

# 脲基润滑脂的性能及其在连铸机上的应用

赵志强 李辉 吴忠 (杭州新港石油化工有限公司 浙江省建德市 311600)

所谓脲基润滑脂是稠化剂分子中含有脲基

( $-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-$ )的一类润滑脂的总称。它具有优良的性能,用一句体育界的行话说,它是润滑脂的五项“全能冠军”。

## 1 脲基润滑脂的性能

(1) 优良的耐高温性能主要表现在具有较高滴点:高温下具有相当稠度;抗氧化性能好等。

### 1) 高温稠度比较稠

图1表示了各种脂在宽的温度范围内的工作前锥入度随温度的变化,可以看出,脲基脂锥入度变化值最小。

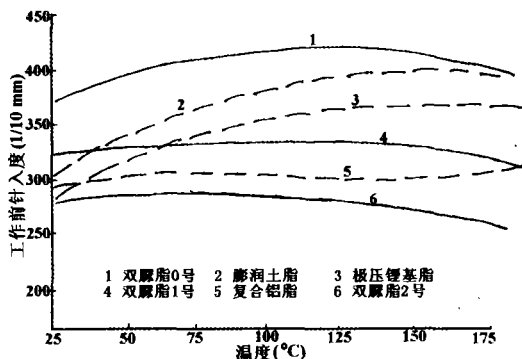


图1 针入度随温度的变化

### 2) 氧化安定性好

W. Bailey<sup>[1]</sup>以动态氧化试验法,测定了几种脂的氧化安定性,数据列于表1中。

表1 几种润滑脂的氧化安定性

脂名	压力降 (kPa)				针入度变化
	24h	48h	72h	96h	
脲基脂 A	20.67	34.45	68.95	124.02	+90
脲基脂 B	6.98	13.78	27.56	34.45	+22
脲基脂 C	13.78	20.67	41.34	55.12	+18
锂基脂 A	27.56	41.34	172.25	413.70	流体
锂基脂 B	34.45	103.35	151.58	378.95	流体
复合铝脂	55.12	144.69	261.82	330.72	流体
复合钙脂	20.67	41.34	192.92	310.05	流体

表1可以看出,三种脲基润滑脂具有很好的氧化安定性,不论是压力降,还是锥入度的变化都是最小。而四种皂基脂压力降比较大,锥入度变化也比较大,成为流体状态。

根据前苏联专家研究<sup>[2]</sup>表明,脲基润滑脂在2003年第2期

170°C的温度下仍具有良好的氧化安定性,然而在此温度下,许多抗氧添加剂都失去作用。事实证明,脲类稠化剂因不含金属离子,对基础油的氧化不起催化作用,而且是一个氧化抑制剂。

### 3) 滴点高

表2列出脲基脂同几种皂基脂以及膨润土脂的滴点。

表2 脲基脂同几种脂的滴点比较

脂名	脲脂1	脲脂2	复合锂1	复合锂2	复合钙	锂基脂	膨润土脂
滴点(°C) (GB3498)	>300	>300	330	230	330	186	>340

由表2可见,脲基脂同膨润土脂以及复合皂基脂一样具有高滴点,而锂基脂滴点一般仅为180°C左右。脲基脂的滴点比锂基脂高出70~80°C。

(2) 优良的抗水性能和较好的抗酸、碱介质的能力

因为脲类化合物是一个有机物,是憎水性的,所以脲基润滑脂具有优良的抗水性能。

我们曾对脲基脂和几种对照润滑脂进行了抗水试验(SH/T 0109),结果列于表3。

表3 脲基脂和几种对照脂的水淋损失

脂名	脲脂1	脲脂2	复合钙	复合铝	复合锂	膨润土脂	锂基脂
水淋损失 (%)	0.13	0.7	2.2	3.77	8.73	4.95	6.4

从表3可以看出,两种脲基润滑脂水淋损失最小,而复合锂、锂基脂、膨润土脂水淋损失比较大。脲基润滑脂良好的抗水性能在使用中表现得更为突出。

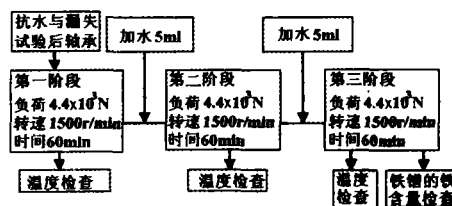


图2 DIN-51806 试验程序图

日本协同油脂公司<sup>[3]</sup>进行过这样的试验:如将脲基脂和极压锂基脂填充于锥形滚柱轴承30224做抗水-漏失试验,试验后将轴承安装在DIN-51806试验机上,在下述条件下进行润滑性能评价,以检验润滑脂遇水后软化并部分漏失后的润滑性能。DIN-51806

