

BY - 2

电接触固体薄膜润滑剂

——在电子元器件上的应用资料汇编

科学技术文献出版社

BY-2电接触固体薄膜润滑剂
——在电子元器件上的应用资料汇编

中国科学技术情报研究所编

科学技术文献出版社出版

中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：6 字数：146千字

1983年9月北京第一版第一次印刷

印数：7,470

科技新书目：56—77

统一书号：15176·595 定价：0.78元

前 言

众所周知,电接触可靠性问题是电子工业、仪表工业以及通信等方面普遍关心的一个问题。因为各种以电控制的设备,由于接触不良,往往会发生故障,甚至造成严重后果。一种新材料、新工艺或新技术,往往会给生产以很大的促进,给国家与生产部门带来较大的经济效益,受到广大用户的欢迎。

北京邮电学院彭道儒副教授于一九七五年研究成功BY-2电接触固体薄膜润滑剂,并于一九七九年经邮电部有关部门鉴定通过。这项新的科研成果经过几年时间的广泛试验以及在北京、上海、天津、武汉和沈阳等地推广应用,证明它对提高电子设备中电接触元件的可靠性、延长使用寿命、稳定接触电阻、提高抗工业气体腐蚀能力、降低插拔力、改善可焊性等,具有显著效果,还为以银或其他普通金属代替金和铂等金属开辟了一条新的途径。由于许多电子元件涂覆BY-2润滑剂后,其产品质量与成品率大大提高,不仅国内使用单位很满意,而且也受到美、日与东南亚各国厂商欢迎,大大增强了我国电子产品在国际市场上的竞争能力,提高了国际声誉。

为了更进一步推广应用BY-2这种新型润滑材料,编者特组织一些已作过周密试验并在生产上取得了显著成效的科研与生产应用单位总结经验、提供技术材料,以汇编成册,进行交流,使这项科研成果在我国社会主义建设事业中发挥应有的作用。

本汇编工作之所以能按出版计划顺利进行,是与提供情况、稿件的单位和个人的大力支持分不开的。此外,北京邮电学院彭道儒副教授还热心地参加了审校等工作,我们在此一并表示衷心的感谢!

由于水平有限,汇编中错误之处在所难免,诚恳地期望有关领导、作者和读者批评指正。

编 者

1982年9月

目 录

前言

- 一、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在我国电子工业中推广应用的意義和作用
.....北京邮电学院 彭道儒 (1)
- 二、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在我厂的试验和应用
.....北京无线电元件九厂 王振岳 (6)
- 三、BY-2电接触固体薄膜润滑剂的防银变色综合试验比较
.....北京七六一厂 杨家昌、战爱华 (15)
- 四、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在印制电路板上的应用
.....国营北京七三八厂工艺科 (29)
- 五、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在我公司所属各单位生产实践中的应用
.....上海广播电视工业公司技术科 (34)
- 六、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在我厂的推广应用..... 上海电视机一厂工艺科 (37)
- 七、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在碳膜电位器上的应用
.....上海无线电十二厂技术科 顾企明 (41)
- 八、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在可变电容器上的应用
.....天津无线电元件二厂工艺科 (45)
- 九、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在线绕电位器引线上的应用
.....南京无线电元件三厂技术科 (47)
- 十、关于BY-2电接触固体薄膜润滑剂的性能试验与在贵金属材料上的应用
.....北京青云仪器厂技术科 邓瑞芳 (49)
- 十一、关于镀银件浸涂BY-2电接触固体薄膜润滑剂及以银代金的试验
.....北京无线电仪器二厂工艺科 熊培文、杨家骥、孙吟 (55)
- 十二、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在电子计算机插接件上的应用
.....七〇六研究所 曹淑玉、赵本信 (62)
- 十三、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在电位器上的应用
——提高多圈线绕电位器电接触可靠性.....北京市无线电元件三厂技术科 (68)
- 十四、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在简化焊接工艺中的应用七八一厂 吴智典 (70)
- 十五、防银变色工艺试验.....江山机械厂 詹益腾 (77)
- 十六、BY-2电接触固体薄膜润滑剂对半导体器件引线镀层的保护作用
.....北京市半导体器件五厂技术科 (81)
- 十七、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在载波设备维护工作中的应用
.....上海市长途电话局机务一站 周顺孟 (85)
- 十八、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在小型继电器接点上的应用
.....沈阳一一九厂 霍永祥 (88)
- 十九、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在高频中功率晶体管上的应用
.....上海半导体器件研究所 张祖良 (89)
- 二十、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在眼镜行业中的应用..... 北京眼镜厂 董岸 (90)

一、BY-2电接触固体薄膜润滑剂在我国电子工业中推广应用的意義和作用

北京邮电学院 彭道儒

引 言

为了提高我国电子设备的可靠性，1975年作者研究成功“北邮—2号”（简称“BY-2”）电接触固体薄膜润滑剂。这一科研成果于1979年4月在邮电部主持下，经有关单位鉴定通过，并由部颁发了鉴定证书。此后这项成果即开始在全国许多省市进行推广应用。几年来已有千家以上电子工厂与科研单位在生产上广泛应用。经过大量试验与生产上较长时间的考验，证明在电接触元件上（包括开关件、插接件、电位器等等）使用BY-2润滑剂，对提高元件的使用寿命和可靠性有显著作用。此外，在防银变色与改善可焊性等方面也有明显效果。为了总结经验，有利于进一步推广应用，使BY-2润滑剂这种新型润滑材料更好地为我国电子工业服务，本文特就以下几个方面的问题作进一步阐明。

