

苏联电站部技术司

---

# 用磁鉄粉的浮悬物檢查 鍋爐連接部件的裂紋导則

韓士信譯

卽肇强校訂

電力工業出版社

МЭС СССР

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ  
МЕТОДА МАГНИТНОЙ СУСПЕНЗИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ  
ТРЕЩИН В ЭЛЕМЕНТАХ КОТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1954

用磁鉄粉の浮悬物検査  
鍋爐連接部件の裂紋導則

根据苏联国立动力出版社1954年莫斯科版翻譯

韓士信譯 惲肇強校訂

711G104

電力工業出版社出版(北京復興門外月坛南路(原名輔))

北京市書刊出版業營業許可證出字第082号

電力工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 \* 1印張 \* 16千字

1957年11月北京第1版

1957年11月北京第1次印刷(0001—1,300册)

統一書号: 15036·611 定价(第10类)0.15元

# 目 录

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| I. 总的部分 .....                           | 2  |
| II. 在各种不同的磁化性能时發現缺陷 .....               | 3  |
| III. 材料 .....                           | 4  |
| a) 作浮悬物用的磁性粉末 .....                     | 4  |
| б) 磁性的浮悬物 .....                         | 6  |
| B) 植物油肥皂 .....                          | 6  |
| IV. 充磁电路。用电流充磁 .....                    | 7  |
| V. 鍋爐汽鼓部件的充磁方法 .....                    | 10 |
| A. 用交流电通过鍋爐被試驗部件的充磁法(圖5) .....          | 11 |
| a) 电磁接头式的塞子——“磁性吸着器” .....              | 12 |
| б) “插笔”(圖7) .....                       | 14 |
| B) 接点塞 .....                            | 14 |
| B. 电磁極間部件的充磁(圖9) .....                  | 14 |
| B. 电流沿穿过鍋爐銅板孔的電纜充磁 .....                | 16 |
| VI. 在管子的脹口端部显现环形裂紋 .....                | 18 |
| VII. 苛性脆化损坏的象征及比較可能發生这种损坏的区域 .....      | 20 |
| VIII. 对鍋爐部件进行磁性探伤檢查工作时的<br>技术安全規則 ..... | 21 |
| a) 磁性粉末的制作 .....                        | 21 |
| б) 进行試驗的工作 .....                        | 21 |

## I. 总的部分

能够掌握及广泛的使用探伤器的方法，对于检查蒸汽锅炉有关所谓“脆化”的损坏，是具有很大意义的。

这要用隐形裂纹的特性来说明，因为上述特性使得损坏的过程发展得不显著并可能导致锅炉的损坏。

及时发现裂纹，不仅为作到预防故障所必需，就是为采取预防对策以消除“脆化”的损坏也是必要的。

在苛性脆化损坏的时候，隐形的裂纹开始发现在各部件接触面间的缝隙里，也就是说在检查不到的表面上。在检查得到的钢板或复板（在铆接汽鼓的情况下）的表面的裂纹，仅是当裂纹发展已经到了严重的阶段，也就是说当钢板（复板）强度减低很厉害的时候才出现。但是，在这样的发展阶段，仅用肉眼检查发现裂纹是有困难的，特别是在没有经过仔细加工的表面上。

到目前为止，最广泛使用的发现裂纹方法，是腐蚀研磨过的表面。在这种情况下，在预料有裂纹的地点仔细地研磨，然后，为了使裂纹能够更易于显现出来，用腐蚀剂腐蚀之。较为广泛采用的腐蚀剂是：

### а) 富里(Фри)药剂：

氯化铜……………90克      鹽酸(濃的)……120立方公分  
水……………100 立方公分

### б) 尼达里(Ниталь)药剂：

硝酸(濃的)… 5 立方公分      乙醇(或甲醇)…95立方公分

### в) 高硫酸銨：

高硫酸銨……………10克      水……………90立方公分

在鍋爐中采用腐蝕的方法檢查裂紋，效果是不甚显著的，并且需要在不易接近的地点进行繁重的工作，去研磨受檢查的表面。

較為可靠及有效的是磁性粉末探伤法。

在鍋爐中采用这种方法的經驗指出，利用很簡單的設備及方法就可以很显明的發現裂紋。这种方法完全适于广泛采用到鍋爐的实际工作中去，并且可以大大提高对鍋爐部件监督的可靠性。

