

离合器热负荷性能惯性试验台

张协平 王晓明 陈 明

(中国船舶工业总公司七院七一一研究所)

〔摘要〕 对离合器在接合过程中的动态特性及其摩擦材料的耐热性能惯性试验台进行了分类, 简述了其工作原理。着重介绍了离合器热负荷性能试验台的结构布置、功能特点等。简要阐述了离合器热负荷性能研究中应注意的几个主要问题。

研究摩擦材料在接合过程中的摩擦性能, 耐热和耐磨性能, 以及这些性能与离合器的特性参数、结构形状和工作条件的关系, 采用通常以水力测功器作负载的试验台架有一定困难。惯性试验装置基本上能模拟离合器的接合过程, 用于上述试验效果较好。

一、惯性试验装置

惯性试验装置是用惯性飞轮贮存能量或作为负载的装置。用于离合器性能试验的传动装置形式很多, 归纳起来, 可分为制动式、驱动式和组合式三种。驱动式又分惯性驱动和直接驱动式(又称起动式)两种。

1. 惯性制动式

原动机1, 通过分离离合器2带动贮存能量用的惯性飞轮3, 试件4的一端与惯性

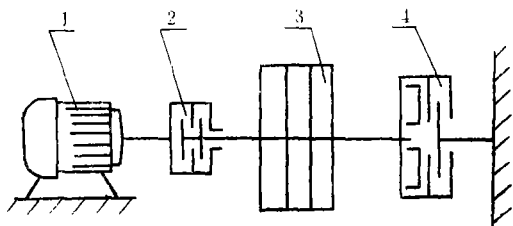


图1 惯性制动式试验台示意图

飞轮相连, 另一端则固定在不能转动的支座上。试验时, 原动机起动后分离离合器接合, 并带动飞轮旋转, 提高原动机的转速, 使飞轮贮存的能量达到预定值, 然后立即脱离分离离合器, 与此同时, 试件中的摩擦片马上接合, 使飞轮转速下降, 直至停止, 完成了试件的一次接合试验过程。

2. 惯性驱动式

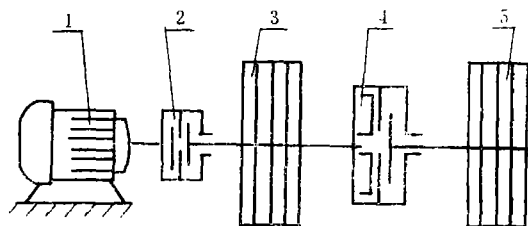


图2 惯性驱动式试验台示意图

这种试验台其试件4之前的布置形式与惯性制动式一样, 不同的是试件4的输出端与一组能够随它转动的惯性飞轮5相连。试验时动作过程同上。这两种台位的区别是: 惯性制动式, 飞轮3贮存的能量除用来克服零件的摩擦阻力外, 其余全消耗在试件摩擦副接合时的滑磨过程中; 而惯性驱动式, 飞轮3贮存的能量除用来克服零件的摩擦阻力外, 其余则消耗在试件摩擦副的滑磨过程与

飞轮 5 的起动和加速之中, 最后使飞轮 5 和飞轮 3 的转速同步。上述两种装置原动机所需功率都比较小。

3. 直接驱动式

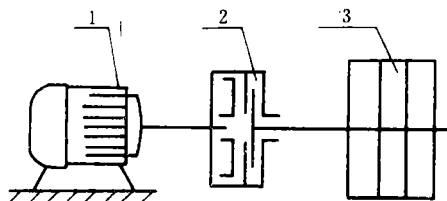


图3 直接驱动式试验台示意图

这种台位所需传动元件最少, 布置最简。试件 2 的一端与原动机 1 相连, 另一端与作负载用的惯性飞轮 3 相连。试验时, 起动原动机后, 试件的主动部分开始旋转, 当摩擦片压紧时, 试件的从动部分就带着后面的负载(即惯性飞轮)开始转动, 其转速由零逐步上升, 直至与主动部分同步, 即完成一次接合过程。