一、在电接触元件上应用接点润滑剂的意義

由于电接触元件是沟通电路的枢纽，它在电子设备中占有很重要的地位，且用量很大，因此这类元件的质量好坏与成套电子设备的质量有着密切的关系。从目前电子产品中大量暴露出来的问题的统计分析来看，由于电接触元件出现接触不良所造成的故障率，占了总故障率的首位。以我国长途通信为例，由于电接触不良所造成的故障率一般占60%以上，个别线路高达90%以上。航空与导弹武器等也常由于电子仪器中电接触发生障碍而失去控制使飞机失事，导弹坠毁，造成巨大经济损失。因此，如何提高这类元件的可靠性，以确保整机的可靠性，早已引起一些技术先进国家的重视，其中美国较早提出了改善和提高电接触元件可靠性的要求，并经斯坦福大学十多年的努力，终于在1966年前后研究成功“ODA·HCl”这种能明显提高电接触元件（用到镀金件上）使用寿命的新型润滑材料。这一创举到七十年代初引起了英国、法国、日本等国的重视，相继开展了这方面的研究工作。在1975年前后的几年中又研制出“II”、“CRC2—26”、“G526”以及用矿物油和硅油为基础的系列产品共十多种效果较好的电接点润滑剂。此后在美国、日本、法国和英国的电子产品上已相当普遍地采用这种新材料。这项技术发展如此迅速的原因是，在电接触元件上涂覆新型润滑剂，能明显减轻接点金属的磨损，延长寿命，稳定接触电阻，提高元件的可靠性，且花钱少，经济效益大，增强了产品的竞争性，可称是提高元件质量的一个多快好省的途径。从1975年研究成功BY-2润滑剂以来，大量试验与生产应用表明，这种新材料对提高电接触元件质量确实有显著效果，受到国内生产部门和科技界的广泛重视。不过，还有不少生产单位与科技人员，对国内外这种新材料或新工艺的发展，尚缺乏认识。有的生产单位则只满足于生产任务的完成，对产品的可靠性缺乏考虑。这就使得许多电子产品的质量难以真正提高。当然一种新材料或新工艺的出现，也只能解决某些方面的问题，而且不免会存在某些缺点。但今天的电子

工业已是一门综合性的科学技术，它的发展与进步和其他科学技术的发展关系甚大，因此，汇集和利用其他科学技术领域的成果，来提高和发展电子工业显然是十分必要的。所以，笔者认为要使产品质量不断提高，生产迅速发展，对国内外科技发展动态与出现的新材料、新技术、新工艺必须十分重视尽可能地加以利用，打破思想上与技术上的保守，才能不断推进产品质量的提高与生产的发展。

二、电 接 点 润 滑 剂 的 作 用

从减少摩擦和磨损的因素来看，电接点润滑剂与普通机械润滑剂有着相同的作用，即根据摩擦定律的原理，则：

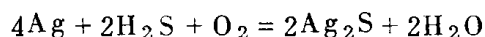
$$F = fP$$

F ——摩擦力

f ——摩擦系数

P ——接触正压力

根据大量的试验测定结果，得知在摩擦系数保持一定时，摩擦力 F 与接触正压力 P 成正比关系，即接触正压力越大，摩擦力越大，磨损也就越厉害。另外，又从试验得出不同物质各有不同的摩擦系数，其中润滑剂的摩擦系数约为金属摩擦系数的 $1/10 \sim 1/50$ 。因此润滑剂对于机械设备的作用，早已为人们所认识，并且润滑剂已成为不可缺少的材料。然而在电接触元件上以往却很少应用润滑材料，大概由于担心在接点上涂覆润滑剂会影响导电的缘故。为了保证电接触良好，通常以为元件结构设计得愈紧密接触得越好，事实上结构愈紧密，接触正压力 P 增大，摩擦力 F 随之增大，磨损也就越厉害，结果使电接触元件的寿命缩短，电接触反而变得不可靠。另外由于在接点金属表面未涂覆润滑保护层，金属便直接暴露在大气中，故又成为电子设备中最易遭受腐蚀的薄弱环节。以电接触元件中应用最多的镀银件为例，银对硫有很强的亲和力，在普通大气中只要存在极微量的（千万分之一左右） H_2S ，同时在氧气的作用下，就会发生下列化学反应：



反应结果使银表面不断生成黑色的硫化银腐蚀产物，使接触电阻变大和不稳定，加上机械磨损，很快便会出现接触不良，造成元件的不可靠。针对这些特点，如采用一种特别的电接触润滑剂，使它在不改变接触正压力 P 的情况下仅改变摩擦系数 f （一般可减小 $90 \sim 97\%$ ），使摩擦力 F 下降，磨损也就大大减少；同时，它还能很好地保护金属表面免遭大气腐蚀，那么，这种润滑剂显然是较为理想的。若润滑剂能发挥上述两个作用，对延长接触元件的寿命，提高其可靠性将是有力的措施。

作为一种理想的电接触润滑剂，它必须能满足下列十多个技术指标，即：具有优良的润滑性能；有很强的附着力；能防潮湿；防盐雾；防霉菌；防工业性气体腐蚀；接触电阻小且长期稳定；有较高的绝缘电阻系数；有小的介电损耗；化学性质稳定；不腐蚀金属；不影响焊接；不粘附灰尘；有良好的耐高低温性能等等。如果能全面满足这些指标，对于提高电接触元件的可靠性，就能得到满意的结果，这也就是电接触润滑剂的重要作用和使命。

三、BY-2润滑剂的特性与吸附效应

BY-2 润滑剂是由人工合成的高级胺盐等多种有机极性物质构成。它对金属表面有很强的附着力和覆盖能力，故其润滑性能与防腐蚀性能均很显著，是一种双效的电接触固体薄膜润滑剂，其性能和主要指标如下。