## II. 在各种不同的磁化性能时發現缺陷

1. 磁性粉末的探伤法本身是一种物理的方法；在由强磁性的材料做成的成品上，根据靠近缺陷的地方磁場磁漏的关系，因而有一部分磁性粉末聚积起来的情况来發現存在的缺陷。

2. 这种方法的實質，是在充分磁化的被檢查零件上撒上細的磁性粉末，此时在磁力綫外出的地点(在整个损坏的地点)形成磁流的磁漏，表示出明显的磁極。因此磁性粉末吸引到表面上，并在不明显裂紋的所在地点形成很明显的“脈絡”狀的粗綫。

3. 查出缺陷的方法可以这样进行：

a) 干撒法：利用篩子把干的磁性粉末撒在被檢查的表面上；

6) 浮悬物的方法：將浮悬于水中或油中(煤油)的細的磁性鉄粉洒在被檢查的表面上。

4. 最方便的是含有5~6%(以重量計)磁性粉末浮悬物的水，以及含有1.5~2% 安定的肥皂液浮悬物。

5. 試驗磁化的成品，是在它磁化后用浮悬物复在成品上的方法进行(利用余磁作試驗)，或者在充有磁場时 进行(在充磁时进行試驗)。

• 6. 对以磁性軟鋼制做的成品，以及鍋爐汽鼓及其部件的檢查是在充磁时(在充磁时洒上浮悬物)进行。



7. 磁性粉末探伤的方法可以發現表面的缺陷及在表面下不深的內部缺陷。

8. 根据实验的資料:

a) 当充磁到 100~200 高斯时, 除了帶有弧度邊緣的髮紋及斑疤不能显示外, 可以發現所有的裂紋及裂口。

6) 当充磁到 300~500 高斯时, 磁鉄粉沉积在斑疤及較深的髮紋上, 但不能稳定的沉积在較細的髮紋上。

b) 随着磁化性的加强可以發現較細小的髮紋(除了裂紋, 斑疤之外, 同时也能發現較深的髮紋), 当磁化的强度約为 1000 高斯时就能發現不很深的小裂痕。

c) 在磁化性較高时, 即使是沒露出在成品表面上的深的缺陷也能够發現。例如, 当充磁到 1500 高斯时, 可以發現在成品表面 1~3 公厘下的髮紋。

### III. 材 料

a) 作浮悬物用的磁性粉末

1. 为了制作磁性粉末, 取磨細的干紅鉄粉( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ——無磁性的氧化鉄)与煤油混合在一起, 攪拌成为漿糊为止。

2. 得到的物質裝入金屬的或陶器坩堝中, 上面蓋上石棉紙(不少于五層)或洒上石棉絨(厚为 15~20 公厘), 并蓋上蓋。

3. 坩堝的蓋不要塞的太紧; 否則, 当內部形成压力时, 可能造成坩堝的爆炸。

4. 用一般直徑为 2~3" 及長为 60~150 公厘的管子作成的坩堝, 它本身的構造显示出它的优点。此种坩堝的一端是焊接的底, 而另外一端蓋上蓋(圖 1)。

5. 磁性粉末在鉄匠的普通鍛爐里制作, 在鍛爐里一齐放进去

几个由管节作成的坩埚。当温度在  $650\sim 800^{\circ}\text{C}$  时，煤油在坩埚内应当燃烧尽。

6. 磁性粉末也可能在鍋爐的燃燒室內制作。几个坩埚可用焊到它們本身上的鈎或爪懸掛在鋼絲繩或鉄条上，經手孔送入具有温度为  $650\sim 800^{\circ}\text{C}$  的烟道內。实际經驗指出，在这个温度下烘燒繼續的时间为  $1\sim 1.5$  小时。

7. 經過烘燒的粉末冷却时不要进去空气，也就是說不打开坩埚。由于  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  被煤油燃燒还原而得到的磁性粉末  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  要保持在不进空气的冷却条件下，其形狀是松軟的、容易散开的黑色塊。当进入空气的时候，热粉末要重新氧化并在很大的程度內要損失其磁性。黑色的粉末具有較大的灵敏性，这种粉末主要的是由磁性氧化鉄所組成。