试验程序如图 2 所示, 测试结果如表 4 所示。

表 4 脲基脂和极压锂基脂的抗水润滑性

项目	试样	脲基脂	极压 锂基脂
	最高轴承温 度(℃)	第一阶段	50
第二阶段		49	57
第三阶段		49	63
铁含量(%)		0.03	0.12
铁谱分析结果		好。仅少量 磨损颗粒。	差。含大量 磨损颗粒。

从表 4 列出的数据可以看出, 在有水存在的条件下, 脲基脂发挥了优良的润滑性能。不但表现在轴承的温度较低, 而且磨损也较小。

脲基润滑脂抗酸性气体介质的能力较好。在某些化工行业以及印染行业, 往往放出一些酸性气体, 一方面造成轴承腐蚀, 另一方面破坏润滑脂结构, 使润滑脂很快变稀流失, 造成润滑不良。这是当前化工行业在润滑方面所存在的一个难题。专家<sup>[4]</sup>曾评定过脲基脂和其他几种润滑脂的抗 HCl 性能。试验条件是: 5L 干燥器中放 5ml 的浓盐酸, 将试验的润滑脂涂在金属片(25mm×25mm)上, 将金属片悬挂在干燥器中, 在 150℃ 的烘箱中, 保持 10h, 观察润滑脂的流失情况, 将试验结果列表 5 中。

从表 5 可见, 在酸性气体介质中, 唯有脲基润滑

表 6 使用前后的润滑脂的性能变化

试验项目	润滑脂	复合铝基脂		脲基润滑脂	
		新脂	使用 1 个月	新脂	使用 1 个月
外观		青紫色软膏状	黑褐色液体有磨屑混入	浅黄色软膏状	茶褐色软膏状
稠度	(工前)(1/10mm)	325	340	365	393
	(工后)(1/10mm)	320	360	370	396
滴点(℃)		250	240	>260	>260
灰分(%)		1.20	11.40	0.10	0.37
铁含量(%)		0	4.8	0	0.11

从表 6 可以看出, 使用了 1 个月之后, 脲基脂的灰分、铁含量变化较小, 而复合铝基脂的灰分、铁含量变化较大。说明脲基润滑脂的润滑性良好。从表 6 中也可看出, 尽管试验中所采用的复合铝基脂是 1 号稠度, 试验的脲基润滑脂是 0 号稠度, 但是从稠度、滴点的变化来看, 脲基脂变化小。从外观颜色的变化来看, 也是脲基脂变化较小。

研究证明<sup>[7]</sup>脲基润滑脂也具有较好的抗摩擦磨蚀(Fretting Corrosion)能力。

#### (4) 脲基润滑脂的使用寿命长

脲基润滑脂在轴承中工作具有极长的使用寿命, 国外有人<sup>[1]</sup>评定了几种润滑脂的轴承运转寿命。

试验条件一: 149℃, 10000r/min, 13.348N 负荷 (FTMS331.2), 试验结果列于表 7 中。

脂稳定性最好, 而复合钙、复合锂、膨润土等润滑脂都流失, 复合铝基脂也有较好的抗酸性气体介质的能力, 但是也比不上脲基脂。

表 5 脲基脂和几种脂的抗 HCl 性能

润滑脂	脲基脂 1	脲基脂 2	复合锂	复合钙	膨润土脂	复合铝
在 150℃ 经 10h 试验后润滑脂流失状况。	润滑脂没有流失。粘附性很好, 脂表面光滑。	润滑脂没有流失。粘附性很好, 脂表面光滑。	润滑脂流失, 金属表面有油迹。	润滑脂流失, 金属表面有硬皂粒。	润滑脂流失, 表面油迹。	少量流失, 脂表面变白。
评级	1	1	3	3	3	2

