

科学和科学家的故事

18

电 腐 蚀

〔苏联〕IO. 达勒古申著

祖 逸 译



科学技术出版社

科学和科学家的故事

18

电 腐 蝕

原 著 者 [苏联] Ю. Лозгунин

原出版者 Трудрезерватат

译 者 祖 逸

科学技术出版社出版

(上海延平路335弄1号)

上海市书刊出版业营业许可証出〇七九号

新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所总发行

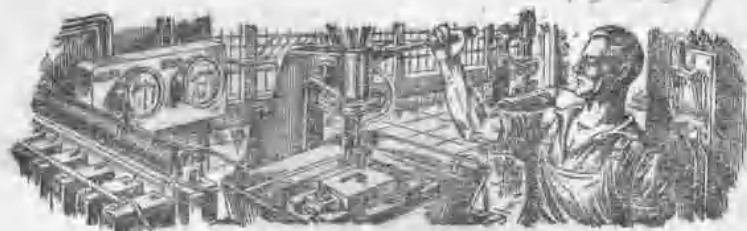
开本 787×1092 1/32 · 印张 15/16 · 字数 41,000

一九五六年十一月第一版

一九五六年十月第一次印刷 · 印数 1-12,000

统一书号：13119·57

定价：(9) 一角三分



电 腐 蝕

Ю. 达勒古申

能制造永久不坏的机器嗎？

有一回，我那儿来了一位熟識的机械制造工程师，这是初春时节，我刚讀完的报上都是些关于准备春耕的消息，刊登着关于拖拉机、拖拉机站、檢修、备用零件等等的文章和評論。

“您听一听，”我帶着責問的口气对工程师說：“那些机器是怎么回事？您看！这里是‘有一半拖拉机还没有修理好’，那里又是‘春耕在受着威胁’，‘备用零件还没有收到’，簡直整張报都是的！为什么每年，——說什么每年呢！——每季都是一样：既是‘修理’、‘备用零件’这些讨厌透頂的事情？为什么你們的机器损坏得这样快？是你们做得不好，还是怎么的？”

他望着我微笑。

“不，”我繼續說道，“其实在我們这样一个技术和冶金业蓬勃发展的时代里，在生产最坚韧的‘超硬度’鋼，伯別基特硬合金的时代里，难道不能制造永久不坏的机器嗎？要知道我們現在机器的寿命是很短促的：过了十年或十五年，机器就老了，要掉換另一种更完善的了。况且，我們这儿对机器是十分爱护的，为

图书

64813

什么就不能把机器制造得这样，使它在机器寿命应有的年限内不损坏？我真不明白。”

工程师停止了微笑，想了一想。

“您又对又不对，”最后，他回答我说。“您的激动的心情我了解。如果我们能以象您所說的那种最坚硬、牢固的金属来制造零件，我们真的能制造出永久不坏的机器。而且这种机器一般总是比较好，轻便、精致而易于搬运。可惜这不可能。”

“为什么？”

“因为，每一个机器的零件都是金属经过一定加工后做成的。金属是用什么来加工的呢？是由工具来加工的，这种工具同样也由金属制成，只不过工具的金属比被加工的零件的金属更坚硬，牢固些。这就向您提出第一个条件：机器的零件不能用最坚硬的合金来制造，因为这样就无法进行加工。”

“对不起，但除了普通机械加工外，不是还有进一步强化金属的方法吗？例如热处理——淬火，渗炭，镀铬……”

“对，这些方法都采用的。我们如果利用一切现代的方法，甚至连‘永久不坏的’——特殊的机器都可以制造。但是，这不解决问题。我们需要的是普遍的方法。然而，基本的、最普遍的、大多数场合下唯一采用的方法，就是用车刀、钻头、铣刀、锯、砂轮来进行机械加工。”

“就是说，用原始人的方法，”我说道。

“对，差不多，”我的交谈者微笑了一下。

“当然啰！首先发现金属的我们上古时代的祖先是利用石头摩擦来制造斧头和箭头的，这种所谓‘方法’的实质就是使金属微粒从金属块的表面逐渐地分离和剥落下来。俗语说得好：‘只要工夫深，铁杵磨成针’。难道现代机械加工的实质不也是

