
工业技术资料 第120号

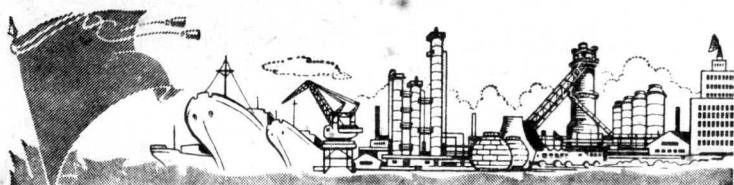
上海人民出版社出版
(上海翻兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

1972年10月第1版 1972年10月第1次印刷 定价0.03元
印数 1—22,000

电解加工内齿轮和链轮

常 州 齿 轮 厂
江苏省电加工研究室



工业技术资料

第 120 号

上海人民出版社

内齿轮的电解加工

一、前 言

内齿轮的加工,过去一直采用机械加工方法,工序多,效率低。以 37140 齿轮为例,机械加工一只,就需要 1 小时多,而且工艺复杂,跟不上生产发展需要。为了改变这一落后状况,我厂广大革命职工,遵照毛主席的教导:“中国人民有志气,有能力,一定要在不远的将来,赶上和超过世界先进水平。”坚决贯彻“鼓足干劲,力争上游,多快好省地建设社会主义”总路线的精神,大搞技术革命和技术革新,采用了电解加工新工艺。在学习了兄弟厂的先进经验后,根据我厂的具体情况,在较短时间内,改制了机床,通过工艺试验,很快投入了生产,加工效率比机械加工提高 20 多倍(一只内齿只需要 3 分多钟时间)。通过二年多来的生产实践证明:采用电解加工内齿轮新工艺,对我们成批生产的工厂来讲,确实能提高生产效率。

毛主席教导我们:“人类总得不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。”在采用电解加工内齿轮的基础上,我们曾进行了拖拉机链轮的电解加工试验,初步掌握了一些规律,但由于时间短,很多问题还有待于今后进一步进行试验研究。为了互相学习,交流经验,改进我们的工作,现将我们生产中的点滴体会,粗浅介绍如下,希望批评指正。

二、加 工 原 理

电解加工是在大电流密度下,把金属按所需要的形状和尺寸进行阳极溶解的加工方法。其加工原理早在 1870 年就被发

现,但是具体应用到金属的尺寸加工, 416035618 /

目前电解加工的使用日益广泛,可以加工锻模、深孔、膛线、花键等方面。这种加工方法具有如下特点:

1. 可以同时加工大面积金属,因此总的加工速度很高;
2. 只要是导电材料,不论其硬度或强度如何,都可以加工;
3. 工具电极不损耗;
4. 可以加工一些复杂的形状;
5. 加工表面不会产生变质层或裂纹等,光洁度一般 $\nabla 7$ 。

但是也存在着如下缺点:

1. 要求电解液具有适当的压力和流量,特别是电解液的流场分布要均匀,因此对阴极夹具的设计要仔细考虑,往往需要通过试验才能确定合理的阴极夹具结构;

2. 电解液对机床,管道,泵等的腐蚀问题;

3. 加工间隙不易控制。

这些不足之处正随着科学技术的发展,在逐步的被解决。

电解加工的原理

如图1所示。被加工零件和阴极相对保持0.2~0.8毫米的间隙。用泵把电解液输送到间隙中,强迫电解液从间隙中流过,同时工件接正极,阴极头接负极,在低电

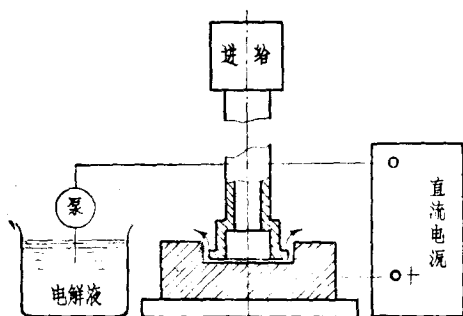


图1 电解加工原理图

压下(15~20伏)通以直流电,在工件上相对于阴极的部分,产生金属的阳极溶解,金属变成离子而溶解到电解液中,被高速电解液冲走,此时,电极按金属的溶解量不断地进给,就可以加工出