1. 性能

BY-2 润滑剂本身为淡黄色中性固体蜡状有机物，比重 $0.81\sim 0.83$ ，不溶于水，易溶于热的汽油、油精、甲苯、丙酮等有机溶剂。熔融温度为 $70\sim 74^{\circ}\text{C}$ ，有很高的化学稳定性与抗热氧化能力，热分解温度在 350°C 以上。

BY-2 润滑剂的电性能参数为：体积电阻系数 ρ_v 在 $10^{10}\sim 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$ 之间；介电常数约为4左右；介质损耗角正切值 $\text{tg}\delta = 6\times 10^{-3}$ ；涂覆在金属表面形成薄膜润滑层时，薄膜的电阻 $R = 1.47\times 10^{-3}\Omega$ 。

2. 技术指标

(1) BY-2 润滑剂使用环境温度：在 $-55\sim +55^{\circ}\text{C}$ 范围内性能稳定，不产生龟裂、不脱落、不吸附灰尘，一次涂覆可以长期使用。

此外，也允许在短时间（3~5小时）内超熔点使用，但工作温度最高不得超过 100°C 。

(2) 接触电阻：以浓度为4%的BY-2 润滑剂的汽油溶液浸涂到开关、插接件等的金属表面，对接触电阻无明显影响，并可保持长期稳定。

(3) 绝缘电阻：BY-2 润滑剂本身为固体绝缘蜡状物质，浸涂或扩散到聚碳（醋酸酯塑料）基座上，在相距1mm范围内，在常态下绝缘电阻不低于 $5\times 10^{10}\Omega\cdot\text{cm}$ 。

(4) 在镀银件表面涂4%BY-2 润滑剂，在100ppm的 H_2S 与700ppm的 SO_2 气氛中，在常温下48小时无明显腐蚀，银表面保持原有金属光泽。

(5) 在金、银、铜、铂（铂系合金）四种接点金属层或镀层以及焊锡上涂覆BY-2 润滑剂长期无腐蚀，不影响焊接。

(6) BY-2 润滑剂熔融温度范围：用毛细管法测定为 $70\sim 74^{\circ}\text{C}$ 。

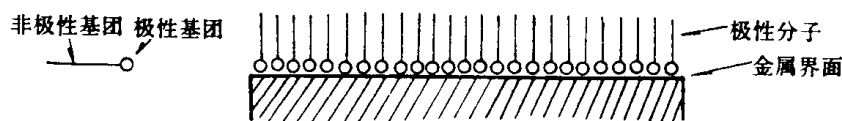
(7) pH值测定：取0.5克均细的BY-2 润滑剂，用10毫升无水酒精加热溶解，取精密（pH）试纸一条，用蒸馏水浸湿后插入无水酒精溶液中，观察变色范围 $\text{pH} = 7\pm 0.2$ 。

(8) 弱电开关或插接件浸涂4%的BY-2 润滑剂，比未涂BY-2 润滑剂的元件，寿命一般能提高3~5倍以上。接触压力在50克以上的插接件浸涂4%的BY-2 润滑剂，插拔力下降为 $1/3\sim 1/5$ 以下（接点压力越大，插拔力下降越明显）。

3. 吸附效应

大量试验证明，BY-2 润滑剂是一种具有综合性能的电接触润滑剂，它能满足前面所指出的十个以上的技术指标，比目前国际上其他类型的电接触润滑剂具有更多的优点。在1980年前后，曾得到美国和法国的电接触润滑剂样品共七种，分别进行试验比较，发现这些产品在抗大气硫化腐蚀与防银变色等方面的效果，均不如BY-2 润滑剂好，也不如BY-2 润滑剂那样持久。

BY-2 润滑剂之所以有上述良好的效果，主要是它本身由多种极性分子构成，具有良好的吸附效应。通过分子的永久偶极与瞬时偶极的力场，在金属表面能形成如图所示的定向排



BY-2 润滑剂成份中的极性分子在金属表面的定向排列吸附示意图



经电子显微镜摄影的横切面照片

注：照片为观察到的镀银片涂覆 BY-2 润滑剂后的横切面情况，箭头所指即为 BY-2 润滑剂涂层，下部为银片断面。电子显微摄影放大4000倍。

列的紧密吸附层。

由计算得出，所含极性分子的长度为16.5~17Å，宽度为4~4.5Å。

经用4%浓度BY-2润滑剂溶液浸涂镀银件表面，观察电子显微镜摄影的横切面照片，得知BY-2润滑剂涂层的厚度实为3~5μ（微米）。如照片所示。

实际厚度比理论上形成单分子定向排列的吸附层要厚得多，即实际上已形成了多分子层的紧密覆盖层。并且在70℃以下能保持稳定的固体薄膜状态，所以BY-2润滑剂在常温和处于±55℃的环境温度下，能够很牢固地附着于金属表面，显示出优良的润滑性与耐磨性，同时也严密隔绝了大气中的潮湿气体和工业性腐蚀气体（SO₂等）

与金属表面的接触，因而既起到润滑作用同时又达到了防大气腐蚀的效果。

四、应用BY-2润滑剂所取得的效果

在本汇编的每篇文章中，均已分别对不同产品和不同的金属表面上应用BY-2润滑剂后所取得的效果，作了详细的介绍。笔者在这里仅举数例作为典型加以阐明。

第一、我国电子计算机用的直键开关与电视机用的高频转换开关，以往的寿命都难以达到一万次的国家指标，应用BY-2润滑剂以后，使用寿命普遍提高了一个数量级，即由原来的5,000至7,000次寿命提高到50,000至70,000次，有的已提高到100,000次。另外，如碳膜电位器与金属线绕电位器应用BY-2润滑剂后，寿命也提高了5倍以上，同时还增加了输出信号的稳定性，减少了动噪声的产生。