如此嗎？用鋸刀、鑽頭、銑刀
削落金屬屑，實質是一樣的！
然而，机床、工具和人造石塊
——砂輪的采用大大地減輕
了人的折磨和勞動，但實質
並不改變……可是所需要的
折磨和勞動終究還是多得使
人難以容忍！無論在那一個
機械車間，那一個金屬加工
工場里，我們可以看到一排
排的鉗工，他們的手拿着鋼
鉗和銑刀在老虎鉗鉗着的金
屬塊上有節奏地揮動着，當
然，這種情形比起古代來是
略有區別的。”

“對的，這一點您是完全
正確的，”工程師表示同意。
“由於您已注意到這種極其
原始方法的某些成果，我只
能把這種情形再補充一下，
我們已習慣於我們周圍的金
屬制成品形狀的多样化，因
此覺得金屬似乎可以任意變
形。但是，要知道實際上遠

不是這樣。您不會想象到，有時候，在解決一些最簡單的技术問題時，我們的設計師須要克服何等樣的困難。譬如說，需要在金



現代的金屬加工方法實質上很少區別於遠古時代的方法

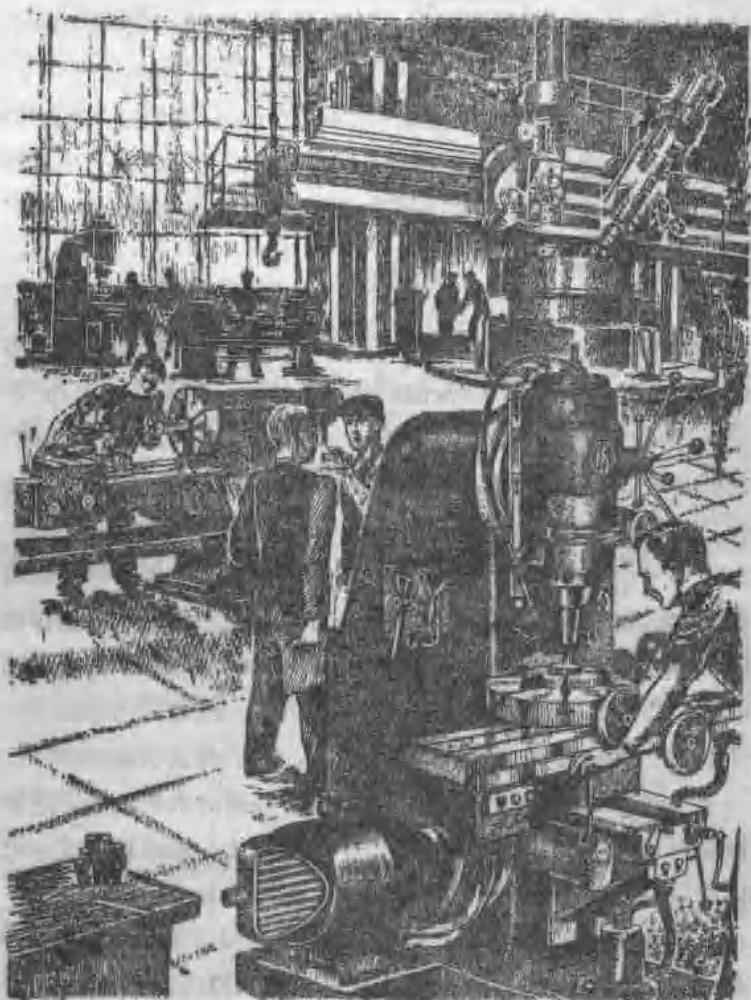
4996/17

属零件上鑽一个孔，任务似乎很简单，何况我们又使用电力拖动的机床以及尺寸齐备的成套的鑽头。但是起码的条件：鑽头的金属必须比零件的金属坚硬，否则，工作就不可能进行。假定这一条件具备了。现在就着手鑽。結果，鑽出来的孔一定是圓形的。如果需要正方形的、三角形的、橢圓形的、隙縫形的，一句話，任何一种非圓形的孔都是不可能鑽的。做这样的孔，要用特殊的复杂的方法，这些方法远非每个企业都能采用的，例如冲压法，或在零件澆鑄时預先把孔做好，这不是經常都能做到的。再假定鑽圓孔的条件具备了。但孔的直径，比如說，需要在十分之一公厘以下时。就是不可能的！这样細的鑽头經受不起阻力，要折断的。您看，受到多少限制？一切机械加工工序几乎全是受到这样的限制的。”