所需要的形状。

金属的溶解量可以通过法拉第定律进行计算。如下式：

$$M = KIt$$

式中：K——金属的电化学当量(克/库仑)；

I——电流(安培)；

t——时间(秒)。

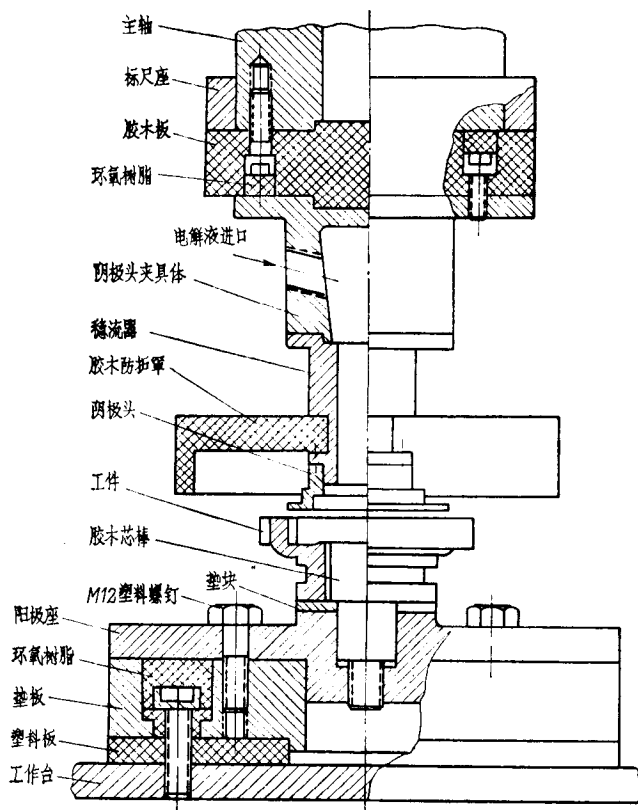


图2 阴极夹具图

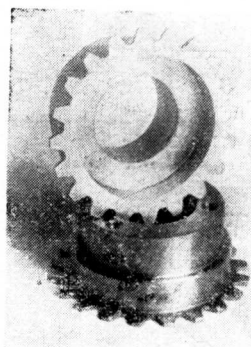
如以食盐水作电解液其电流效率可达 100%。

三、37140 内齿轮的电解加工

1. 阴极夹具结构 见图 2。

2. 阴极头设计

阴极头外观见图 3。材料采用 45# 碳素结构钢。在正常情况下，一只阴极头可加工 600 多只内齿。阴极头尺寸如图 4 所示，齿轮毛坯尺寸如图 5 所示。



阴 极 头 参 数	
材 料	45# 碳素结构钢
齿 数	20
模 数	3
齿 形 角	20°
齿根圆直径	57 毫米
分度圆直径	60 毫米
齿 顶 高	3 毫米
齿 全 高	5 毫米
公法线长度	23.87±0.03 毫米
精 度 等 级	8 Dc
齿面光洁度	▽7 (珩磨提高光洁度)

图 3 阴极头外形图

3. 工艺参数

电解加工的尺寸精度和许多因素有关，这些因素是电解液的流场分布、电压、进给速度、电解液的成份、浓度、温度和压力。因为这些因素中的任何一个因素的变化都会引起电解间隙的变化，因而影响到尺寸精度，因此，电解加工的尺寸精度难于控制其原因就在于此。合理的工艺参数，往往需要通过试验加以确定，一般规律是进给速度越快，电解间隙越小，加工形状越接近于阴极的形状，因而精度容易保证，但是过小的间隙就容易造成

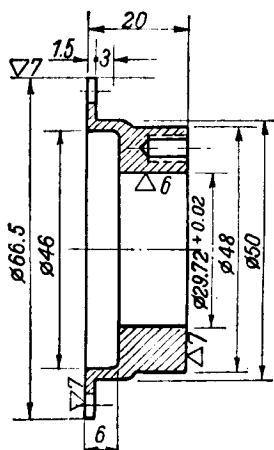


图4 阴极头尺寸图

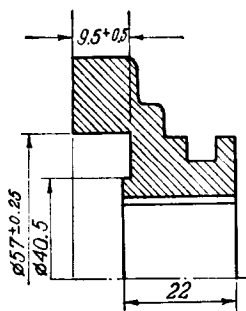


图5 37140 齿轮毛坯尺寸图

短路和烧伤。

对于 37140 内齿轮电解工艺参数如下：

加工电流：1100 安培

加工电压：18 伏

电解液压力：10 公斤/厘米²

进给速度：5 毫米/分

电流密度：130~140 安/厘米²

电解间隙：0.15~0.20 毫米

电解液：15% 盐水 (NaCl)

电解液温度：常温

电源：GZH-S-Z 型半导体硅整流器

水泵：多级离心泵 (20 吨/小时, 最高压力 14 公斤/厘米²)

盐水的浓度，我们采用 15% 左右。浓度低光洁度较高，电解间隙小。使用中发现新配食盐水由于溶解不均匀，容易引起阴极烧伤，而用过一段时间以后才比较稳定，因此在新配盐水中适当加入用过的盐水效果就比较好，目前我们采用波美氏比重

