

SY-154 涂层划痕仪的研制与应用

——符合国际标准和国家标准的国产化仪器

西安航空发动机公司 陈慧敏

本文介绍了 SY-154 涂层划痕仪的性能、结构及使用方法。该仪器结构合理,使用性能符合国际标准 ISO1518-1973 及国家标准 GB9279-88 对涂层划痕仪的技术要求,解决了该项试验仪器的国产化,为贯彻国家标准提供了物质条件。

划痕试验是在标准条件下测定色漆和清漆或有关产品的单层或多层体系抗划针划透性能的测试方法。它通过测定有机涂层在受划针划透时抗穿透能力的大小来确定涂层的硬度、附着力等物理性能,并对涂层在耐介质、耐老化、耐盐雾试验前后诸性能的变化作综合评定。目前,我国已等效采用国际标准 ISO1518-1973 完成了国标 GB9279-88 的制定工作。该国家标准已正式颁布,并开始在全国贯彻执行。

SY-154 涂层划痕仪是根据国际标准 ISO1518-1973 及英国标准 BS3900E₂ 中关于涂层划痕试验仪器的有关规定,仿照英国同类产品设计、制造,用以进行划痕试验的专用设备。1979 年,我公司曾自行设计、制造出第一台涂层划痕试验仪,用该仪器对英国进口的涂料多次进行划痕试验,并按照英国国家标准及英国罗·罗公司材料标准对上述涂料进行全面性能评定,满足了引进的“斯贝”发动机试制要求。

在此基础上,不断对仪器进行改进,按照与英国仪器等效使用的要求,共研制出三代产品,先后制造出多台样机。不仅从性能、外观、结构等方面完全满足要求,而且在噪音等方面均得到改善,并掌握了划针的制造技术,延长了划针的使用寿命,满足了国内进口划痕仪对划针的需求,突破了外商对划针技术的专利控制。

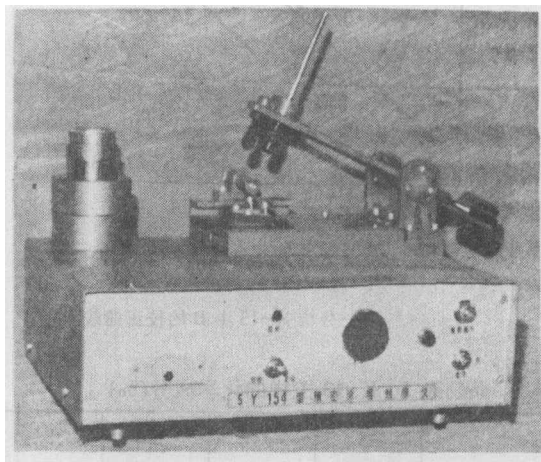
该仪器于 1988 年底通过航空航天部部级鉴定。会议认为:“仪器结构简便合理,使用性能完全符合国际标准 ISO1518-1973,英国标准 BS3900E₂ 以及我国新颁布的国家标准 GB9279-88 对涂层划痕试验的技术要求。掌握了制造涂层划痕仪的全部技术,在关键部件的制造技术上有创新和突破,是各涂料生产厂家及使用涂料的单位进行划痕试验的必备仪器。”

该仪器已开始在全国销售。化工部所属的油漆厂及航空工厂共十余家均反映:该仪器操作方便,运行可靠,重复性好,完全满足涂层的划痕试验要求,填补了我国有机涂层划痕试验的空白,具有推广价值。该仪器已被全国涂料和颜料标准化技术委员会涂料产品标准分会采用来对全国各厂家生产的有关漆类进行划痕试验的验证工作,推荐为贯彻国标 GB9279-88 的测试仪器。