(3) 脲基润滑脂的润滑性良好, 抗微动磨蚀性能好

日本的木材造<sup>[6]</sup>对用脲基脂润滑的轴承和用皂基脂润滑的轴承进行详细的表面分析, 发现脲基脂的磨擦表面吸附了一层较厚的脲类化合物, 防止金属之间直接接触, 起到了缓冲作用, 在金属表面形成一层约 100μm 厚的氧化铁膜, 这一层膜是而磨性的保护膜, 因而磨损较小。而用皂基脂的轴承磨擦面不形成较厚的膜, 易发生“齿形磨损”。

日本的某钢厂<sup>[6]</sup>的连铸生产线上, 在拼合轧辊和辊道轴承上用脲基脂和复合铝基脂进行了对比试验, 将轴承内使用了一个月的润滑脂进行了分析, 分析结果列于表 6 中。

表 7 脲基脂和几种皂基脂的轴承寿命

润滑脂	平均运转寿命(h)
脲基脂 A	>4000
脲基脂 B	>4000
脲基脂 C	>4000
锂基脂 A	215
锂基脂 B	265
复合铝基脂	320
复合钙基脂	270

从表 7 可见, 三种脲基润滑脂均具有极长轴承运转寿命, 而锂基脂、复合钙基脂、复合铝基脂寿命都比较短。

试验条件二: 204 轴承, 120℃, 转速 10000 r/min, 负荷 22.246N, 评定结果列于表 8 中。

《润滑与密封》

表 8 脲基脂和几种脂的轴承运转寿命

润 滑 脂	轴承寿命 (h)
脲基脂 B	> 10500
酰胺钠脂	1400
复合锂基脂	1500
锂基脂	< 500
复合铝基脂	200

由表 8 也可看出, 唯有脲基脂寿命最长。

大量的使用实践也充分证明脲基脂具有长的使用寿命<sup>[8]</sup>。

(5) 脲基润滑脂可用于高转速和超高转速轴承

脲基润滑脂的胶体稳定性好, 分油小。虽然在低剪速下容易变软, 但是在高剪速下, 脲基脂反而变稠, 因而脲基稠化剂可以制造高转速润滑脂。如现代汽车的发电机, 其转速高达 18000r/min, 根据研究<sup>[9]</sup>, 其中唯有脲类稠化聚  $\alpha$  烯烃制成的润滑脂, 可

满足在 130℃ 下 3000h 的寿命要求。又如化纤厂抽丝机高速卷绕头, 转速高达 15000r/min, 轴承温度约 120 ~ 130℃, 用脲基润滑脂可满足连续运转 1 ~ 2 个月的要求。再如家用电器的吸尘器的电机轴承, 转速也高达 30000 ~ 35000r/min, 轴承温度高达 90℃, 也只有用脲基脂才能达到长寿命 (500 ~ 1000h) 的要求<sup>[10]</sup>。

此外, 脲基脂还具有良好的抗辐射性, 结焦少, 很适用于核电站以及一些临近辐射源的设备用。

杭州新港石油化工有限公司在 90 年代初开发了以 XG/U1 连铸机脂, XG/U2 轧机轧辊轴承脂, XG/U4 超级汽车润滑脂, XG/U7 高温高速通用电机脂等为代表的一系列脲基润滑脂产品。

下面主要介绍 XG/U1 连铸机高级专用润滑脂的性能及应用情况。

## 2 XG/U1 连铸机脂的理化性能 (表 9)

表 9 XG/U1 连铸机脂的理化性能

项 目	典型数据			实验方法	
	1 #	2 #	3 #		
外观	光滑均匀	光滑均匀	光滑均匀	目测	
锥入度(0.1mm)	320	280	230	GB/T269	
滴点(℃)	大于 280	290	300	GB/T3498	
钢网分油(1000.1℃, 24h)(%)	小于 3	2	1	SH/T0324	
腐蚀(T <sub>2</sub> 铜, 100℃, 24h)	合格	合格	合格	GB/T7326(乙)	
蒸发量度(150℃, 1h)(%)	小于 2	2	2	SH/T0337	
水淋流失量(38℃, 1h)(%)	小于 3	2	1	SH/T0109	
防腐蚀性(52℃, 48h)(级)	小于 1	1	1	GB/T5018	
氧化安定性(99℃, 100h, 758kPa)压力降(kPa)	小于 30	30	30	SH/T0325	
相似粘度(10℃, 70s <sup>-1</sup> )(Pa·s)	小于 400	700	1500	SH/T0048	
四球试验	P <sub>B</sub> (N)	不小于 115 × 9.8	115 × 9.8	115 × 9.8	GB/T3142
	P <sub>D</sub> (N)	不小于 400 × 9.8	400 × 9.8	400 × 9.8	