这种台位, 原动机的大小应与试件容量一致, 故原动机所需功率较大。

4. 组合式惯性台

它的特点是将惯性加载与测功器加载的试验台结合在一起。惯性飞轮 3 用来模拟离

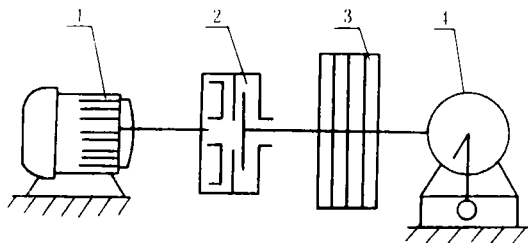


图4 组合式惯性台示意图

合器从动部分的惯性阻力, 而用测功器 4 来模拟其它阻力。以船舶动力装置为例, 惯性飞轮用来模拟尾轴、螺旋桨轴、船体及载重量等产生的惯性力矩, 而用水力测功器模拟船体和螺旋桨等产生的水动力矩。我们准备在柴—燃联合动力装置中的双速齿轮箱(含离合器)性能试验中采用这种组合式惯性台位。

上述几种惯性试验装置, 各有特点, 对离合器工况和负载的模拟程度也有所不同。另外, 为了减少非测试工况的运行时间, 往往在飞轮处装有制动装置。

二、热负荷性能惯性试验台

为了对离合器的热负荷性能进行深入的研究, 我们建成了两个惯性试验台(图 5)。

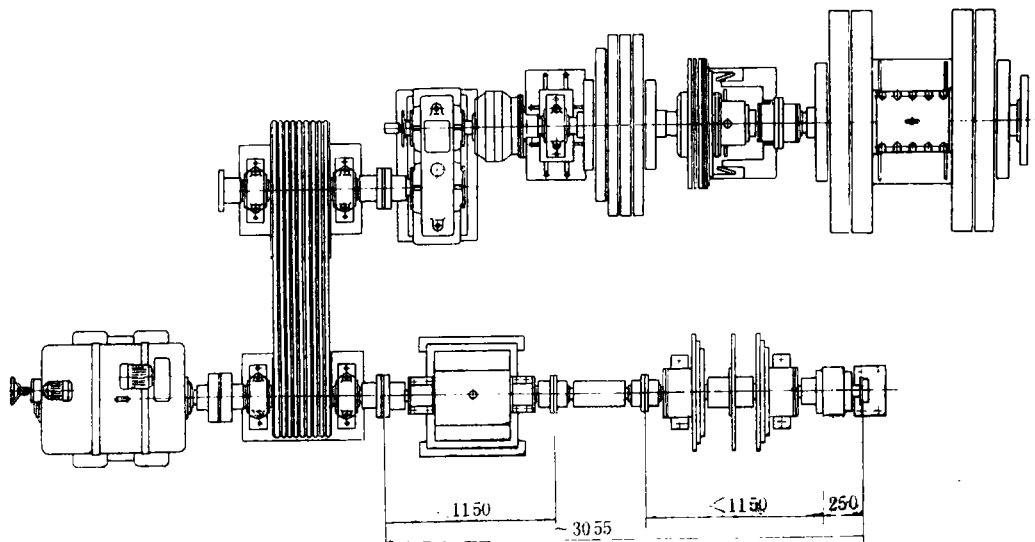


图5 双惯性试验台布置图

图5上半部分是离合器惯性试验台,其总转动惯量为 $70\sim 3700\text{kg}\cdot\text{m}^2$,由大中小三组12片飞轮组成,通过不同飞轮的排列组合,可获得199个转动惯量值,是制动式加载。供离合器总成热负荷试验用;下半部分是离合器热负荷元件试验台,总转动惯量为 $75\text{kg}\cdot\text{m}^2$,它既可用起动式加载,又可用制动式加载,专供摩擦组合件热负荷性能