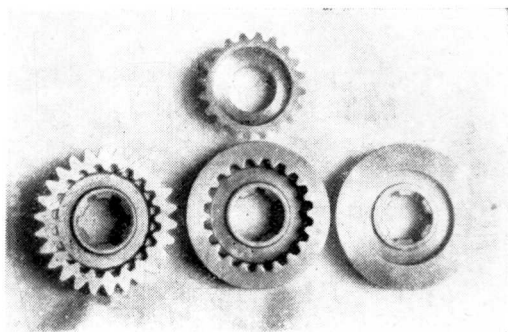


图6 产品和阴极头配合情况

计测量盐水比重,其浓度和比重关系如下表:

浓度(%)	5	10	15	20	25
比 重	1.034	1.071	1.109	1.148	1.190

关于电解液的过滤,目前我厂仍采用自然沉降的方法,水池为40米³,沉降效果尚能满足生产要求,今后打算采用过滤装置。

由于盐水对机床、管道、水泵都有腐蚀性,在每班生产后用清水通过泵冲洗一次,可延长设备的使用寿命,今后尚需对防腐问题进行研究改进。

加工后,齿轮防锈采用如下配方防锈水:

亚硝酸钠	2%
碳酸钠	0.6%
甘油	0.5~1%
其余	水

配制方法是将以上三种成份用少量热水搅拌溶解后再加入适量的水即可使用。

链轮的电解加工

一、前 言

链轮是手扶拖拉机中的重要零件，过去一直采用滚齿机加工，工序多、效率低，一只链轮需要加工 30 多分钟，加工以后，还要进行去毛刺，劳动强度大；另一方面，由于切削量大，又是断续切削，机床也容易损坏，因此很难满足大批量生产的要求。

为了改变这一落后状况，我厂广大职工遵照毛主席的教导：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”在“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线的方针指引下，大搞技术革新，在省、市革委会及厂党总支的领导下，和江苏省电加工研究室同志组成了“三结合”小组，大搞科学实验，坚持了实践出真知的辩证唯物论的观点，敢想、敢干，大胆采用电解加工新工艺。在试验过程中，小组同志发扬了大无畏的革命精神，不怕挫折，克服了一个又一个的困难，在短短二个多月的时间内，试验了 100 多次，终于取得成功，解决了电解加工最容易发生的阴极短路烧伤问题，为这项新工艺稳定用于生产打下了基础。初步试验证明，生产效率提高了 3 倍左右，一只链轮只需 10 分钟，在一道工序之内就可完成，表面光洁度和质量都有很大提高，是一项适合于大批量生产的先进加工工艺。

由于试验时间不长，许多实验现象还没有很好总结、分析，这里，只能简要介绍一下试验情况。

二、阴极夹具体设计

1. 开始使用的阴极夹具体 如图7所示。

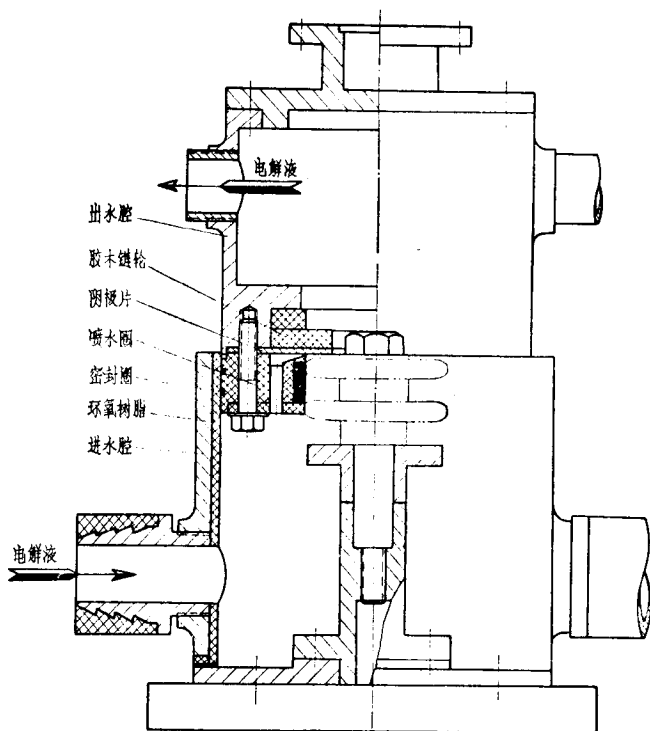


图7 反喷阴极夹具体(胶木链轮即胶木导流板)

这种夹具的特点是进水圈内加入了密封圈，使电解液从侧面喷入，目的是为了防止链轮齿顶过份电解而变尖，为此在进水圈上端面按齿根圆方向，开了内八字槽，使电解液能集中喷出(图8)，以3毫米/分的进给速度进行电解，结果阴极端面烧伤严重，经分析可能由于电解液供应不充足所引起的，因此将进水