第二、由于BY-2润滑剂具有优良的润滑性，它涂覆在金属表面上，能使摩擦系数发生很大改变，摩擦力减小，使得一些插接元件的插拔力减小80~90%，不仅延长了插接元件的寿命，提高了电接触可靠性，而且还给操作上带来了很大的方便。

第三、BY-2润滑剂有很强的防工业大气腐蚀能力，特别是对防银变色有很突出的效果，能使镀银件在普通大气中保持5年以上不改变颜色，不影响接触电阻和焊接性能，故目前许多电子厂家已把它当成一种防银变色剂使用。至今，不少厂家还将BY-2润滑剂与国内其他多种防银变色剂如：“TX”与“A+B”等作了较长时期的对比与大气暴露试验，发现“TX”与“A+B”等的防银变色能力不能持久，只能维持半年至一年左右，而BY-2润滑剂至少可维持5年，甚至更长些。此外，BY-2润滑剂涂覆在镀金件表面，对镀层微孔的堵塞，以及浸涂到铂、铜、锡与铅锡合金等金属表面（铁除外），都具有良好的防大气腐蚀与有机气氛腐蚀的作用。

第四、由于BY-2 润滑剂具有优良的防氧化与硫化等腐蚀作用，故涂覆在电子元器件的引线与管脚上，对保持焊接性能与减少假焊和虚焊的作用也很明显，如南京无线电元件三厂等单位，将BY-2 润滑剂涂覆在引线上作保护层，取消了刮引线与浸锡工序，节约了大量的人工和焊锡，提高了焊接质量。天津无线电元件二厂，将BY-2 润滑剂应用于可变电容器生产中，不仅提高了产品质量，获得了很大的经济效益，并使我国电子元件进入了国际市场，取得了很好的国际声誉。

第五、为节约黄金等贵金属创造了条件，许多高级的电子元器件及其引线都采用镀金，但因金不易镀厚，目前国内一般只能镀 $1 \sim 1.5\mu$ （微米）。由于镀金太薄，存在许多微孔，从电子显微镜下观测，1 微米左右厚度的金镀层，1 平方厘米面积上有一百多个微孔。这样，电位高的金镀层便通过微孔与电位较低的底层金层（铜或镍）形成原电池腐蚀，结果使金镀层脱落，接触电阻不稳定，严重影响一些电接触元件的寿命与可靠性。有关厂家几年来进行的大量试验证明，在镀银件上涂覆BY-2 润滑剂，能使寿命与可靠性比单纯镀金提高4 倍以上。实践证明，以镀银取代镀金，对提高电接触元件的质量更为有利。这是由于银的导电性能优于金，且银易于镀厚，银一般镀层厚度为 $8 \sim 12\mu$ ，最厚可达 30μ ，故银镀层的耐磨性比非常薄的金镀层好得多，加之涂覆BY-2 润滑剂后又大大减少了磨损，同时解决了银层变色问题，这样就非常有利于发挥银的优越性。尤其是一些元器件引线的金镀层，由于厚度不足一微米，孔隙更多，经过微电池腐蚀后很快便影响可焊性，因而在使用时常常要把金镀层刮掉，经过浸锡后才能焊接，这样便白白浪费了许多黄金。因此，笔者建议，开关与插接元件等可采用镀银并涂覆BY-2 润滑剂以取代镀金，而在元器件的引线与管脚上最好镀铅锡合金加上涂覆BY-2 润滑剂来取代镀金，这样不仅可大大减少黄金的用量，实际上还提高了元器件和焊接件的质量，从而保证了可靠性。北京无线电仪器二厂和原三机部某些厂家自1981年起已开始采用上述工艺，并获得了较好的成效。

以上几个方面只是一些比较典型的事例，许多单位在其他方面的应用，也获得较好的效果，这里不多列举。

五、在BY-2 润滑剂应用过程中存在的问题与应该注意的事项

BY-2 润滑剂是作为一种电接触润滑剂而研制的，它有一定的服务对象和适用范围，因而在使用过程中应该注意以下几个方面的问题。

第一、BY-2 润滑剂是一种专门供电子设备使用的新型润滑材料，其成本较高，不宜作普通机械润滑油使用。同时，由于它的成份中含有少量溴离子（ Br^- ），所以不适合于在钢铁上使用，而只适合于在金、铂、银、铜、锡、铅锡合金等金属或镀层上使用。

BY-2 润滑剂是一种固体蜡状物质，它必须借助于有机溶剂在水浴中（或蒸汽）加热溶解成溶液后方可浸涂到金属表面。它能溶解于热的 120° 溶剂汽油、无水酒精、二甲苯、丙酮、二氯乙烯和松节油等。但试验结果以 120° 溶剂汽油比较理想，象无水酒精比汽油更易挥发，浸涂效果也不如汽油好；二甲苯有轻微毒性，丙酮和松节油均有较大气味，不适合生产上应用。但汽油很容易着火，使用时必须十分严格地按工艺规定操作。绝不可用火（如电炉等）直接加热，只能用水浴或水蒸汽加热，操作间内严禁烟火，电开关与保险丝必须设置在操作间之外，照明要加防爆灯罩。要安装排风扇，务必使汽油蒸汽随时排出室外。操作间内外应

备有四氯化碳等消防器材。操作间必须远离主要车间，最好建一间单独的小房间，由专人负责，以便保证安全。

第二、BY-2 润滑剂的浓度以 1~4% 为限，大于 4% 将会涂覆太厚，使接触电阻增大，通常配 2~3% 的浓度比较适当，即每量取 100 毫升 120# 汽油可加入切细的 BY-2 润滑剂 2 克或 3 克。在生产中大规模浸涂 BY-2 润滑剂时可按上述比例扩大配制即可。在水浴上加热时汽油温度保持 60~65℃，不可高于 70℃ 以上，以免汽油过分损失。当浸涂 BY-2 润滑剂溶液时间较长时，由于汽油易于挥发，溶液浓度变大，必须进行浓度测定，以便适当地补充汽油。