制成的粉末的質量可用眼睛分辨；粉末的进一步檢驗是用被永久磁極吸引的程度來決定。

8. 如粉末經過烘燒之后，仍然保持紅或者黃的顏色并不能很好的为磁極所吸引，其原因可能是由于加的煤油量不够或者坩埚蓋的不严所致，这种粉末需要再度进行还原的烘燒。

9. 如果沒有干的紅鉄粉，可以用碎的油質的紅鉄粉制作，將这种鉄粉放入坩埚內并烘燒之，当其中所含油質在几乎完全不进入空气的条件下燒完时， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  进行还原为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。用碎的油質紅

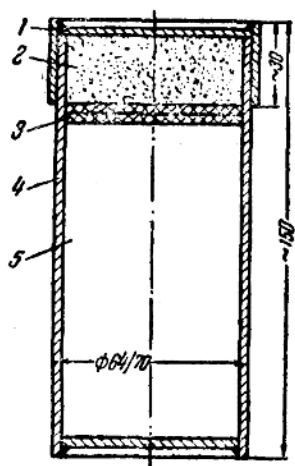


圖 1 制造磁性粉末的坩埚  
1—蓋子；2—石棉攪料；3—石棉板；4—由管子做成的器皿；5— $\text{Fe}_2\text{O}_3$  及煤油混合物。  
(註：器皿蓋子是半密封的)

粉制成的粉末被油烟子弄髒，但是用它在鍋爐設備上探傷仍然是完全適用的。

#### 6) 磁性的浮懸物

10. 在液体中浮懸着較為穩定的細小的硬粉末称之为浮懸物。如果这些浮懸物帶有磁性的，則称之为磁性的浮懸物。

11. 磁鉄探傷使用兩種浮懸物：油-煤油的及水質的。利用水質的浮懸物比較適宜。为了預防粉末很快的沉淀及防止它們粘到一起，以及为了很好浸濕被試驗的表面，在水中摻入1.5~2%植物油肥皂(按水的重量)。植物油的肥皂可用最上等的或好的家常用的肥皂来代替。加入植物油肥皂后，浮懸物会更为均匀。

12. 水質浮懸物用下列方法制做：取15~20克植物油皂(計算制做一公升浮懸物)并將其倒入少量的热水里。然后洒入50~60克磁性粉末，仔細將得到的稀漿放入臼內研磨，加入热水到需要的濃度(对一公升热水需50~60克磁性粉末及15~20克肥皂)。

13. 制做油-煤油的浮懸物要用变压器油或紗錠油。混合物由煤油40%及油60%合成。放入的粉末按重量計为混合物的10%(1公升混合物放入100克粉末)。

#### Б) 植物油肥皂

14. 为制做植物油的肥皂(以制做100克計算)，取90克植物酸在小爐上加熱，加入12克干的苛性鈉(如为10%的溶液，用120立方公分)。在攪拌中逐漸加入碱性溶液。由混合物沸騰时起，經25—30分鐘的沸騰使其皂化。肥皂是否作好，可用取样作完全皂化試驗，为此取几点肥皂裝入試管中，使其在热水中溶化。如果肥皂完全溶化，也就是說溶液在試管中經過搖動之后开始透明，則肥皂即算作好。如果經過搖動之后，呈渾濁的顏色，則表示試



样的皂化不完全。在这种情况下繼續沸騰使其皂化，一直到試样完全皂化为止。当皂化完了之后，向肥皂中加入饱和的食鹽液（約 200 立方公分），这样肥皂浮起并在冷却之后从溶液取出。

15. 如制做植物油肥皂沒有苛性鈉时，可以苛性鉀作为碱制做。在这种情况下（以制做 100 克肥皂計算），向 90 克的植物酸中加入 17 克百分之十溶液的苛性鉀（KOH）。完全皂化的試驗及檢驗与用苛性鈉时同，但在这种情形下得到的肥皂是液体的。