研究之用。这两个台位试验能力正好匹配,并共用一个原动机。

下面对离合器热负荷元件试验台作简要介绍。

1. 台位布置及其油路系统

离合器热负荷元件试验台的布置如图5、6所示。

该台位原动机为160kW整流子电动机,

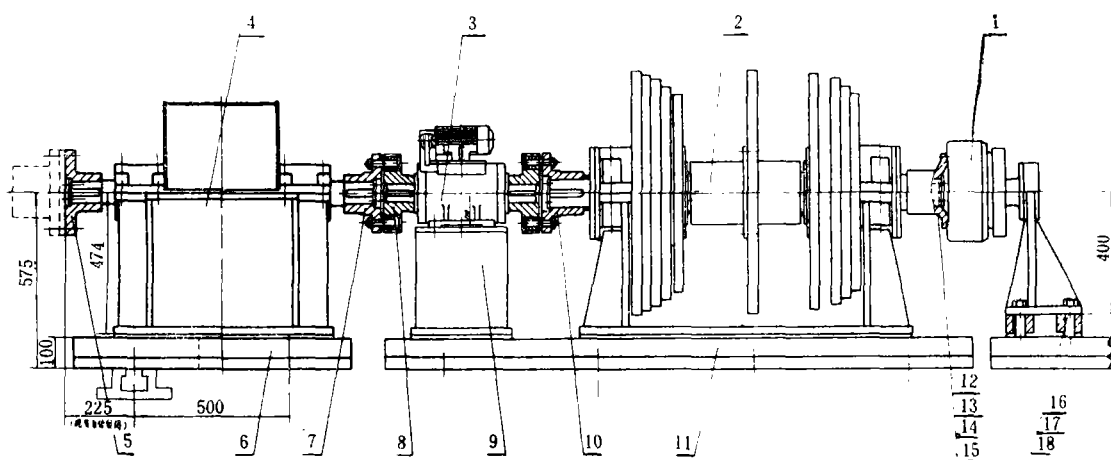


图6 离合器热负荷元件试验台

在 $350\sim 1050\text{r/min}$ 范围内可无级变速。电机通过皮带轮分别带动两个惯性试验台(两试验台不能同时试验)。由于场地限制,此台位暂时未装增速箱。试件4直接与电动机相连,转速扭矩测量装置3放在被试件与飞轮组件2之间,在飞轮组件之后再装一试件(目前为干式多片制动器1)起制动作用。

为了探讨滑油粘度、流量、添加剂等对离合器热负荷的影响,此台位不利用试验室公用的油水辅机系统,专门配备了一个独立的液压泵站(图7)。此泵站集油箱、过滤器、冷却器、加热器、工作泵、回油泵、各种阀件和监视仪表于一体。泵站内的油道采用集成块组装,简化了各种管道和油管接头。

2. 主要仪器仪表

工作油压: BPR-2型压力传感器;

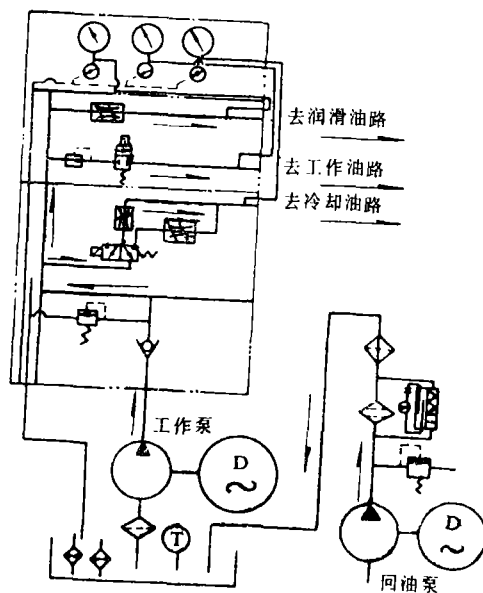


图7 液压泵站原理图

油缸内动态油压: RP型传感器;