第三、浸涂过 BY-2 润滑剂的镀件或元件，必须置于 70±5℃ 的烘箱中，烘于 20~30 分钟，否则会影响抗大气腐蚀能力。

个别地区如买不到 120# 汽油，可用 200# 汽油代替，烘干温度提高到 80±5℃。但不管用什么汽油都不能含水份和杂质，如发现有上述情况应更换汽油，或经蒸馏与干燥，过滤后再用。

第四、一定要把电镀件上的镀液彻底清洗干净、烘干，在 24 小时内尽快涂上 BY-2 润滑剂，以防止腐蚀变色。

总之要使 BY-2 润滑剂在生产上发挥较好的效果并保证安全生产，必须严格按工艺操作，按科学规律办事。如果需进一步了解有关 BY-2 润滑剂的作用原理，涂覆设备的制作，浸涂溶液的浓度测定等问题，请参阅《电接触可靠性与 BY-2 电接触固体薄膜润滑剂的研究与应用》（北京市科学技术情报研究所出版，彭道儒著，1980 年 10 月）。

另外为了满足广大用户的需要，BY-2 润滑剂已由北京邮电学院校办工厂（邮电第四试验工厂）成批生产供应，同时可提供技术资料，用户可直接与该厂供销科联系。

二、BY-2 电接触固体薄膜润滑剂在我厂的试验和应用

北京无线电元件九厂 王振岳

北京邮电学院彭道儒副教授于 1975 年 8 月合成出用于机电元件接触点的新型润滑剂，首先在我厂开始进行试验，经过大量的试验以及对试验数据进行分析处理。试验结果表明，应用 BY-2 润滑剂对产品性能提高有很大的好处。1976 年 10 月，我厂在工艺上准备完毕后就在大批量的生产中使用该润滑剂，并纳入电镀后的一道工艺固定下来。经过近六年的使用表明，效果良好。现把我厂的试验和应用情况简要地汇报如下。

一、静态贮存试验

1. 高温、高湿及腐蚀气体下贮存试验

（1）试验条件

试样采用 CD₁ 型矩形插头座（接触对镀银）、CZJX-Y 印制电路板插座（接触簧片镀

银)，应用高温及高湿腐蚀气体加速试验的方法，以24小时为一循环，在一至四循环中，只进行较高温度和湿度贮存（温度为55℃、湿度为95%）元件置于潮湿箱中。自五至十一循环中除高温和高湿外还加入腐蚀性气体（H₂S、SO₂、CO₂）。加入方法是每一循环末将产

表1 CD₁静态失效统计（电气失效指标R₀>10mΩ）

试样 编 号	循环数	0~4	5	6	7	8	9	10	11	备 注
	失效点 数	未加腐蚀 性 气 体	加入腐蚀性气体 (H ₂ S, CO ₂ , SO ₂ 等)							
1*	0	0	0	0	0	1	1	0	0	镀银不涂润滑剂
2*	0	0	0	0	8	1	0	4	0	“
3*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	“
4*	0	0	0	0	1	4	0	0	1	“
5*	0	1	0	3	2	2	2	1	1	“
失效产品数		1	1	3	4	4	4	4	4	“
失效产品%		2%	20%	60%	80%	80%	80%	80%	80%	“
中位秩表%		13%	13%	50%	69%	69%	69%	69%	69%	“
失效点数	0	1	1	13	21	24	29	31		“
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	镀银涂BY-2润滑剂
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	“
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	“
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	“
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	“
累积失效数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	“

表2 CZJX-Y印刷电路板插座静态贮存失效统计

失效点数	循环次数	0~4	5~7	8	9	10	11
1* 镀Ag		0	0	0	1	0	0
2* “		0	0	1	0	1	0
3* “		0	0	0	0	0	0
4* “		0	0	0	0	0	0
5* “		0	0	0	0	0	0
失效产品数		0	0	0	2	2	3
失效产品%		0	0	20%	40%	40%	40%
中位秩表%		0	0	13%	31%	31%	31%
失效点数累积		0	0	0	2	3	3
6* 镀Ag涂BY-2		0	0	0	0	0	0
7* “ “		0	0	0	0	0	0
8* “ “		0	0	0	0	0	0
9* “ “		0	0	0	0	0	0
10* “ “		0	0	0	0	0	0
失效产品		0	0	0	0	0	0

注：5~11循环加入腐蚀性气体。

品从温湿箱中取出放入盛有上述气体的密封容器中 1 小时，气体浓度为 1/4000（腐蚀性气体与空气之比），在上述条件下对涂与不涂 BY-2 润滑剂的元件进行对比。

（2）失效指标与计量

①以接触电阻大于 $10\text{m}\Omega$ 作失效标准，测试仪表用 ZC20 型毫欧姆表，方法是每一循环末将零件取出，烘干半小时（温度为 40°C ）后测试。

②观察外形

（3）结论

①涂 BY-2 润滑剂与不涂 BY-2 润滑剂的元件对比较果是明显的，从外观上涂 BY-2 润滑剂的元件仍然有银的光泽，大大地优越于未涂 BY-2 润滑剂的元件。失效情况可见表 1 及表 2。在第八循环时 未涂 BY-2 润滑剂的 CD_1 已有 80% 失效。由于试样少，故按中位秩表计为 69%，而涂 BY-2 润滑剂的在十一循环末仍保持完好。未涂 BY-2 润滑剂的 CZJX-Y 在第十循环时 40% 失效，按中位秩表计为 31%，而涂 BY-2 润滑剂的元件无一失效。