#### IV. 充磁电路。用电流充磁

1. 用于充磁的设备分类如下：

a) 用于縱的或橫的及在角度下进行充磁的设备；属于这一类的有永久磁铁、电磁铁及电磁繞圈；

б) 穿过充磁的设备；磁場是因电流經過要檢查的零件或者通过穿在空心零件中的導綫而得到的；

в) 用作綜合充磁的设备；它能够輪流着进行縱的或穿过的充磁，或是同时在一个零件上用两个电源發生两个磁場。圖 2 中繪出現代工業设备采用的零件充磁的各种电路。

2. 充磁使用的电流有直流及交流。

根据安全条件使用的电压不应超过 12 伏。选择电流根据现有的电源及在鍋爐的哪一部件上查找裂紋等条件而决定。

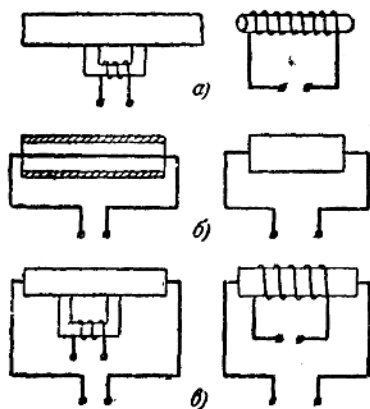


圖 2 各种充磁电路圖

a—縱的，橫的充磁圖；б—穿过充磁；

в—綜合充磁。

3. 鍋爐汽鼓部件的充磁常常采用 1400~1700 安培、3~6 伏的交流电流，这种电流是由普通的电焊机或專門試驗用的变压器得来。

4. 当利用电焊变压器(CTЭ-22, CTЭ-24, CTЭ-32 及 CTЭ-34型)为了得到上述特性的电流时，在現有二次繞圈上面繞上3~5 匝大切面(95, 120,  $2 \times 95$  或 240 平方公厘)的軟電纜或絕緣的紅銅条(电条)，作为变压器需要的二次繞圈。

5. 充磁繞路的阻力应当是最小，因此繞路要尽可能短、接点要尽可能少。繞路的長度一般不多于10~15公尺；变压器直接放于汽鼓的附近；接点的数目为2~4。

6. 不計算电抗的充磁繞路(变压器的二次繞路)的大概計算，可按下列的方法进行。

a) 求繞路的阻力。如果回路由切面为 120 平方公厘、总長度为12公尺的銅電纜組成及具备两个潔淨的銅接点，則導線的阻力：

$$R_{np} = \rho \frac{l}{s} = 0.0175 \frac{12}{120} = 0.00175 \text{ 欧姆.}$$

两个接点的阻力值可估計为：

$$R_k = 0.001 \times 2 = 0.002 \text{ 欧姆.}$$

回路的总阻力为：

$$R_2 = R_{np} + R_k = 0.00175 + 0.002 = 0.00375 \text{ 欧姆.}$$

6) 求变压器的容量及二次繞的电动势。如上所述，充磁电流(在变压器的二次回路中)应不小于 1400 安培。采取  $I_2 = 1500$  安培，則二次回路在現有的特性下，需要在变压器二次回路中得到电动势为

$$E_2 = I_2 R_2 = 1500 \times 0.00375 = 5.62 \text{ 伏}$$

变压器的容量

$$W_2 = E_2 I_2 = 5.62 \times 1500 = 8.5 \text{ 千伏安.}$$

按上述数值选择变压器。

需要注意到，当变压器励磁的时候，在很短的时间内加上负荷，因此它可能过负荷。

Б) 选择充磁的二次线圈的匝数。設在我們管理的設備內有一接近此容量的变压器，其二次线圈的匝数  $n'_2 = 75$  及額定电压  $e'_2 = 60$  伏，則該变压器每个匝数的电动势，在一次线圈为額定电压时：

$$e = \frac{e'_2}{n'_2} = \frac{60}{75} = 0.8 \text{ 伏.}$$

变压器的新二次线圈应为：

$$n_2 = \frac{E_2}{e} = \frac{5.62}{0.8} = 7 \text{ 匝.}$$

变压器漏磁电抗、外面迴路的感应及变压器一次回路中的电压降，在此計算中沒有計入，因为求它們困难所以以补加阻力代入之，此数值实际为回路有效阻力的20~30%。主要而不能列入計算的数值是接点的阻力。

