1/2}	1.7MPa·m ^{1/2}	ASTM D5045-14
断裂功 (W _f)	1090J/m ²	1011J/m ²	ASTM D5045-14

材料性能 ¹			方法
	原始部件 ²	后固化部件 ³	
热性能¹			方法
在 1.8MPa 下的热变形温度	42°C	53°C	ASTM D648-16
在 0.45MPa 下的热变形温度	54°C	66°C	ASTM D648-16
热膨胀系数 (0 - 150°C)	116µm/m/°C	99µm/m/°C	ASTM E831-19
易燃性	未测试	HB	UL 94
电气性能¹			方法
	后固化部件³		
介电强度	23.4kV/mm		ASTM D149-20
介电常数 (50Hz)	4.5		ASTM D150 (50Hz)
介电常数 (1kHz)	3.9		ASTM D150 (1kHz)
耗散因子 (50Hz)	0.018		ASTM D150 (50Hz)
耗散因子 (1kHz)	0.013		ASTM D150 (1kHz)
体积电阻率	2.91 * 10 ¹⁵ Ω · cm		ASTM D257-14
其他属性¹			方法
邵氏硬度 D	76D		ASTM D2240
体积密度	1.12g/mL		ASTM D792-20
粘度 (25°C)	1000cP		ASTM D792-20
液体密度	1.02g/mL		ASTM D792-20

生物相容性

依照 ISO 10993-1, 经评估 Tough 1500 Resin 为皮肤接触式设备, 并达到了以下生物相容性终点的相关要求:

ISO 标准	说明 ^{3, 4}
ISO 10993-5	无细胞毒性
ISO 10993-10	无刺激性
ISO 10993-10	非致敏剂

化学相容性

将打印部件制成 1 × 1 × 1cm 的立方体样品, 在相应的溶剂中浸泡 24 小时后, 测量其重量增量百分比:

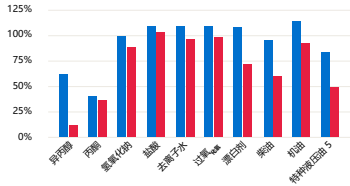
溶剂	24 小时重量增量, %	溶剂	24 小时重量增量, %
醋酸 (5%)	0.22	异辛烷 (又名汽油)	42.92
丙酮	29.64	矿物油 (轻)	0.02
异丙醇	6.54	矿物油 (重)	0.04
漂白剂 (~5% 次氯酸钠)	-0.05	盐水 (3.5% 氯化钠)	0.24
乙酸丁酯	41.35	氢氧化钠溶液 (0.025%, pH 10)	0.17
柴油燃料	0.04	水	0.21
二乙二醇单甲醚	5.71	二甲苯	72.57
液压用油	0.04	强酸 (浓盐酸)	2.15
特种液压油 5	2.41	三丙二醇单甲醚	5.90
过氧化氢 (3%)	0.31		

化学相容性 (ASTM D543)

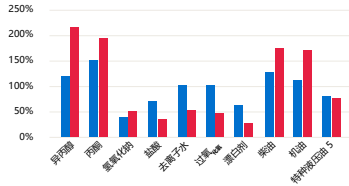
根据 ASTM D543 测试了化学相容性。通过测定不同接触时间后的拉伸模量和强度，测试了不同化学物质对材料的影响。将暴露样品储存在容器中，并完全浸入测试化学品中 1 天和 1 周。取出后，清洗暴露样品并在 22°C 下放置 24 小时，然后进行机械测试。机械测试根据 ASTM D638 采用 IV 型拉伸试样在标准实验室条件下 (22°C) 进行。结果以与非暴露样品测量值的百分比差进行报告。