討論的結果，我們得出了很不滿意的結論。这些結論大体上可归結为：人实际上还未掌握金属。机械加工所需要的人的劳动和精力、电力和燃料太多了。結果却是又貴又繁重。为了鉋、鑽、磨、車等金属加工，千万个工厂耗費了大堆燃料来生产精巧的机床。另一些工厂要为这些机床制造工具。而冶金工作人員們还要冶煉割、鋸、鑿、鑽等切削金属用的合金。

千百万人、燃料矿藏、煤气、发电站、运输工具、設計師和发明家創造性的劳动、难以計算的工时——这就是馴服金属和金属加工的代价！那么办法在那里？

我們考慮了一切現有的金属加工方法，发现其中无论那一种方法都不能，而且，也許永远不能和机械加工方法竞赛。虽然机械加工方法實質上是古老的和原始的，昂貴的和繁重的，但却是工业中广泛采用着的。只好仍然和它的缺点長期地妥協下去。如果在这一技术領域內，任何革命和改革都不能期待的話，



联系着许多人紧张劳动的现代技术的巨大力量——这就是驯服
金属和金属加工的代价

那末，唯一的出路就是：在于永不間断的进化下去；在于机床和工具的进一步改善并給予进一步的技术装备；在于冶煉各种更坚硬的合金的冶金工业的发展。

这场談話发生在几年以前，因为是在战时，我們还不能够知道，在我們的科学大軍中，已有一小支队伍找到了完全出乎意料之外的，但确是真正的，有决定意义的，能解决当前问题的办法。

电腐蚀金属

发明这一新的原理的金属加工方法的队伍，最初总共是由两位年青的科学家組成的，他們是：技术科学付博士包利斯·罗曼諾維契·拉札連科和他的妻子，工程师娜塔利亞·約茜法芙娜·拉札連科（現在兩人都是斯大林獎金获得者）。

这件事是这样发生的。

十一年前，拉札連科夫妇开始了一件与金属加工毫不相关的工作。他們的目的是要寻找一种方法和电工技术中普遍存在的现象——接触的损坏作斗争。如果我們仔細地观察两个接触片的表面，在这两个接触片之間曾发生过一些普通的放电——切断两片間的直流电路时的火花现象，我們会发现金属微粒由一个接触片跳向另一个接触片。接触片开断的次数愈多，这种微粒移动的数量也就愈大。在一个接触片上，逐漸地形成一火山口狀的缺口，而在另一个接触片上，出現形如小山的隆起。