7. 当沒有变压器二次线圈匝数的資料时，則一个匝数电动势  $e$  的数值可用直接的方法測量。为此在現有的线圈上面加上一个匝数，該匝数联上測量范围为1~1.5伏的檢波型电压表。同样的測量也可以用迴路的阻力估計之。

8. 充磁迴路在开始工作之前，应以測量的方法进行檢查，为此：

a) 在变压器空负荷时測量其电压；

6) 在联入充磁設備变压器的二次线圈上，直接的測量电流，也就是說用变流器或吉特茲型鉗式电流表在负荷下測量。

9. 变压器的一次线圈經保險絲及两个双極密閉式刀閘与电源綫連接。一个刀閘及保險絲与电源綫連接(圖3)，而另外的一个为工作刀閘，与变压器一次线圈連接——置于綫的端部。

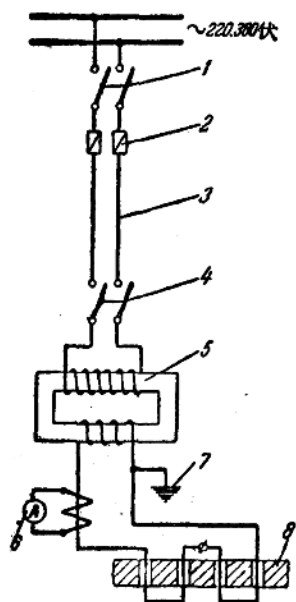


圖 3 充磁時電路連接圖

- 1—刀閘；2—保險絲；3—電纜；  
4—工作刀閘；5—電焊變壓器；  
6—帶有電流表的變流器；7—接  
地；8—被試驗的汽鼓鋼板。

10. 工作刀閘放近變壓器的用意，是為了使管理刀閘的人能聽到及看見在汽鼓中工作人員的動作。

變壓器的容量較小時，所裝保險絲不達到全電流（負荷），而僅為全電流的40~50%，因為全電流對這種變壓器是過負荷的，僅容許在短時間過負荷，保險絲在這樣短促時間來不及燒斷，但如果變壓器因某種原因處在全電流時間過長，電源沒有拉開，則保險絲燒斷，可以保護變壓器。

11. 在鍋爐分場使用直流電，僅適于在兩個磁極間充磁。在這種情況下使用蓄電池或者整流器（矽整流器或一氧化銅整流器）。較為適合鍋爐條件的應認為是BCA-5, BCA-6M及BCA-10（參看蘇聯電訊器材工業部的“矽整流器”的產品目錄）型的整流器。

12. 不允許用由高壓直流發電機或者電動機-直流發電機（110, 127及220V）發出又經變阻器降壓的直流電。

## Ⅴ. 鍋爐汽鼓部件的充磁方法

1. 被試驗的汽鼓部件的充磁可以有好幾種方法。選取的充磁方法應保證顯示裂紋的可靠性及在生產條件下使用時足夠簡便。為了可靠并明顯的顯示出裂紋，必須使磁場垂直于（接近于垂直