溶剂	异丙醇	丙酮	氢氧化钠 (0.025% pH=10)	盐酸 (10%)	去离子水	过氧化氢 (3%)	漂白剂 (~5% 次氯酸钠)	柴油	机油	特种液压油 5
相对模量										
1 天	61.80%	41.01%	99.51%	109.90%	109.98%	110.37%	109.63%	95.71%	115.69%	83.62%
1 周	12.37%	37.77%	88.99%	103.73%	97.23%	98.98%	72.70%	60.43%	93.11%	49.99%
相对强度										
1 天	55.66%	54.30%	98.98%	95.49%	99.62%	98.27%	96.26%	94.49%	98.46%	71.99%
1 周	28.85%	49.48%	103.30%	101.11%	99.01%	98.84%	97.71%	63.33%	101.85%	43.65%
相对伸长率										
1 天	118.46%	150.74%	39.05%	70.50%	103.07%	103.02%	63.63%	127.67%	109.53%	80.51%
1 周	219.26%	196.33%	50.69%	35.01%	52.05%	44.92%	25.90%	176.95%	169.00%	74.90%
相对质量										
1 天	112.82%	141.98%	100.22%	100.22%	100.40%	100.41%	100.27%	104.30%	100.42%	108.49%
1 周	135.80%	141.15%	100.23%	100.14%	100.51%	100.71%	100.24%	111.17%	99.95%	119.26%

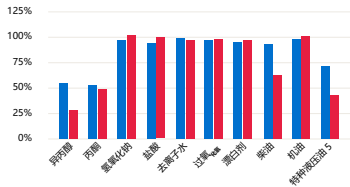
浸泡时间后的拉伸模量



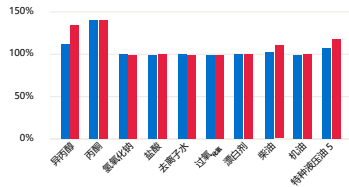
浸泡时间后的断裂伸长率



浸泡时间后的极限拉伸强度



浸泡时间后的吸水量



● 1 天 ● 1 周

¹ 材料性能因部件几何形状、打印方向、打印设置和温度而异。

² 数据来源：使用 Form 4 以 100µm 打印层厚及 Tough 1500 Resin V2 设置打印，且未进行额外处理的原始部件。

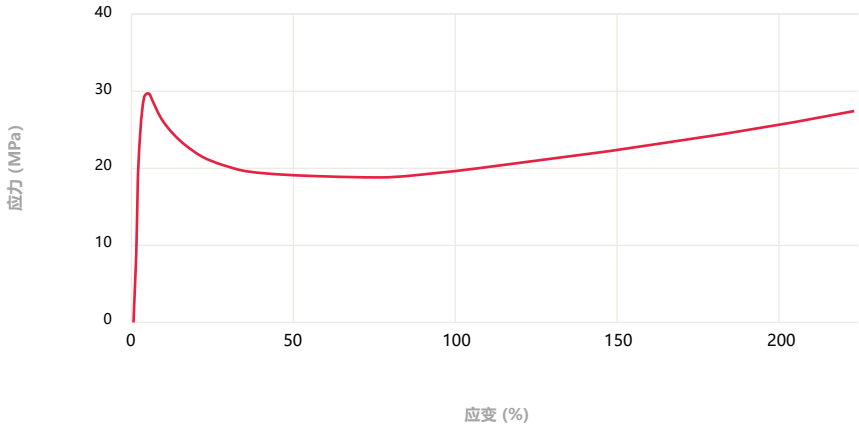
³ ISO 10993 标准测试样品使用 Form 4 打印机以 100µm 打印层厚及 Tough 1500 Resin V2 设置打印，并在 Form Wash 中清洗 10 分钟 (5 分钟清洗, 5 分钟深度清洗)。干燥至少 30 分钟后，用 Form Cure (第二代) 在 70°C 条件下后固化 12 分钟。

⁴ Tough 1500 Resin 在美国德克萨斯州的 NAMSA (北美科学组织) 世界总部进行了测试。

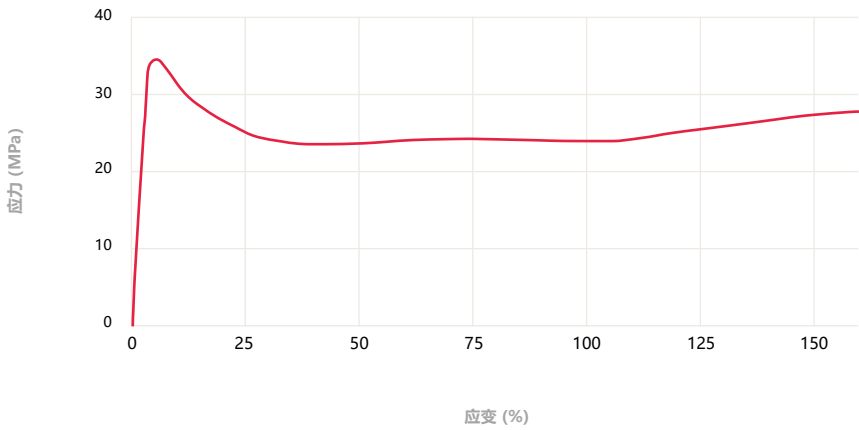
典型拉伸曲线 (ASTM D638-14)