这种现象叫做电腐蚀（这一名称来自拉丁文“эродо”一詞，意为腐蚀，刮削）。它就是损坏接触片的原因。

由于广泛地使用各种繼电器（接触器裝置）的自动控制设备的发展，使防止电腐蚀的斗争具有特別深刻的意义。

在拉札連科夫妇刚开始这项工作時，任务似乎并不怎样复

杂、实践，以及专门性的试验都证明各种不同的金属和合金所受电腐蚀的程度是各不相同的。显然，可以寻找十分适当的耐蚀材料来做接触片。

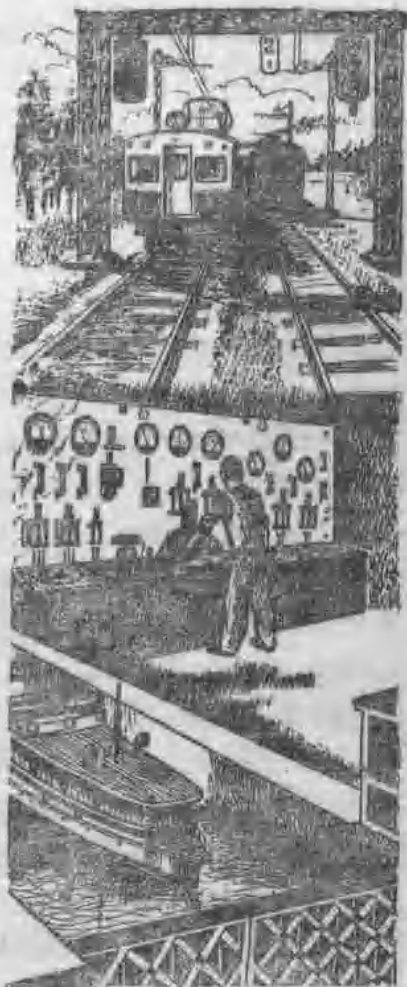
可是，经过不懈地寻找结果并没有成功。

于是拉札连科夫妇就停止寻找接触片用的材料，而开始极细致地研究电腐蚀的本质。他们设置了一套特殊的光学设备，在光学设备的幕上可以观察到经过特别放大的情况——接触片开断和闭合时产生在接触片的微小间隙处的现象。发现就这样开始了。

有害的腐蚀被征服了

大家知道，当电路在开断或闭合时，总会产生或强或弱的闪火现象，即

放电。有时，是电弧，即发光的、相当长时间的闪火；有时，是短促的、刚能看得见的放电，即电花。电弧和电花在本质上曾被人们



随着自动控制的发展，各处都在采用着继电器。在这种情况下，防止电腐蚀的斗争具有特别重大的意义

認作是毫无区别的。电花，这不过是小电弧，它熄灭得很快，因此对接触片为害較小；而‘大’电弧是有害的。电流大时，它能熔解和燒燬閘刀开关。所以，防止电弧的斗争进行已經很久了，并已找到了一种簡單的方法：具有一定电容的电容器接入导綫之間能防止电弧的产生。

为了了解这种現象，我們的研究員們在具有动彈的接触片的試驗設備中接入了电容器，它的电容量可以用手柄作均匀的改变。就这样他們当时在光学設備的幕上看到了一幅奇妙的图景。

当动彈的接触片之間电容器的电容量最小时（接触片振动，每秒鐘开断二十五次），产生了强烈的电弧。作为阴极的接触片（即和电源負极相連接的）的表面上迅速地产生了一些微小的伤痕，好象受了电弧的嘴触。同时，在另一个接触片——阳极表面上，有一股沉重的金属微粒有力地汇聚起来。只过了半分鐘，阴极开始明显地破坏。二分鐘以后，阳极上出現了被电弧燒成的金属微粒的聚积堆。

那时，开始逐渐增加电容器的电容量。情形起变化了。电弧开始减弱，金属从阴极移向阳极的速度減低了。最后，一刹那間，电弧消失，金属微粒的聚积堆停止了增長。

接触片停止“损坏”了！

就这样发现了控制电腐蝕的主要因素——接触器裝置的电容。

但是，如果把手柄再往原来的方向稍微轉动一下……，繼續增大电容量时，結果將會怎样？

放电的性質突然起了剧烈的变化。接触片間微弱的电弧代之以稠密的、閃耀着的电花。金属微粒不再从阴极移向阳极。然

而，从阳极上面所形成的小山（金属微粒聚积堆）上，突然地削下了一个顶端，沉重地投向受过蚀的阴极表而上来。金属微粒开始反向移动了！接着，每一閃电花都移过去一些新的金属微粒。阴极的表面变得象一堵高低不平的、受过剥蚀的墙，好象有一只看不见的手对着它擲了一大把一大把的湿土。现在过程进行的速度快多了，过了半分鐘，阳极已显著地被破坏，而阴极上則出現了一个小山。

进一步研究放电現象的結果，使我們的研究員們获得了重要的結論。原来电弧和电花是两种截然不同的放电現象，而任何一种放电現象的产生，总随伴着材料的微粒从一个电极轉移到另一个电极：在电弧放电中——从阴极到阳极；而在电花放电中，則相反。現象的发生与制造电极的材料无关。