## 3 脲基润滑脂的应用

(1) 马钢三炼钢厂的应用(同极压锂基脂的比较)

马鞍山钢厂三分厂从德国德马克公司先后引进 R5.25m 小方坯连铸机和超低头板坯连铸机。以前使用极压锂基脂, 因润滑不良, 经常出现设备故障, 主要表现在拉矫设备直流电机电流上升至 30 ~ 40A (正常值 10 ~ 14A) 进而报警, 严重时造成自控系统自动停车。检查时发现在二冷段拉矫钢坯的辊道轴承内润滑脂被水冲走; 二冷段后的轴承内润滑脂干结, 轴承损坏严重。仅 1992 年 4 月至 1993 年 4 月轴承损坏 178 套。而且油脂本身有结块、分油现象, 造成干油系统油嘴过滤阻塞。仅 1992 年下半年, 就因吸油嘴阻塞, BS - 3 - 30 干油站就拆修更换 3 台泵。

自 1996 年 4 月开始使用 XG/U1 脂至今, 还从未发

生过因润滑问题引起的报警或停车。整套系统运行良好, 二冷段轴承使用 3 个月后, 拆开检查, 发现油脂无明显乳化, 油性很好。1998 年 11 月因外力碰坏了给油管, 造成平辊道轴承半月未供脂, 但打开检查, 却发现轴承内仍粘着脂, 轴承也没有烧结现象, 完好无损。而且泵送性很好, 在多年的使用中没有干油泵堵塞现象, 轴承也没有损坏。从而提高了经济效益, 每年可节约轴承费用 (200 套 × 178 元/套) 35600 元左右。

(2) 在武钢二炼钢的应用(同极压锂基脂的比较)

武钢二炼钢厂的连铸设备也是由国外引进的, 长期以来使用 1 # 极压锂基脂。

现将武钢 4 # 连铸机使用新港 XG/U1 连铸机脂和 1 # 极压锂基脂的情况列入表 10 中。

表 10 4# 连铸机使用极压锂与使用脲基脂的对照表

项目	油品	1# 极压锂	薪港牌 XG/U1 脲基脂(1#)
泵送性		泵压高,1 线管路出口与终端压差达 6MPa; 脂的清洁度差,每二周换一次过滤网。	泵压低,出口与终端压差 4MPa; 脂的清洁度好,每三个月换一次过滤网。
耐高温性		使用中,油路中有干结,结焦时有起火现象。且拉矫机冒烟很大,切割枪时有卡枪现象。	使用中,管路无干结,无油脂结焦,无起火现象,并且拉矫机冒烟很少,在切割机上使用后,消除了卡枪现象。
抗水性		扇形段辊子两端基本无油脂,水、渣子极易进入轴承,不能对轴承起保护作用,遇水易乳化变质,易被水冲走。下机的格栅段,经常发现辊子卡壳,不能转动,难以检修。	扇形段辊子两端有完整的油封,避免了水和渣子对轴承的侵蚀,不乳化,不变质,附着力好,不易被水冲走。格栅段是一个高温、大水量冲刷的部位,在使用脲基脂后,下机检修的格栅辊子转动都灵活。
寿命与用量		每日用量 34kg;因高温和水淋每次下机的轴承内存脂不多。	每日用量 17kg;目前,在用量上是极压锂 1/2 的情况下扇形段,拉矫段,轴承内存脂较多。在单机上的总用量还可以继续减少。
抗磨性		经手触摸,渣子较多,铁屑很明显。	从轴承中取出的脲基脂,经手触摸渣子很少,基本无铁屑。轴承间隙变化不大。
人工劳动量		每 4.7 天拖入一桶油	每 10 天拖入一桶油。

1) 元素光谱分析

为了进一步考察薪港牌 XG/U1 脲基脂的使用性能,我们将在武钢二炼钢的 4# 和 3# 铸机同样部位、同等周期的检修下机的扇形段轴承内使用过的两种润滑脂取样进行元素光谱分析,其主要数据见表 11。