I 型, 50mm/min

原始部件



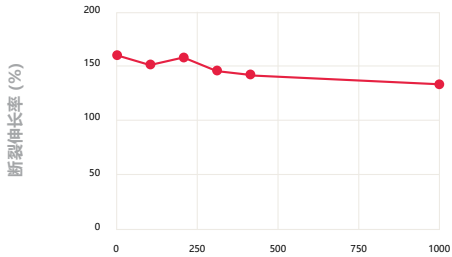
后固化部件



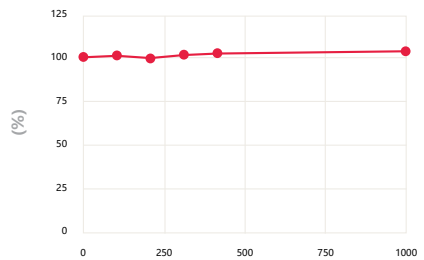
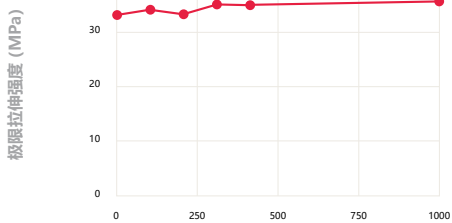
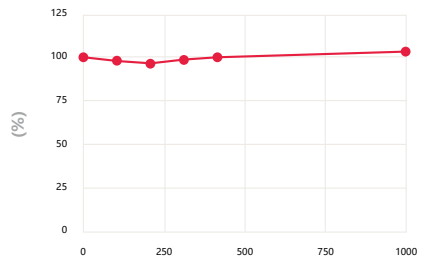
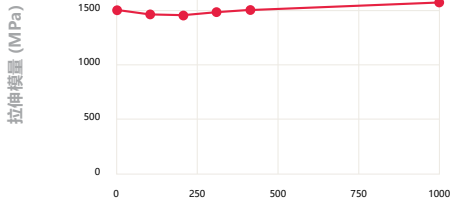
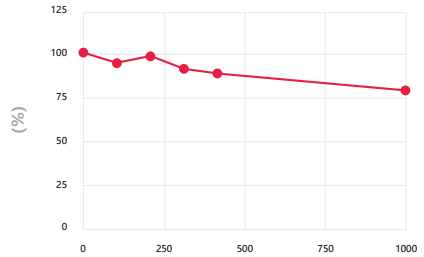
热老化 (ASTM D3045)

Formlabs 使用 ASTM D3045 (无负荷塑料热老化的测试方法) 评估了 Tough 1500 Resin V2 的热老化性能。在该测试中, 对于放置在 50°C 环境中的样品, 测量其在长达 6 周的不同时间段内的机械性能。

测试结果



初始值的百分比 (%)



暴露时间 (h)

暴露时间 (h)