这样就清楚了，要防止有害的电腐蝕，依靠挑选和寻找‘抗蝕性的’和‘耐蝕性的’金属和合金是无效的。这类金属現在沒有，而且也不可能有，因为电腐蝕是一切导电材料的电本性的不可分离的性能。只有控制住引起腐蝕的电的作用过程，才能避免腐蝕。为此，在調节接触裝置中的电容时，應該使之恰在电弧放电与电花放电之間的临界限度上。这样，金属微粒將不再向一个固定方向移动，它們好象变得无規則了，失掉了固定的方向，先从阳极移向阴极，又从阴极移向阳极，所以接触片实际上是沒有受到腐蝕的。甚至相反，在这种情况下，接触片性能反而会变好，它們好象是在相互磨擦着。接触片变得更坚固了。

于是，有害的腐蝕被征服了。但是，苏联学者并不滿足于这一点。在解决具体的实际問題时，他們接触到了正被研究的現象的實質，并在其中发现了异常重要的新发现的萌芽。

下面我們將會看到拉札連科夫妇对有害的現象——电腐蝕

所作的斗争带来了多么宝贵的成果。但是，自然界本身是无所所谓‘有害’的现象或‘有益’的现象。任何一种有害的现象只能说是一种新的尚未被人所了解和掌握的现象的存在。对科学而言，有害现象的征象却可作为新发现的可能性的间接标志，因为，只要你能找出有害现象的原因，揭露其关键所在，差不多总可以在这里发掘出一种新的、必需的和宝贵的知识。这样，有害的将变成有益的，它将成为人类的听话的工具。

当在工作的开始，即已知道寻找抗蚀性的材料是无效的时候，拉札连科夫妇，抱着原来的征服腐蚀的基本目的，着手研究在各种不同介质——气体和液体中动作的接触片的情形。当时他们发现了，接触片经过若干时间的动作后，流体显得浑浊了。时间愈多，浑浊得愈厉害。浑浊妨碍了放电现象，因此必需经常调换流体。

当进行各种油类的试验时，产生浑浊的原因就已不是谜了：放电过程中的具有高温的电花焙烧着油的分子，燃烧和胶化的产物造成浑浊。于是就以不易胶化的液体——各种酒精，最后，以蒸馏水来代替油类。经过了若干时间，在蒸馏水中动作的铁制接触片又隐匿在混浊的雾幕中了。Б. П. 拉札连科把浑浊的液体倒入玻璃杯中，并拿了一块强力磁铁靠近玻璃杯。猜测是正确的，浑浊物被吸向磁铁，水变清了。

这浑浊物就是从一个接触片移向另一个接触片的铁的微粒，不过，它们因在路上遇到了液体而冷却了，硬化了，之后，被放电的爆炸投入水中。Б. П. 拉札连科迅速地从浑浊物中取了一滴放在玻璃片上，并在显微镜前坐了下来。

金属粉末研究者看到了显微镜里的这种情形一定会感到狂喜的。在他的面前，是一粒极微小的铁粉，然而这粒小小的铁粉

却是由洁淨的、光彩的、很均匀的、直径为1微米左右的小球組成的。在現有的制成金属粉末的方法中，沒有一种能提供品質那么高、那么洁淨、分子那么均匀的产品。同时，不少工业部門正極需要这样的粉末，如金属陶磁业、許多化学生产部門、顏料业和印刷业、焰火业、爆炸物生产业，以及其它工业部門。

虽然如此，B. P. 拉札連科对自己这项发明沒有采取冷淡的态度，他給了它以正确的估价。一項專門性的工作立即开始了，工作进行不久，制成了一套利用电腐蝕方法制造粉末的設備。

把用来制成粉末的电极材料置入液体中。在液体中，电极以很快的速度开断和閉合直流电路。混有一些‘渾濁物’的液体从下面流出，通过一系列的沉淀物濾清以后，又重新流入帶电极的器皿中。这套設備的工作情形就是这样。

在不久的将来，这种方法无疑地將代替一切現有的方法，因为它具有极大的优越性：它使人們不仅获得品質优良的粉末，并且可以从無論那种最坚硬的金属合金和金属混合物中制造出金属粉末来，而在这以前，这是做不到的。