冷却油温: 铠装热电偶及数字温度显示仪;

冷却油量: 涡轮流量计;

转速: 瞬时转速变化仪和转矩转速测量仪;

扭矩: 转矩转速测量仪;

记录: 16线示波器;

监视仪表(略)

3. 试验台特点

(1) 为便于观察、拆装和更换摩擦片, 试验元件全部装在下箱体上, 其上箱盖只起挡油作用。当观察或更换摩擦片时, 只需拧掉承压板连接螺钉和固定离合器座的圆螺母, 再移开相应零件即可。

试件的工作压力油、轴承润滑油、摩擦片冷却油均成独立系统, 各自的压力、流量、进出口温度, 均可测定。

(2) 箱体、主轴、轴承等大部分零件不用更换, 只需更换少许零件, 被试摩擦片的直径就可在 $\phi 200-500\text{mm}$ 范围内变化。

飞轮组的惯量为 $4.5-75\text{kg}\cdot\text{m}^2$, 它由五种共10片飞轮组成, 通过排列组合, 可获得30多个转动惯量值。

(3) 通过特殊的油缸测压装置和专门研制的压力传感器, 可测出旋转油缸内部工作压力或残余油压, 为深入研究多片式离合器的接合、脱开、滞排等性能创造了条件。

(4) 试验台尾端加装了起制动作用的试件后, 不仅可以模拟离合器每分钟的接合次数(每分钟可达4次以上), 而且还可以在上一试验台上用两种加载方法(即起动式和制动式)对同一试验元件的试验结果进行比较。更重要的是当离合元件进行试验时, 可用起动式加载; 而对制动元件试验时可采用制动式加载。这样, 元件试验的模拟程度就更接近实际工况。

(5) 利用制动器输出端不旋转的特点, 可较方便地测出摩擦片表面的瞬时温度。

下面是离合器热负荷元件试验台经调试后的试验记录曲线和经处理后的材料性能曲线(图8、9、10)。

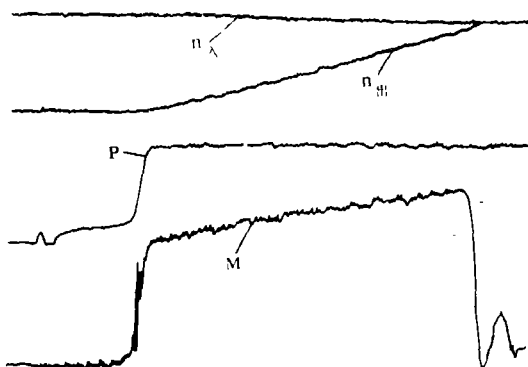


图8 示波器拍摄的记录曲线

$n_{\text{入}}$: 输入转速; $n_{\text{出}}$: 输出转速;