仪器的外形结构如下图所示。

仪器主要包括一个水平的滑动拖板,用一部恒速的电机带动。速度为 30~40mm/s,涂漆试板放在针端下面,划针与漆膜垂直。划针固定在一个夹头里,夹头上面有一个放重量的托盘,托盘上至少应放进总重量为 2000g 的砝码,使划针能够光滑地接触漆膜。一个测定导电性能变化的指示器,可以用作正好穿透漆膜的指示。仪器的底座和

包括电机在内的各种电气零件,都安装在底板上,并用罩子盖住。当仪器出现故障时,只要打开罩子即可进行检查维修。仪器的电压表、指示灯、按钮和各种开关均安装在仪器正面的面板上。



仪器的技术指标为:

划针针尖直径	1mm
滑板移动速度(当划针划透时)	30~40mm/s
划痕长度	70mm
压板斜面与滑板平面间夹角	10~15°
砝码加荷范围	0~2000g(步进值 50g)
工作电压	220V 50Hz
功率	25W
重量	15kg
外形尺寸	37.5×28×13.5(cm)

在划痕试验操作时,应按规定首先检查划针,把符合要求的划针装到夹头上。划针的针端是直径 1mm 的钢珠(用于钢珠轴承的钢球,钢的类型是 1%碳,1%铬)焊接在钢针端部制成。把划针装在夹头里,使操作时的位置垂直于漆层,把试验样板夹紧在仪器的滑动拖板上,使涂漆面朝上,试验样板的长边平行于划痕方向。将规定重量的砝码放在划针上面的托盘上,获得规定的负载。开动仪器电机,使划针在漆层上进行划痕动作。在划透过程中,若发现电压表指针发生偏转或来回摆动,则表示涂层被划穿,划痕已刻至金属底材。当划痕长度超过划痕行程的 1/3 时,该次划痕试验可视为符合规定。待“划痕”动作结

(下转第 10 页)

表 11 两种合金细化晶粒工艺的参数

合金	I 条件热处理			II	III	IV	ASTM
	析出范围, °C	析出最快, °C	选定温度, °C	加工 C	再结晶 °C	时效温度, °C	
Incoloy 901	816~930	871~930	900°C × 8h	954 30~40%	954	780°C × 2h+710°C × 24h, 均空冷	10-13
Inconel 718	816~982	900~927	900°C × 8h	~982 30~40%	968	760°C × 10h, 55°C / 时降至 650°C × 8h, 空冷	10-13

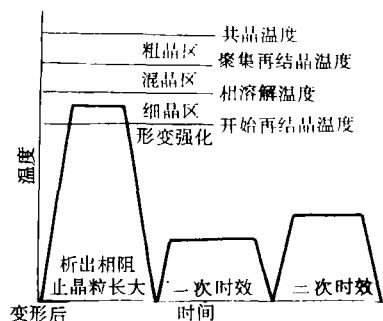


图 26 细化晶粒热处理工艺图(锻后)

$T_{\text{再结晶}}^{\circ}\text{C} < T_{\text{固溶处理}}^{\circ}\text{C} < T_{\text{相溶解}}^{\circ}\text{C} \quad (\eta, \gamma', \dots) ^{\circ}\text{C}$

在以上条件下，固溶处理温度低，热处理后晶粒较细。例如，GH698 合金采用 1000°C 固溶，变形后剩留的大 γ'_{I} 和固溶加热与保温过程中形成的大 γ'_{II} 相，都起一定的阻止晶粒长大作用，获得的平均晶粒尺寸为 40 μ ，相当 ASTM5 级。

(2) 晶界组织控制

从铁基和镍基合金的晶界强韧化观点出发，晶界组织控制有以下几条一般规律：

- ①没有沉淀相的晶界是弱的；
- ②粗的 γ' 相与碳化物均匀分布在晶界上是有益的；
- ③晶界贫化区提供应力松弛区，切变抗力低和应变集中区大，在晶界强度过高时贫化区起有益作用；
- ④晶界形成连续的沉淀相即薄膜相是有害的，是低切变抗力的通道；
- ⑤晶界形成胞状碳化物是不利的。在锻造中要求控制的是随后热处理难以改变的有害晶界相，薄膜相即属此类。目的是使晶粒与晶界相对强度相匹配。