是否能把拉札連科的这项发明看作是偶然的呢？当然不能。它固然是出乎意料之外的，但这是可以理解的，当一种自然現象——电腐蝕金属在电流作用下移动初被發現的时候，誰也不可能預言这种現象有那些实际应用价值。不过在正确的、充分发挥創造性的、大胆热情的研究的条件下，这种发明是不可避免地要产生的。

但是主要的‘偶然性’还在以后，它同样也是不可避免的，但又是更大的、新奇得完全难以想象的。

把有害的变成有益的

为了提高新发明的制造金属粉末方法的生产率，拉札連科夫妇决定增大通过电极的电流密度。为此，他把原来当作阴极的电极的接触面积做得比阳极的电极的面积小得多。阴极截面的形状是长方形的，阳极是圆形的。

利用該設備工作了若干時間以后，把它的电极从液体中取出：在研究員的眼前出現了使他們感到异常惊奇的情形。

阴极电极(較小的)深深地切入了阳极，几乎打穿了阳极。而最令人惊奇的是：这样得到的孔的各个面和角完全保留了阴极截面的長方形狀。阴极本身却几乎沒有受到损坏，只不过是前面部分的邊緣稍微圓了些，好象是‘磨鈍’了似的。

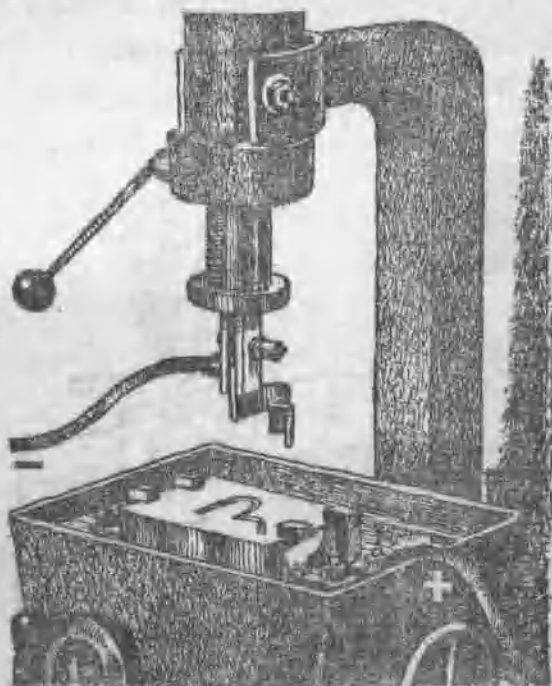
我們的研究員看到了这两块金属一块切入了另一块以后，感到在他們面前展开了真正惊人的远景。因为这說明电腐蝕可以用来进行金属加工而不需要任何切削工具，而且可以加工无论怎样硬的金属！

胜利鼓舞了研究員們，他們怀着极其高漲的热情立即投入了更緊張的工作。一切都須以新的观点来加以校驗和研究。

千百次新的試驗、新的計算……

一台不大的試驗用的机床制成了。这台机床是这样的：两柱之間是一垂直的电磁鉄，它的下而是帶有卡头的銜鉄，电磁鉄使銜鉄振动；卡头中插入一作工具用的金属棒，棒的另一端朝下。电磁鉄通电后，金属棒就开始很快地振动，好象是在往下鑽鑿；下面是一个槽，槽中可以安置金属板，那就是“待加工的零件”。