表 11 使用过的润滑脂的元素光谱分析

分析元素	润滑油牌号	
	2# 极压锂	薪港牌 XG/U1 脲基脂 (2#)
Fe	2885	14.3
Cu	26.9	5.3

由上光谱分析表可见,使用聚脲脂后比极压锂的轴承磨损量大大减少,轴承寿命可延长一倍以上。

2) 效益和效率

薪港牌 XG/U1 脲基脂是在该厂降成本,减人增效的形势下引进的。价格与原用的极压锂相比,虽然

表 12 XG/U1 脂和复合铝基使用前后的变化

项目	XG/U1 脲基脂		2# 复合铝基脂	
	新脂	使用 2 个月	新脂	使用 2 个月
外观	浅黄色软膏状	茶褐色软膏状	暗褐色软膏状	黑褐色膏状,有磨屑
锥入度 (0.1mm)	370	300	295	365
滴点 (°C)	> 250	> 250	235	205
灰分 (%)	0.14	1.2	1.1	15.6
铁含量 (%)	0	0.39	0	5.87
防锈性	—	轴承无锈迹	—	轴承有锈迹

从表 12 可看出,对于滴点、锥入度, XG/U1 脂的变化较小,而复合铝基脂变化较大。从灰分和铁含量来看,复合铝基脂变化更大。使用复合铝基脂的轴承有生锈迹象,并有大量磨屑。而使用 XG/U1 脲基脂未见明显磨屑,轴承也无锈迹,说明 XG/U1 脲基

脂具有较好的润滑性和抗水防锈性能。薪港牌脲基脂价格较高,但使用量大大减少,总成本有所降低,而且在效益上有很大提高,铸机的拉坯电流保持平衡。基本无因润滑脂引起的故障。在劳动力上可以减半,延长了润滑设备的寿命。

经过多年的应用,没有因润滑脂的品质问题造成设备故障,润滑质量大大改善,特别是在两次辊子烧红的情况下,轴承里仍有油,没有因结焦而损坏轴承。

(3) 广西某炼钢厂(同复合铝基脂的比较)

转炉钢厂两台 ROKOP 三机三流 R8 形方坯连铸机,是引进美国罗可普公司的技术,国内制造。该机投入运行的近一年时间内使用 2# 复合铝基脂,经常出现润滑脂软化流失或干涸的现象,且输油管路时有堵塞现象,轴承损坏较多。换为 XG/U1 脂后,两台连铸机都运行正常。该厂对在轴承中使用了两个月的润滑脂进行了分析,数据于表 12 中。

脂具有良好的润滑性和抗水防锈性能。

(4) 在太钢的应用(同复合锂基脂的比较)

有两台连铸机生产线,均为奥钢联图纸设计,一机一流立弯式板坯连铸机,浇铸半径 R8m, 1# 机于 1988 年投产, 2# 机于 1995 年投产, 现均达到设计生

《润滑与密封》

产能力,每天每台产量均在2000t以上。两台连铸机采用干油站集中供油润滑方式,其特点是润滑设备先进,润滑点多,管线长,工作温度高,工作时润滑脂处于水淋状态,设备的工作环境比较恶劣,因而对其使用的润滑油脂有较高的要求。

鉴于原用复合锂基脂在抗水淋性,抗乳化性方面的不足,决定更换为薪港牌XG/U1脲基脂。

### 1) 在2#机上使用情况

从1997年4月23日起,开始在2#连铸机的主机系统和出坯系统试用XG/U1脲基脂,原用复合锂基脂,拉矫力较大,为80~85t,换用XG/U1脲基脂后,拉矫力逐渐降低,两天后拉矫力降低为55t,在其后至定检的30多天内,拉矫力始终保持在50~55t之间。7月8日,2#机的四个润滑系统全部采用脲基脂,使用脲基脂后,润滑状况明显改善,使用脲基脂前,2#机每天都要因为拉矫力过大而检修一回,换扇形段3~5个。使用该脂后,6月4日、7月21日、9月15日进行换段检修,平均检修周期延长到一个半月左右,已达到无检修连续拉钢1200炉,8万t的生产记录。