②以我厂条件为准，在厂里贮存 6 年的镀银零件，其表面腐蚀情况从外观考察相当于上述加速试验的两个循环，依此推算，十一个循环可相当于在我厂环境下贮存 5 年以上。因此，对于一般的民用产品涂 BY-2 润滑剂后进行长时间贮存应当是可靠的。

2. 单纯腐蚀气体试验

（1）试验目的：在相同腐蚀气体条件下（即 H_2S ， SO_2 ， CO_2 气体）对比镀银簧片在涂覆不同润滑剂条件下的耐腐蚀能力，即采用外观方法对比。

（2）试验结果

①未涂覆润滑材料的镀银簧片 30 分钟表面变黄，2 小时变黑；

②涂 4 号真空脂的镀银表面 4 小时变黑；

③涂 201 号航空润滑脂的镀银表面 20 小时变黑；

④涂含 4% BY-2 润滑剂，石油醚溶液后烘干（烘温为 60°C ）80 小时变黑；

⑤涂含 4% BY-2 润滑剂，120# 溶剂汽油溶液后烘干（烘温为 60°C ）80 小时变黑；

⑥法国石塔公司 1965 年镀银簧片（其上涂有该公司润滑材料）40 小时变黑，1973 年镀银簧片 40 小时变黑。

（3）结论：由上述试验可见，BY-2 润滑剂耐腐蚀气体能力比其他材料要强，比 1965 年和 73 年法国的润滑材料还要优越。

3. 日光曝晒和灰尘试验

试验目的：考核涂有 BY-2 润滑剂的产品在太阳光直接照射和受风沙灰尘侵袭下对产品性能的影响。

表 3 曝晒后的与未曝晒的接触簧片的接触电阻测试结果（毫欧）

接 触 点 序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
涂 BY-2 曝晒后擦去灰尘	2.5	2	1.5	1.5	1	2.5	2	1	1	1	1	2
涂 BY-2 曝晒后未擦去灰尘	2	2.5	1	2.5	2	1	1	3	1	1.5	1.5	1.5
未涂 BY-2	1.5	4	1.5	2	1	1	1	1	1.5	2	1	2
涂 4% BY-2 石油醚	1	1	1	4.5	1	1.5	1	1.5	1.5	2	1.5	2

试验取样是涂有熔融状态BY-2润滑剂的KZJ直键开关的接触簧片，经过十三天太阳直射和风沙侵袭取回组装试验。

(1) 焊接性能良好；

(2) 曝晒后的与未曝晒的接触电阻测试结果（毫欧）如表3所示；

(3) 结论：从以上数据可以看出，涂有BY-2润滑剂的产品，经过阳光下曝晒，性能仍然稳定，BY-2润滑剂是固体状润滑剂不易吸附灰尘，对于附着在它上面的灰尘等物质经过风吹都可以吹掉，与4号真空脂等油状物质相比具有明显的优越性。

4. 霉菌试验

(1) 试验目的：考核BY-2润滑剂的抗霉性能。

(2) 试验方法和结果

把黑曲菌感染和没有用霉菌感染的试样在室温（30~35℃）条件下，同时放入饱和水汽的玻璃瓶中培养，经过两个月的观察，黑曲霉感染BY-2润滑剂试样未发现霉孢子的增长和繁殖。而黑曲霉感染的4号真空脂却有明显的繁殖，没有经过感染的BY-2润滑剂试样未发现霉孢子的滋生，而没有感染的4号真空脂却有一定量的滋生。分析原因是BY-2润滑剂成份中主要是十八烷氨溴化氨，其中溴离子本身对细菌霉菌有较大的扼杀能力，使BY-2润滑剂有一定的抗霉性能。

二、动态试验

1. 单纯插拔动作寿命试验

(1) 将直键开关镀银簧片123片浸涂熔融状态BY-2润滑剂，装成直键开关进行插拔试验，开始每千次测接触电阻变化，一万次后改为每万次测接触电阻的变化，经十万次寿命试验共测试5280点，其结果如下：

接触电阻在10mΩ以下，5239点，占99.2%；

接触电阻在10~20mΩ，40点，占0.77%。只有一点在第十万次时接触电阻大于30mΩ。

(2) 将直键开关簧片182片浸涂浓度4%BY-2润滑剂，溶剂为二甲苯的溶液，烘干后装成直键开关，经65000次寿命试验共测试2084点，其结果如下：

接触电阻在10mΩ以下，2046点，占98.28%；

接触电阻在10~20mΩ，38点，占1.82%。

（注：原四机部直键开关部颁标准，一万五千次寿命试验后接触电阻不得大于30mΩ）

我厂生产的KZJ型直键开关在未涂覆BY-2润滑剂前，一般寿命只在一万次左右。以上试验表明，涂BY-2润滑剂的直键开关产品比未涂覆BY-2润滑剂产品寿命大大提高。

2. 插拔动作与恶劣环境条件相结合的寿命试验

(1) 试验目的：在单纯机械寿命的例行试验中往往有这样的现象：即使把接点镀层全部磨损掉立即进行试验，接触电阻仍然合格。其原因是腐蚀层没有能生长起来，因此动态寿命试验应与恶劣的环境相结合，以模拟在苛刻条件下的使用寿命。

本试验将对涂有BY-2润滑剂与未涂BY-2润滑剂的开关产品的寿命作比较。

(2) 试验准备

① 试验样品

KZJ直键镀银开关涂BY-2润滑剂的5只，未涂BY-2润滑剂的5只，法国石塔公司1965

年样品 1 只（法国样本介绍该产品涂了一种特别的润滑剂）。

②失效指标

按原四机部颁发“KZJ直键开关技术条件”规定，在室温条件下每分钟开关转换16~20次，规定寿命为15000次，接触电阻大于30mΩ为失效。本次试验也以大于30mΩ为失效标准。