P : 工作压力; M : 摩擦扭矩

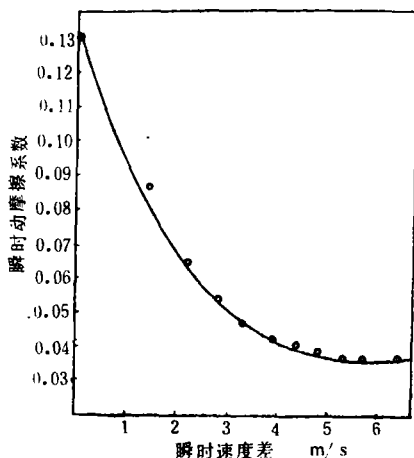


图9 动摩擦系数在接合过程中的变化曲线

工作油压2MPa; 惯量 $10.25\text{kg}\cdot\text{m}^2$; 接合转速700r/min

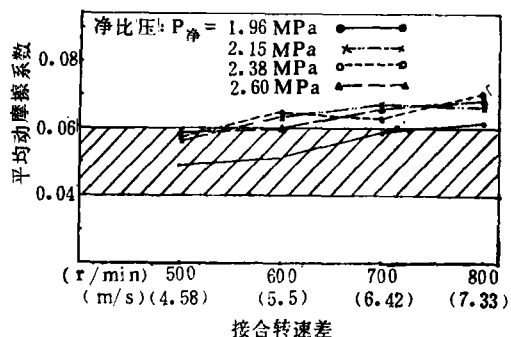


图10 平均动摩擦系数与接合转速差的关系曲线

三、离合器热负荷试验研究中的几个重要问题

1. 试验装置与加载方式要有规定

同一材料副,用不同的试验装置和加载方法试验,所得到的数据有差异。图11所示的五条曲线,是同样材料的摩擦片和对偶片,在相同润滑条件下,采用不同的试验装置进行试验时得到的。这些曲线和数值,其静态值最少也有25%的差异量,而动态值的差异高达50%。因而单纯从数值的大小和曲线的形状,难以对各种摩擦材料的性能进行比较(参考文献),要进行比较,试验装置与加载方式应相同。另外,摩擦片元件模拟和离合器总成试验等,当工况、试验内容等不同时,也不应该采用一种试验装置和加载方式。为此,我们专门建立了这个供离合器热负荷性能研究用的元件试验台。

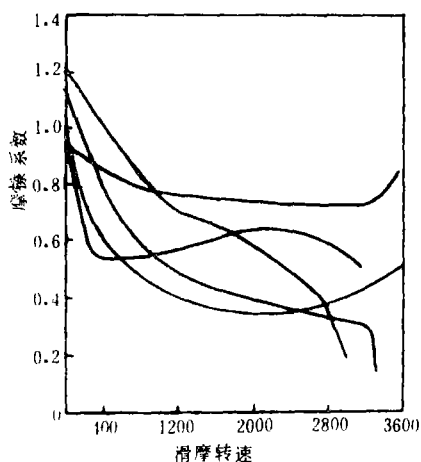


图11 同一材料在五个不同台架上的滑摩转速(r/min)与摩擦系数的关系

2. 基本试验大纲

为了便于对各种摩擦材料的性能进行比较和对离合器热负荷性能的试验数据进行分

析,还必须确定基本试验大纲,对试件的几何尺寸、结构形状、工作条件、测量工况、试验步骤、取值方法和计算公式等作出规定。为此,我们查阅了国外有关资料,请教了国内有关专家,结合实际情况,参考《JB 3063-83粉末冶金摩擦材料》和《JB/ZQ3912-84湿式离合器盘式摩擦片衬里材料摩擦性能试验方法》(初稿),初步拟定了一个基本试验大纲,它将随着我们研究工作的逐步深入而得到进一步的完善。

3. 确定影响离合器热负荷性能的主要因素

影响离合器热负荷性能的因素很多,在材料一定的情况下,除了工作油压力、从动轴惯量、接合时线速度等因素外,摩擦片的直径、片数、油槽形状、对偶片材质、润滑油粘度与流量、以及操纵控制系统的工作特性等,对热负荷性能都有影响,图12—16是上述因素对滑摩功和功率的影响曲线。