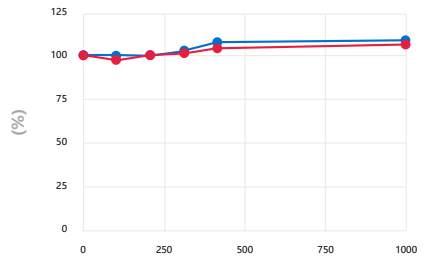
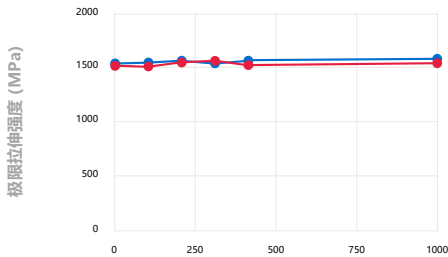
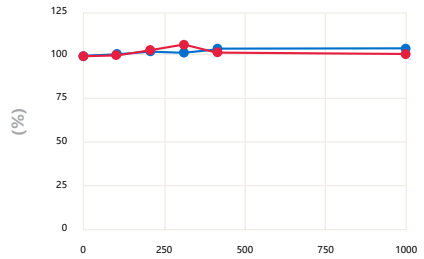
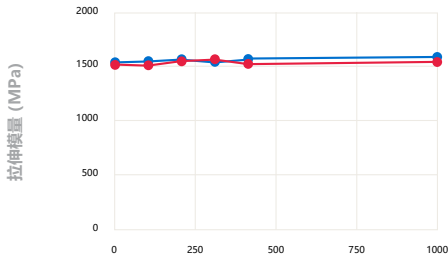
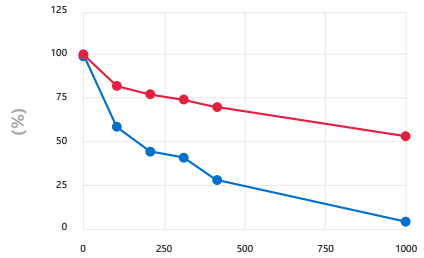
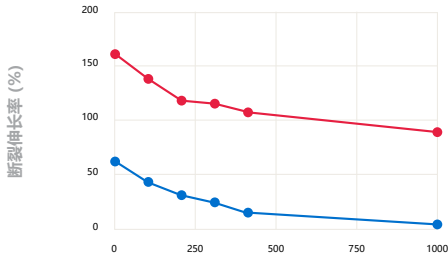
室内老化 (ASTM D4459)

Formlabs 使用 ASTM D4459 (室内用塑料氙灯暴露的测试标准) 评估了 Tough 1500 Resin V2 的紫外线老化性能。该测试模拟了聚合物通过玻璃暴露于太阳辐射下所引起的老化。暴露样品在 22°C 下放置 24 小时, 然后进行机械测试。对照样品则 22°C 恒温保存。机械测试根据 ASTM D638 标准在标准实验室条件 (22°C) 下进行。“0 小时”表示在 22°C 下储存的未老化样品, 并在后处理 24 小时后进行测试。

请注意, 加速老化试验不能完全代表所有老化条件。
Formlabs 建议针对您的特定应用需求额外进行室外测试。

测试结果

初始值的百分比 (%)



暴露时间 (h)

暴露时间 (h)

● Tough 1500 Resin V1 ● Tough 1500 Resin V2

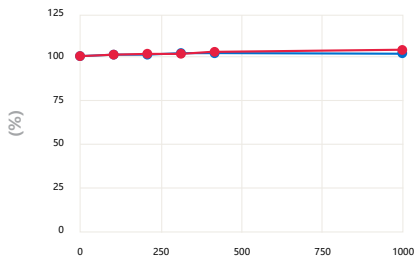
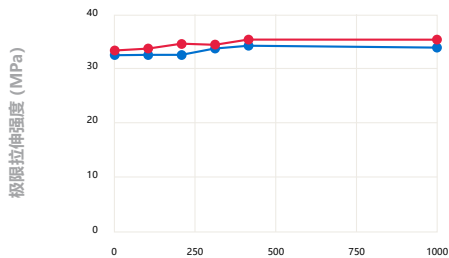
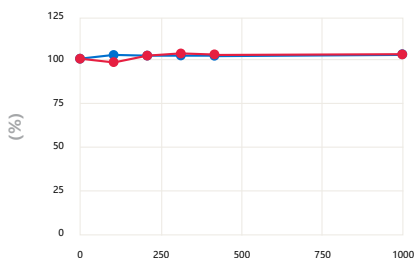
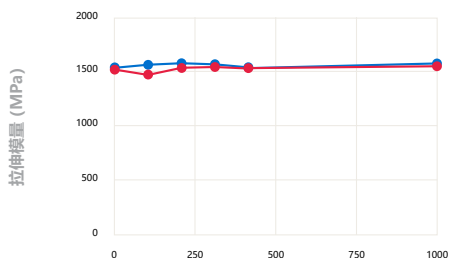
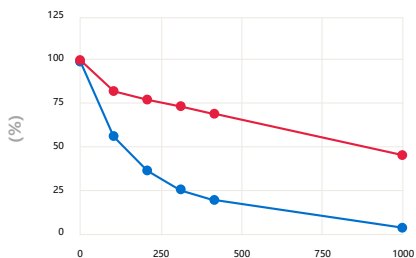
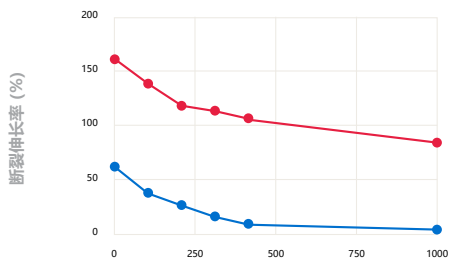
室外老化 (ASTM D4329)