的角度)被試驗的裂紋及使有足夠的磁場密度。

(2. 如果磁場的磁力綫沿着裂紋或者與裂紋成很小的角度, 則裂紋顯示得很不明顯或者完全不被顯示出來(圖4)。在一系列的

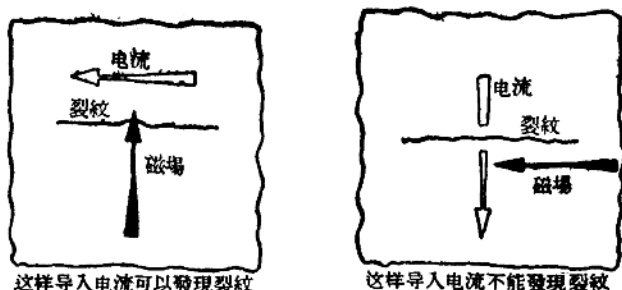


圖4 導電電纜接在各種不同的位置時磁場的方向

情況下, 使磁束垂直於裂紋是不困難的, 因為可以事先預測它們的方向。如果這樣作不到, 則這一段在兩個互相垂直的方向上作試驗。

#### A. 用交流電通過鍋爐被試驗部件的充磁法(圖5)

在這種情況下使用3~6伏、1400~1700安培的交流電源, 並且必須注意接點的可靠性及緊密性。這種充磁的方法可以用於

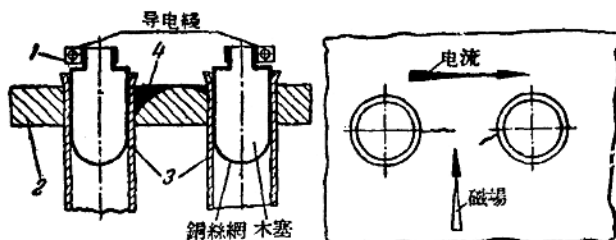


圖5 用電流通過被試驗的金屬部分充磁以顯示管孔帶的裂紋示意圖

1—卡子; 2—汽鼓木體; 3—管子; 4—裂紋。

显示管孔帶的裂紋，同时也可以显示位于鉚釘孔附近的裂紋(当磁化强度为兩倍的时候)。

作为导电流到試驗部件上的工具，可以用一种电磁接头式的塞子(叫做“磁性吸着器”，为苏联中央机械制造研究院所設計制造的)或用“插笔”或專門的塞子。

#### a) 电磁接头式的塞子——“磁性吸着器”

这种工具本身是一种电磁設備(圖6)，是用来把試驗变压器的引綫压在被試驗部件的表面上。这个設備的外壳是用硅鋁合金或鋁作成，其内部裝有帶綫圈的軟鋼鉄心。鉄心的兩端擰入栓狀螺釘(軸)，其上裝有活动的磁極。这样組合零件，当供給綫圈电流后，就可以得到磁。此綫圈由直流电源供給并在低电压(不高于12伏)上使用。吸着器的外壳是兩個条形接点板，由具有銅的接点枕座的兩側連接起来。电流从試驗变压器导至固定在外壳上的导电板，然后經外壳、导电板及銅的枕座进入被試驗的金屬。为了作試驗，需要兩個吸着器。

吸着器的使用程序如下：以手將吸着器压紧到被試驗的金屬上，在这种情况下磁極位于松动状态(元宝螺絲輕微的松开)并接触到金屬的表面上。

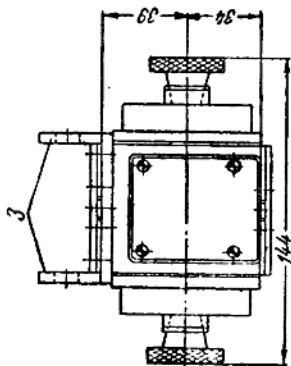
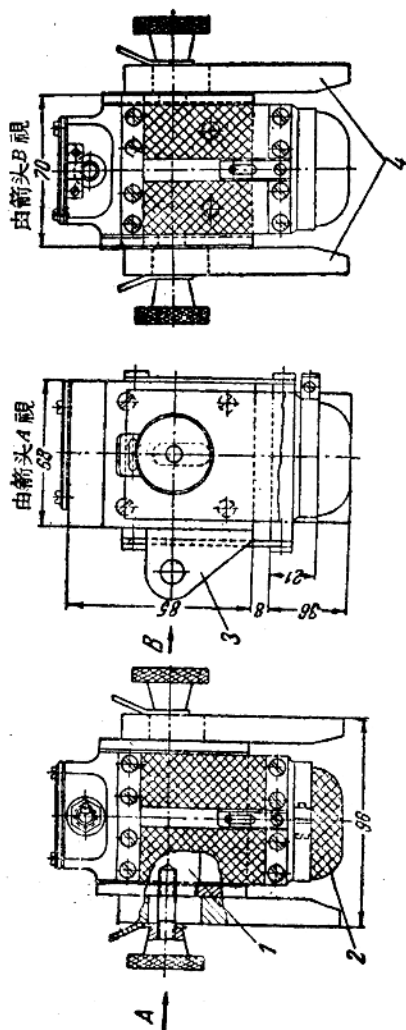
不松开手，就將綫圈通上电源并將元宝螺絲上紧。磁極經過这样处理之后，接点枕座應該保持吸着器紧密压向被試驗的金屬。第二个吸着器同样的以上述方法裝上，然后由試驗变压器將电源接向吸着器的外壳上。在吸着器作为接点的回路中，电流应不小于1300~1400安培。吸着器互相放置的距离为250~350公厘。当吸着器中間地区的面积經過試驗之后，吸着器取下移到新的地点。