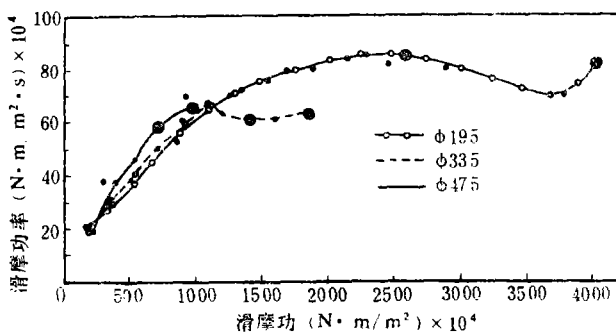


图12 摩擦片直径对热负荷的影响

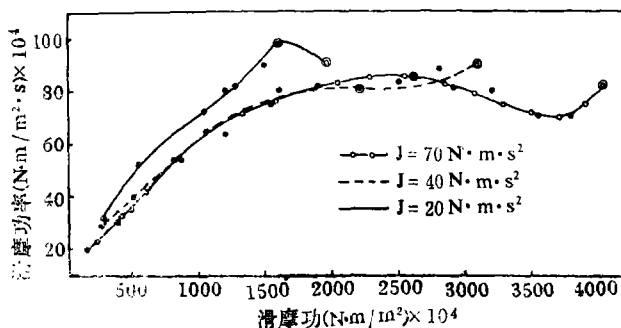


图13 惯量(线速度)对热负荷的影响

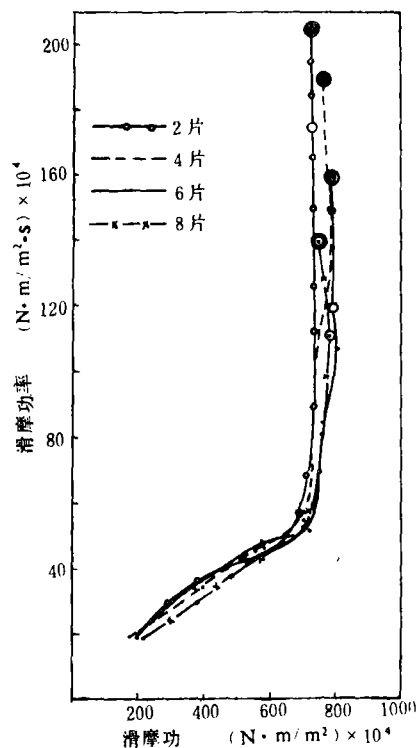


图14 摩擦片数量对热负荷的影响

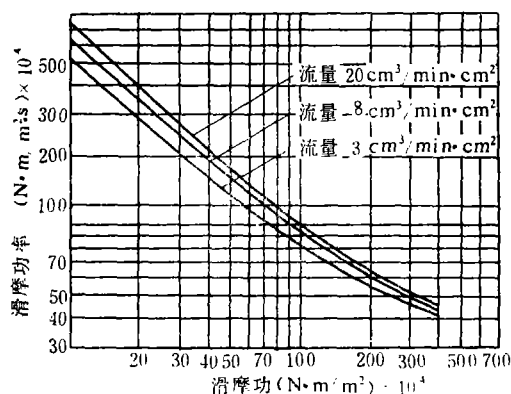


图15 润滑油流量与滑摩功、滑摩功率的关系曲线

为了用尽量少的试验次数, 得到尽可能准确的多个因素综合影响的结果, 我们采用正交试验法 $[L_8(4^3 \times 4^1)]$ 以解决两个方面的问题。

(1) 从影响离合器热负荷性能的诸因素中, 找出主要影响因素。

(2) 找出材料能承受的最大热负荷值和

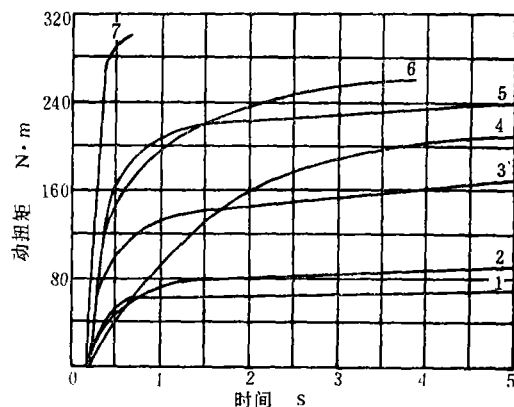


图16 油槽形式对离合器动扭矩增长的影响

1. 圆孔形; 2. 径向; 3. 棱形; 3'. 无槽; 5. 单放射形; 6. 双放射形; 7. 螺旋形带少量径向槽

产生这个值的最佳接合工况。

4. 测试方法和试验数据的整理

在材料的性能试验和离合器的热负荷研究中, 测试方法(包括测试仪表)十分重要。目前所采用的测量方法(如扭矩、转速、压力、温度等瞬时值的测量)多与兄弟单位相同。在旋转油缸内部工作油压、残余油压的测量以及旋转扭矩的非接触式测量方面, 我们作了初步的工作。