1) 铁基合金中的薄膜相控制

(上接第 36 页)

束，停机后，取下试片检查并记录砣码的总重量。当在规定的负载下进行划痕时，电压表指针不发生偏转或摆动，说明受试的涂漆层，能通过所规定的划痕试验。因此，划痕试验既可以作为是否合格的判定，即用规定的负载压在划针上，进行试验，以评定是否符合某种特定的要求，也可以是在试验时，逐渐增加压在划针上的负载，以便定出被穿破到底板时的最小负载。

按照英国标准 BS3900E₂ 的规定：划痕仪的划针只能使用一次就应更换新件。在无国外资料借鉴的情况下，我们在研制划痕仪的过程中，还解决了划针的制造工艺和低

在铁基合金中出现膜状碳化物已屡见不鲜，例如 Inconel 718 合金发现有 M_6C 集聚在粗晶界上；A-286 合金在 1090°C 或更高温度下暴露则形成 TiC 薄膜；V57 合金和 GH135 合金均发现有 TiC 薄膜，甚至有呈羽毛状薄片存在于晶界面上。

2) 镍基合金中的薄膜相控制

晶界沉淀相的形态与晶粒大小有一定的关系，如表 6 所示，对晶界沉淀相而言，如 M_6C 、 M_3B_2 等，较小的晶粒具有较大的可用晶界析出的晶界面积，随晶粒增大它将形成较厚的或更连续的膜。Udimet 500 合金当晶粒度大于 ASTM 3 级，有足够量的 $M_{23}C_6$ 使之形成薄膜状脆化晶界。锻造时由于过热造成 Waspaloy 合金时效时晶界容易形成连续的 $M_{23}C_6$ 相。Waspaloy 合金控制锻造温度过高和锻压比低时，通常容易形成的是二次析出的 MC 型膜状碳化物。系统地试验表明，在 1180°C 加热不变形时，合金在空冷中析出二次 MC 最多，经 40% 变形 MC 减少；在 1080°C 比在 1180°C 锻造后空冷析出的二次 MC 有显著减少；在 980°C 锻造看不出有再结晶和薄膜状二次 MC 碳化物析出。因为，MC 型碳化物未经高温溶解，空冷过程中没有析出二次 MC 碳化物的条件。晶界硼化物 M_3B_2 相的均匀性与其形状，主要取决于合金中的硼含量，少量的硼能消除形成片状沉淀相的倾向，硼化物形成共晶的温度随硼含量增加而降低（一般为 1210~1230°C），过热与过烧温度也随之降低。由于晶界过多的硼化物造成在高温锻造时，允许的变形量要降低。相反，在较低温度下锻造时，硼化物以颗粒状较均匀分布在晶界，晶界有较好的塑性，允许变形量可以大些，在加工过程中因硼化物热稳定温度较高而起抑制晶粒长大作用。当然，选择较低的锻后热处理温度，使合金获得较细的晶粒尺寸，硼化物仍以颗粒状较均匀分布于晶界，不会呈片状分布。（待续）

温焊接技术，使划针的工作寿命大大提高。当划针在额定负荷下划划 200 次后，在 30 倍金相显微镜下的照片表明：划针针头无磨损，使用前后硬度无变化。此外，在仪器的结构方面，采用了低速永磁同步电机来代替复杂的涡轮杆变速系统，使仪器结构大为简化，数据重现性好，测试性能达到国际标准的要求。由于采取了有效的减震措施，仪器的噪音、振动都达到了国外同类仪器的水平。

划痕试验方法的国家标准 GB9779-88 已经正式施行，SY-154 涂层划痕仪的研制成功及投入批量生产，提供了贯彻该项国标的物质条件。