### 2) 在1#连铸机上的使用情况

从1997年8月2日开始,在1#连铸机的主机系统采用XG/U1脲基脂,采用后,1#机运行平稳,拉矫力随之降低,各润滑点润滑良好,维持低拉矫力至14日,检修后又维持低拉矫力生产至26日,为时12d,较以往每周因为拉矫力大必须停机检修换辊,检修的周期延长了近一倍,9月10日,1#连铸机检修后,在全部系统中使用脲基脂润滑至今,基本维持在低拉矫力状态,可以达到三周低拉矫力拉钢无检修的生产记录。

1#、2#机下线修理的扇形段、弯曲段、结晶器和辊子,在检修区打开轴承后观察到润滑点供油充分,油膜明显,油脂色泽正常,无变质现象,管线无结焦、无炭化,该脂在使用过程中,泵压稳定,未发现管路堵塞、分油器柱塞卡死现象,并且该油脂纯度很好,使用过程中未发生润滑原因造成的故障。

### 3) 经济效益

①用脂量减少:使用该脂后,用脂量减少,使用脲基脂以前,1#机每个月要消耗润滑脂26~28大桶(每桶170kg),2#机每月要消耗润滑脂22~24桶。使用脲基脂后,每月各使用18和16桶。按此计算,每年油脂消费可节约18万元。

②检修时间减少:1#机原来需要每周检修一次,使用脲基脂后,可实现每两周定检一次,按此计算,一个月可节约两次检修时间,一次按8h计算,共计16h,用此16h进行生产,可生产24炉钢,1炉按65t

计,可生产1560t,按每吨钢增效100元,每年可增效187.2万元。

2#机原来每月一次8~10h的定检,现在已实现一个半月的定检周期。如此计算,每月可节约3~4h的检修时间,可以多生产钢坯6炉,390t,按每吨钢增效100元计,每年可增效46.8万元。

③检修费用降低:1#机原来每周检修一次,换辊10根左右,使用脲基脂后,每月只需检修两次,少换辊20根,按每根辊子损坏轴承两盘计,每盘轴承平均价格为1000元,可节约轴承费用2000元/根,检修一根辊子的人工费为500元,即每年可节约费用60万元。

2#机原来每月检修一次,换扇形段3~5个,使用脲基脂后每一个半月检修一次,按此计算,每个月少换段2~3个,每个扇形段每次检修平均更换2根辊,按每根辊换2盘轴承计,每盘轴承平均价格为1200元,每月可节约轴承费用1万元左右。每个扇形段的检修人工费为7000~8000元,即每年2#机扇形段可节约费用36万元。

以上三项,合计每年可节约费用301.2万元。除此之外,由于检修时间减少,检修人员的劳动强度大降低。

### (5) 在国外公司的使用

马来西亚的MEGASTEEL SDN. BHD. 公司是该国主要的钢铁生产企业,该公司自2001年起在公司的连铸机设备上开始使用XG/U1连铸机脂,经过大量的实践证明该产品可完全替代国际同类名牌产品,甚至在极压、泵道等性能上还超过其它名牌产品,从未发生过辊子卡死现象,现已在该公司全面推广应用。

此外,全国还有30多家炼钢厂使用薪港牌XG/U1脲基脂,均满足了使用要求,取和了很好的经济效益。薪港牌的其它脲基脂在冶金、机械、化工、汽车、造纸、纺织印染等行业使用也很好满足了使用要求。目前,新港脲基脂产量已达1000t/年,成为全国脲基脂的第一大生产厂。

### 参考文献

- [1] W. W. Baiey, NLGI Spokesman, 1985, 48 (6) .
- [2] Z. H. HukuwuHa, X. T. T. M., 1987 (7) .
- [3] Tsutiuu yageta, NLGI Spokesman, 51 (5) .
- [4] 李辉, 润滑与密封, 1987 (6) .
- [5] 木村浩, 日本润滑学会第21期春季研究发表会预稿集, 1987, 325.
- [6] (日) 日本摩擦研究会编, 汪一麟译, 实用摩擦学, 上海科技出版社, 1983 出版。
- [7] R. T. Schlobohm, NLGI Spokesman, 46 (3) .
- [8] 李辉, 合成润滑材料, 21 (3) .
- [9] Seiji Okamura, NLGL Spokesman, 1992, 56 (3), 14~20.
- [10] 中道治, 润滑 (日), 1987, 32 (3) .