槽中注入油。把金属棒放下，使它与金属板相接触。然后开动电磁鉄，金属棒就开始沿着金属板敲击，輕微地接触和跳开。

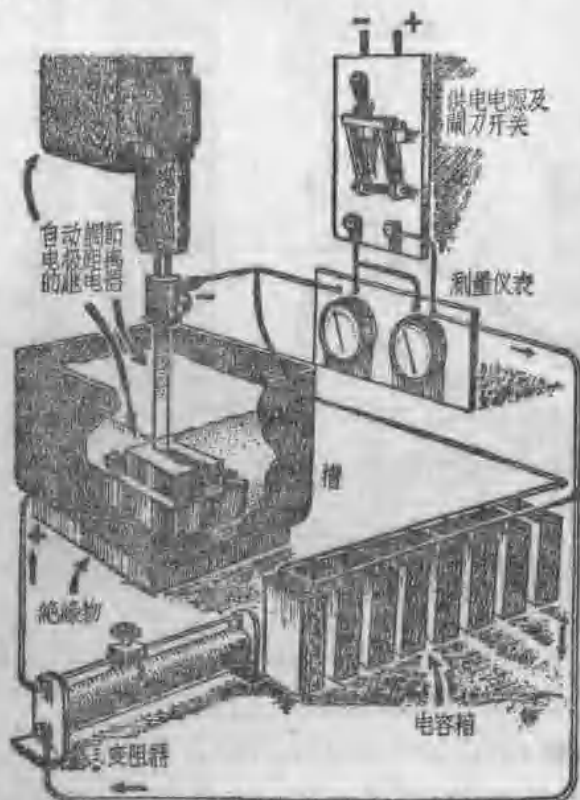


一台电腐蚀加工机床，它的工具为阴极，被加工零件为阳极。这台机床使人们可以在无论何种金属上，做出各种各样的、形状奇异的孔，即现代机械加工方法无法做到的工作。

现在接上直流电源：正极接金属板，负极接金属棒。这时候，发生接触的地方出现了电花放电，腐蚀开始，金属棒的尽头渐渐地深入到金属板中，最后把金属板穿透，孔眼就做成了，它的形状和金属棒横截面形状完全相符。

现在，这第一台原始的机床当作历史陈列品放在E. P. 拉扎连科的实验室中，因为它的结构已经过时了。但是，还在这台机床生产出第一件‘成品’的那一天——这是在战争时期，——它

就能够在各种金属中做出各式各样的孔来：星形的、正方形的、三角形的、椭圆形的，就是说，它能完成现代机械加工方法所不能完成的工作。



一台简单的电腐蚀加工机床的系统图，根据这个系统图，在
B. P. 拉扎连科的实验室中设计出了第一台机床

虽然如此，这台机床的基本原理却奠定了设计各种新结构的基础，这一基本原理大概是不会很快就过时的。这台机床的作用在于：通过它，找到了和校验了新的金属加工方法的原理。

于是产生了关于腐蚀过程生产率的问题。机床工作的速度缓慢，而新方法的命运最后却决定于：它是否能以实际应用中所需要的相当快的速度用来‘腐蚀’金属。

首先必须完全丢开电弧放电。速度快得几乎不易觉察的电火花远比电弧有效。因为电火花腐蚀金属时，除了速度快以外，而且在电极上不会引起发热，象电弧放电时所产生的那样。

但是与生产率有关的，不只是放电本身，而且是每秒鐘內的放电次数。换句话说，就是应当增加‘工具’电极振动的速度。这就发生了新的方法与机械方法之间的第一个严重的冲突。电磁铁不能很迅速地克服钢铁的惯性。结果以机械传动代替了它。振动的速度是增加了，但出现了新的阻碍：整个机床都振动了，这种振动破坏了机床工作的精确性。机械方法不是好帮手，因为它是迟钝缓慢的，而且与基本作用力——灵活的、闪电般的电力是配合不起来的。

怎么办？电与机械之间的冲突使一切美满的远景受到破产的威胁，必须以特殊的顽强去研究放电现象。过了一段时间，办法找到了，而且这一办法是极好的。

拉札连科夫妇所进行的专门性的研究证明了：不管电路内电压的大小，两个在相互移近的电极之间的放电总是产生在它们的接触之先。

正因为两个固定的电极之间的放电，可以借增加电路内的电压而产生，腐蚀加工机床就完全可以避免用任何振动。不需要振动了！只须把‘工具’电极和‘工件’电极移近到击穿距离，并在具有最大频率的电路内建立电压振荡就行了。

这样，每秒鐘內放电次数将不受‘机械’约束，而受调节电路的约束。工具电极在工作时将不接触到工件电极，中间相隔一