根据 ASTM D4329 (循环 A)，在加速室外老化条件下对 Tough 1500 Resin V2 进行了测试。测试样品暴露在规定的加热、水凝结和紫外线条件下。暴露样品在 22°C 下放置 24 小时，然后进行机械测试。对照样品则 22°C 恒温保存。机械测试根据 ASTM D638 标准在标准实验室条件 (22°C) 下进行。“0 小时”表示在 22°C 下储存的未老化样品，并在后处理 24 小时后进行测试。

请注意，加速老化试验不能完全代表所有老化条件。
Formlabs 建议针对您的特定应用需求额外进行室外测试。

测试结果

初始值的百分比 (%)



暴露时间 (h)

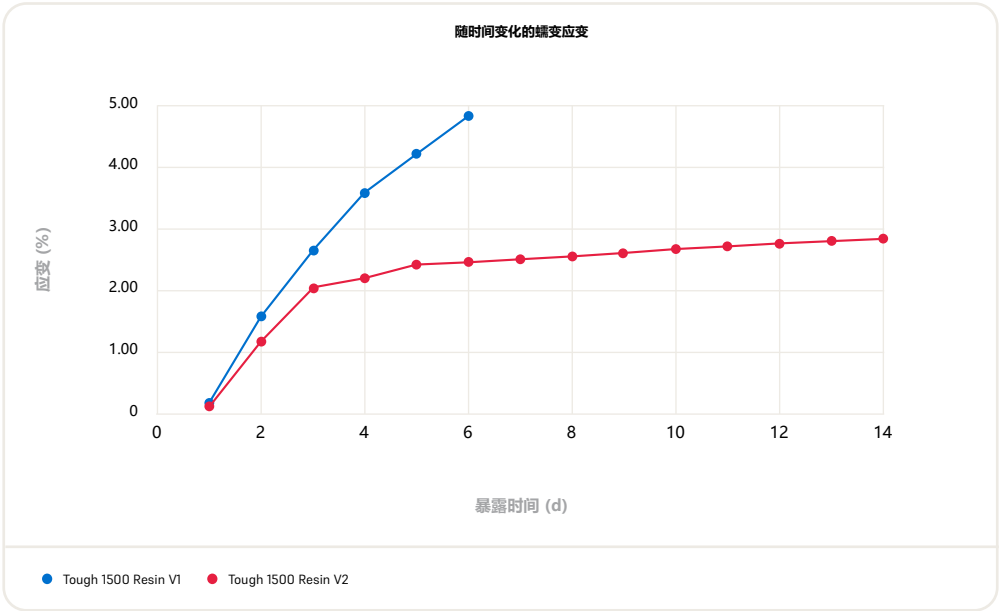
暴露时间 (h)

● Tough 1500 Resin V1 ● Tough 1500 Resin V2

ASTM D4329: 用于一般应用的循环 A, QUV/se, UVA 340nm, 0.89W/m²-nm, 在 60°C 下紫外线照射 8 小时, 然后在 50°C 下于黑暗中凝结 4 小时。在测试期间, 为了减少任何样品翘曲, 将样品放置在定制支架中, 无任何固定夹或机械负载。在下一个冷凝周期之前, 务必将暴露的样品从 QUV 中取出, 以避免样品在测试前被水过度浸泡。

弯曲蠕变 ISO 6602

Formlabs 使用 ISO 6602 评估了 Tough 1500 Resin V2 的抗蠕变性能。该测试测量在固定载荷以及恒定温度下，材料的变形速率。样品在 22°C 以及 4.0MPa 载荷下进行测试。在 14 天的时间里，每天测量一次挠度。



动态热机械分析 (DMA)

图片所示为 Tough 1500 Resin V2 在 0°C 至 140°C (3°C/min) 范围内的 DMA 曲线。在 109.6°C 下观察到玻璃化转变，在 60.8°C 下观察到存储（弹性）模量拐点。