吸着器外壳上裝有开关，以便吸着器便于連接或取下。吸着



圖 6 苏联中央机械制造研究院（磁性附着器）型电磁接头  
式样子

1—帶有縫圈的鉄心；2—接点枕座；3—导电板；4—極鉄。



器的电磁线圈以铜线制作；为了接点可靠，其磁力应不小于1500安匝（装置工作图可向苏联地区发电厂及线路改进局技术情报室索取）。

#### 6) “插笔”（图7）

这是一个由红铜作的棍子，在棍子上端有一个耳子，作为与变压器二次线圈连接之用。因铜棍通过电流生热，为避免手被铜棍所烫伤，将其置于木制的套管中。铜棍中间的最大距离在进行试验时，不应超过200公厘。

#### Б) 接点塞

试验管孔间地带（管孔带）最方便的工具是接点塞（图5），此塞子被塞入两个邻近的管孔中。塞子由于的硬质木材（桦木，柞木）制成，该塞稍带圆锥形，然后包上3~5层铜丝网。用套箍将电流导到塞网上。为了得到良好的电气接点，管孔表面仔细地打磨干净。用于76公厘内径管子的塞子图样示于图8。

### 5. 电磁极间部件的充磁（图9）

在这种情况下，可用直流电也可以用交流电；但是用直流时，所用的电磁铁较小。正如经验所示，为了可靠的显示表面上的裂纹，需要在磁铁的轭铁上装上14 000~15 000安匝的线圈，此时铁心的切面为1200平方公厘及导磁体长度为400~450公厘。

在这种情况下，需要注意被试验部件的充磁地段，其导磁体的切面要稍大于被试验地段本身的切面。用交流供给电磁时，导磁体应由变压器的钢片组成。

图10为试验管孔间地带用电磁铁的结构（当钢板的厚度为15~20公厘），用直流电供给线圈，计算得出的磁场相当于16 000

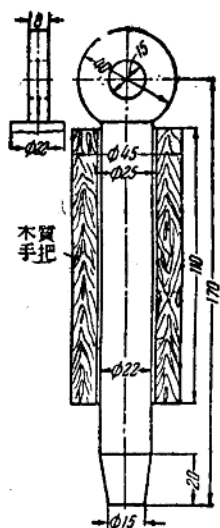


圖 7 插笔

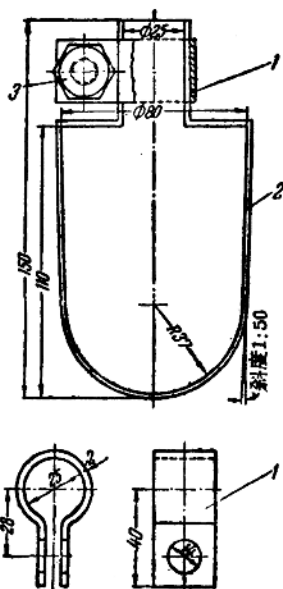


圖 8 接点塞

1—卡箍（紅銅的）；2—30×30的銅網（3~5層）；3—M12號鋼的螺絲。

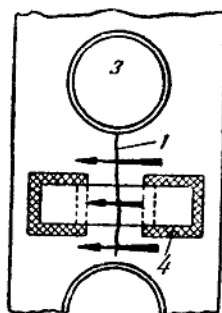
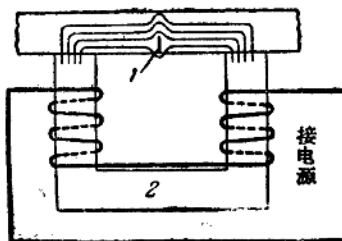


圖 9 在鍋爐汽鼓上电磁極間充磁显示裂纹的示意图

1—裂纹；2—导磁体；3—管孔；4—线圈。