试验数据处理, 两个惯性试验台均采用微机系统。具体工作分为两步, 第一步是完成热负荷元件试验台的数据采集、处理和微机监控; 第二步是在此基础上, 完成对离合器惯性试验台的微机监控、数据处理和瞬态温度测量。目前第一步工作已完成, 试验过程由微机进行监控, 试验结果也立即显示和打印出来, 并且其精度和准确性比过去有了很大提高。

四、热负荷试验工作的设想

在对摩擦材料性能进行了深入试验的基础上, 通过正交试验, 找出影响离合器热负荷性能的主要因素及最佳工况后, 再对每一主要影响因素作进一步的深化试验, 将这些试验结果整理成曲线和转换成修正系数。

当设计一台离合器时,可以按初步确定的离合器的有关参数去查找相应的影响曲线和修正系数。这些修正系数值与摩擦材料在最佳工况下的热负荷极限值一起,可以构成该离合器所能承受的热负荷许用极限。若该

许用极限大于离合器初步设计中的热负荷计算值,则认为该离合器在热负荷容量方面是安全的;否则就必须修改初步确定的离合器有关参数。目前,我们正按照上述设想进行工作。

INERTIA STAND FOR STUDYING THERMAL LOAD PROPERTIES OF CLUTCHES AND THEIR TESTING

Zhang Xieping, Wang Xiaoming and Chen Ming

(No. 711 Research Institute of No. 7 Academy, China
Shipping Industrial Company)

ABSTRACT Dynamic behaviour of clutches in the process of contacting and heat resistance of friction materials are studied. Inertia test stand is classified and working principle is briefly described. The structural arrangements, performance characteristics and etc. of test stand for thermal load properties of clutches were emphatically introduced. Main problems to which attention should be paid in the study of thermal load properties of clutches are briefly outlined.

· 动态 ·

1986年日本铁粉进、出口量下降

根据日本发布的进、出口统计数字:日本铁粉进口量由1985年的17852吨减少到1986年的15526吨,下降13%。同时,日本铁粉出口量下降到创历史纪录的2%,减少到9166吨。1986年镍粉进口量持续增加到最高水平,达4329吨,比1985年上升1%。

(唐华生译自 Metal Powder Report, 42(5), 386, 1987)

美国打算对从中国进口钨进行强制限额

美国国际贸易委员会正建议美国从中国进口限额的钨。此消息应该给价格暴跌和矿山倒闭的钨工业带来一个时期的缓和。该计划已提交白宫。它建议在5年内进口一定数量的钨酸铵和钨酸——相当于1982—1984年度国内市场的平均数字。从另一方面讲,5年内从中国的进口量都不得超过美国钨酸铵产量的7.5%。但是中国将会另找途径冲破限额,即用出口氧化钨取代限额的材料,或增加对钨粉和碳化钨粉的出口。

(武静宇译自 Met. powder Rep., 42(6), 463, 1987)

日本推出新型Ti—Mo合金

东京的日本钨业有限公司最近推出两种钛含量为30%的Ti—Mo合金新牌号TM1和TM2。其中TM1合金进行了碳化物涂层处理。该公司宣称,在10%的盐酸溶液中进行的腐蚀试验表明:TM1的腐蚀率仅为0.01mm/a, TM2仅为0.03mm/a。TM2合金的硬度超过Stellite合金。

该公司计划将TM1用于创造干电池的金属模具,而将TM2应用于化工厂的各种耐腐蚀零件,例如阀门、螺帽、螺栓等。

(刘昶东译自 Int. J. Refract. & Hard Metals, 6(1), 20, 1987)