③试验程序

将KZJ直键开关装在寿命机上，通过电压为直流250V，电流为50mA，开关动作一定次数后把试样放置在温湿箱中（温度为55℃，湿度为95%），10小时作为一个循环，开关动作次数分别定为0，500，1000，2000，5000， 1×10^4 ， 1.5×10^4 ， 2×10^4 ， 2.5×10^4 ， 3×10^4 次，即共经过九个循环。自第七个循环开始从温湿箱中取出立即放入腐蚀性气体中1小时（ H_2S ， SO_2 ， CO_2 ），取出经 $40 \pm 2^\circ C$ 温度烘干30分钟后测试接触电阻。法国开关试样在试验中不通电，用手按动。

以上试验目的是使被磨损暴露的基底金属有足够的时间和条件生长腐蚀层。

（3）试验结果和分析

①从外观看，涂BY-2润滑剂与未涂BY-2润滑剂的开关接触片区别是明显的，未涂BY-2润滑剂的产品，触片表面已形成黄褐色硫化银的腐蚀膜。涂BY-2润滑剂接触片表面基本上保持原有的银色光泽，只有个别点出现硫化现象。

法国样品由于基座是不透明的，触片看不到，但接线柱已硫化成黑褐色，压簧因锈蚀已失去弹性，铝外壳也已锈蚀。涂BY-2润滑剂的KZJ开关试样外壳也有个别点锈蚀，但接线柱远比法国开关硫化要轻得多。

②测试结果

由上述情况可以看出，涂BY-2润滑剂开关在恶劣环境条件的情况下，仍然符合原四机部15000次寿命指标，比不涂BY-2润滑剂的寿命大大提高，与法国产品相比，就这次试验

表4 KZJ直键开关动态失效统计

试样 编号	涂覆 状态	转 换 次 数	循 环 数					
			0—4	5	6	7	8	9
			0— 2×10^3	5×10^3	1×10^4	1.5×10^4	2×10^4	2.5×10^4
1*镀银未涂			0	0	0	1	3	12
2*镀银未涂			0	0	0	2	4	6
3*镀银未涂			0	0	0	2	7	10
4*镀银未涂			0	0	0	4	11	11
5*镀银未涂			0	0	0	1	4	2
累积失效开关数			0	0	0	4	5	5
失效开关比例%			0	0	0	80%	100%	100%
中秋位表%			0	0	0	69%	87%	87%
累积失效键数			0	0	0	7	18	32
累积失效键数比例			0	0	0	28%	72%	88%
累积失效点数			0	0	0	9	41	79
累积失效点数比例			0	0	0	5%	15.7%	28.4%

备注：从第七循环加入 H_2S ， SO_2 ， CO_2 腐蚀性气体。

表 5 KZJ直键开关动态失效统计

试样 编号	涂 覆 状 态	循 环 数 转 换 次 数	0—4	5	6	7	8	9
			0—2000	5000	10000	1.5万次	2万次	2.5万次
6*	镀银涂BY—2		0	0	0	0	0	1
7*	镀银涂BY—2		0	0	0	0	1	0
8*	镀银涂BY—2		0	0	0	0	0	0
9*	镀银涂BY—2		0	0	0	0	0	0
10*	镀银涂BY—2		0	0	0	0	0	0
累积失效开关数			0	0	0	0	1	2
占比例%			0	0	0	0	20%	40%
中位秩表%			0	0	0	0	13%	31%
累积失效键数			0	0	0	0	1	2
占比例%			0	0	0	0	4%	8%
累积失效点数			0	0	0	0	1	2
占比例			0	0	0	0	0.33%	0.66%

注：从第七循环加入H₂S、SO₂、CO₂腐蚀性气体。

表 6 KZJ直键开关动态失效统计

试样 编号	涂 覆 状 态	循 环 数 转 换 次 数	0—4	5	6	7	8	9
			0—2000	5000	1万	1.5万	2万	2.5万
法国1965年样品			0	0	0	0	0	2
失效开关数			0	0	0	0	0	1
占比例%			0	0	0	0	0	100%
中位秩表%			0	0	0	0	0	87%
失效键数			0	0	0	0	0	2
占比例%			0	0	0	0	0	33%
失效点数			0	0	0	0	0	2
占比例			0	0	0	0	0	4%

注：（1） 法国开关没加电负荷，只用手进行插拔，该开关在试验前已放置一年，接线柱表面已有淡黄色硫化膜，试验后外壳和接线柱已严重腐蚀，压簧也腐蚀坏了，完全失去了功能。

（2） 表中的插拔次数均指开关的从接通或断开。

而言达到并超过了法国开关的可靠程度，如表4、表5和表6所示。

③插拔力试验

a. 试验目的：对涂有BY-2润滑剂的产品和未涂BY-2润滑剂的同样产品进行插拔力的对比；

b. 试验样品：镀金CD₁矩形插头座涂BY-2润滑剂和未涂BY-2润滑剂的产品各5只；
镀银CD₁矩形插头座涂BY-2润滑剂和未涂BY-2润滑剂的产品各5只。

表7 涂BY-2润滑剂的产品插拔力试验结果

试 样	插拔次数	插 拔 前	1500次插拔	20000次插拔
涂BY-2产品		1.16kg	1.36kg	0.79kg
未涂BY-2产品		3.43kg	3.53kg	2.8kg
插拔力减小倍数		3	2.5	3.5

c. 试验方法：插拔力小于2公斤的用弹簧测试；大于2公斤的用砝码测试。

d. 试验结果：涂BY-2润滑剂的产品插拔力明显降低，见表7。

(4) 试用范围试验

① 大电流负荷试验

a. 大电流负荷试验目的：对涂BY-2润滑剂与未涂BY-2润滑剂的产品分别进行大电流超负荷试验并作比较。

b. 试验准备：试验样品为镀金簧片的CZJX-Y印制电路板插座样品10只，5只涂有BY-2润滑剂，5只未涂BY-2润滑剂。

c. 试验方法：通过电流随插拔次数增加而分段递增，插拔次数与电流的关系如下：

插拔次数0~100，101~200，201~400，401~500；

通过电流2A，3A，4.5A，6A。

失效指标以接触电阻为10mΩ计，在插拔过程中观察飞弧和击穿情况。

d. 试验结果：经过500次插拔和6A电流，未涂BY-2润滑剂的产品5只中有2只击穿；涂有BY-2润滑剂的产品有3只破坏，见表8。

破坏的情况都是由于拉弧发热、聚碳酸酯软化变形造成的。涂与不涂BY-2润滑剂的破坏程度均相类似。可见涂BY-2没有灭弧作用，但在试验中也未见其他不良的副作用。

(注：CZJX-Y印制电路板插座部标规定不超过3A负荷)

② 焊接试验

a. 试验目的：考核不同材料涂BY-2润滑剂后的焊接性能；涂BY-2润滑剂的镀银片焊接后，除焊接处外的银层耐受腐蚀气体的程度，以考核BY-2润滑剂经焊接加热后能否保留在银层上。

b. 试验方法：用无水乙醇清洗CZJX-Y印制电路板插座的镀金簧片如KZJ直键开关镀银触片，冷轧银黄铜双金属件，冷轧黄铜片，涂覆BY-2润滑剂用45瓦电烙铁焊锡，不用任何焊剂，观察焊锡对金属的附着力、流动性及光泽，与未涂BY-2润滑剂材料对比。腐蚀气体为H₂S、SO₂、CO₂。

表8 大电流负荷破坏试验结果

通 过 电 流		2~3A	4.5A	6A
破坏数	未涂BY-2	0	1	1
	涂BY-2	0	2	1

c. 试验结果：在镀金、镀银及冷轧银片上涂BY-2润滑剂后焊接性能良好。涂BY-2润滑剂与未涂BY-2润滑剂的黄铜片焊接性均不好；涂BY-2润滑剂的焊接镀银簧片，经气体腐蚀后，银层仍保留光泽，而未涂BY-2润滑剂的簧片已严重变色。

③涂覆BY-2润滑剂的镀金和镀银层试验

a. 试验目的：了解涂BY-2润滑剂镀金和镀银层上，在插拔动作情况下抗恶劣环境的程度。

b. 试验准备：试验样品为涂与未涂BY-2润滑剂的镀金簧片CZJX-Y印制电路板插座各5只；涂与未涂BY-2润滑剂的镀银簧片CZJX-Y印制电路板插座各5只。

失效指标按镀金以接触电阻大于 $20\text{m}\Omega$ 为失效；镀银以接触电阻大于 $10\text{m}\Omega$ 为失效。

c. 试验程序：手拿标准插板往返在插座上插拔，插拔后放置在温湿箱中（温度为 55°C ，湿度为95%）10小时作为一个循环。插拔次数分别为0, 50, 100, 200, 400, 600, 1000, 1200, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400，共经过十二个循环。自第十个循环起从温湿箱中取出立即放入腐蚀气体（ H_2S , SO_2 , CO_2 ）中1小时，取出经 40°C 温度烘干30分钟，测试接触电阻。

d. 试验结果：从外观看，涂BY-2润滑剂的镀金和镀银簧片经过试验后虽有少量腐蚀，但远比未涂BY-2润滑剂的产品要轻得多，其测试结果见表9和表10。

e. 分析意见：根据我厂电镀现状，镀银层厚度为 $7\sim 10\mu$ ，镀金层厚度为 1μ 。小信号（几~几十毫安）时，镀金比镀银接触电阻大1倍以上，从外观观察，镀银涂BY-2润滑剂后比单纯镀金抗腐蚀要优越得多。

测试数据表明：1. 失效出现的时间镀金比镀银涂BY-2润滑剂早两个循环（相当于正常条件下贮存1年以上）；

2. 失效数目为十二个循环后镀金失效88点，占80%，镀银涂BY-2润滑剂共25点，占22.7%；

3. 失效数值为镀金失效处于开路（接触电阻 ∞ ），而镀银涂BY-2润滑剂失效接触电阻

表9 ACZJX-Y印制电路板插座在动态插拔、温湿及腐蚀气体环境中失效统计

试样 编号	插接 次数	循环数						小 计	占比例 (%)	接触电 阻超差 最小值 ($\text{m}\Omega$)	接触电 阻超差 最大值 ($\text{m}\Omega$)
		0~7	8	9	10	11	12				
		0~1200	1600	1800	2000	2200	2400				
11*	镀银	0	0	0	2	4	5	11	52	10.5	16
12*	"	0	0	0	0	4	3	7	33	10.5	14
13*	"	0	0	0	0	5	4	9	41	10.5	21
14*	"	0	0	0	0	6	4	10	45	10.5	16
15*	"	0	0	0	0	6	2	8	36	11	16
累积失效点数		0	0	0	2	57	45				
6*	镀银涂BY-2	0	0	0	0	1	1	2	9	12	13
7*	"	0	0	0	0	5	0	5	23	10.5	11
8*	"	0	0	0	0	2	0	2	9	10.5	11
9*	"	0	0	0	0	10	1	11	50	10.5	33
10*	"	0	0	0	0	5	0	5	23	10.5	15
累积失效点数		0	0	0	0	23	25				