圈出水槽口加大, 开成外八字形(图 9), 试验结果, 阴极烧伤有所减轻, 但总不能完全消除烧伤。后来又改用如图 10 所示的锥体进水圈, 使进水量加大, 但效果并不显著。另外又在阴极片上钻一些直径 0.75 毫米的倾斜小孔(图 11), 使电解液补充一部

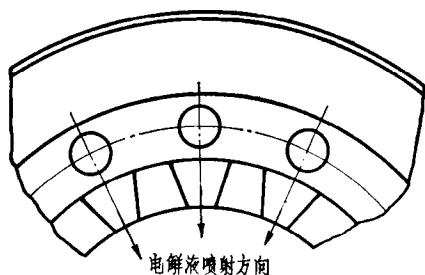


图 8 内八字槽

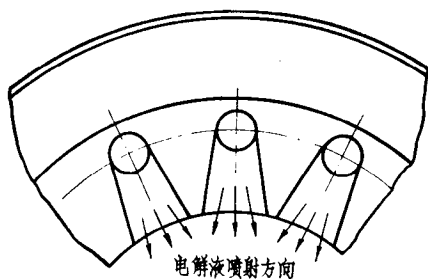


图 9 外八字槽

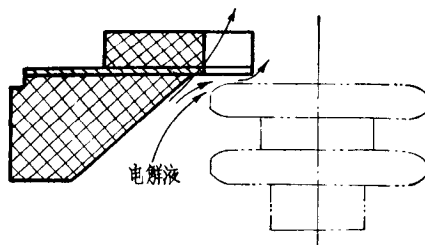


图 10 锥体进水圈

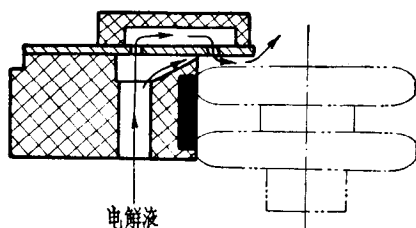


图 11 阴极片上的倾斜小孔

分到间隙中去,发现对提高表面光洁度和平直度有好处,但不能完全防止阴极烧伤现象。总之,对进水圈以及阴极片本身考虑了很多改进方案,但都没有解决阴极烧伤及进出口锥度的问题。

2. 改进后的夹具——稳流阴极体 如图 12 所示。

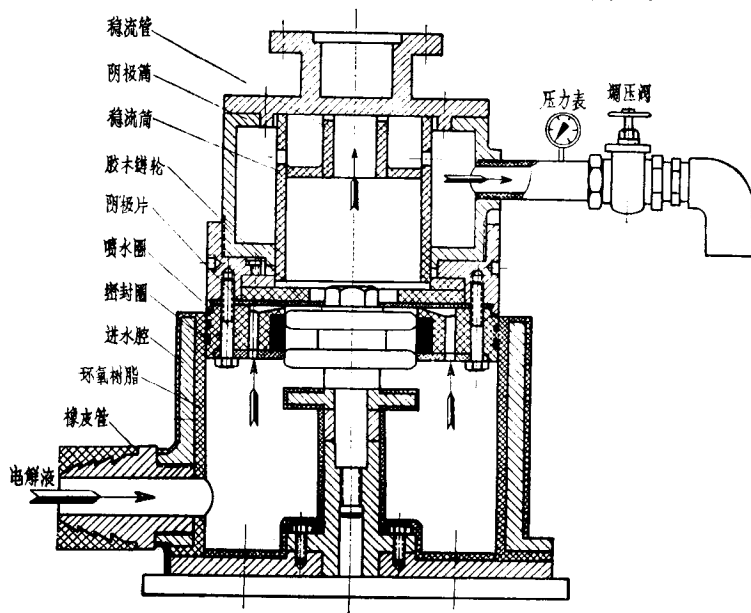


图 12 稳流阴极体

这种阴极夹具体的特点是在开始电解之前，电解液就充满了整个出水筒空腔，保持了一定压力，使整个出水筒形成了一个稳压区。当电解开始以后，进入到电解间隙中的电解液就受到一个同样的压力，使电解液从阴极齿侧面流出时，各处的流速是相等的，就自然地形成了一个齿形水柱体，很均匀的向上流出，因此就完全避免了齿顶和齿根圆因电解液流速不一而产生的短路和烧伤。

3. 实验分析

(1) 阴极短路烧伤产生的原因：如果使用如图 7 所示的阴极夹具体，由于出水电解液没有保持稳压稳流，不仅电解液流动混乱，而且由于链轮端面倒有圆角，当电解时，大部分电解液都从圆角空隙中流出，造成阴极根圆部分电解液不充足而产生的烧伤(如图 13)，这就是所谓电解液的“短路”现象。

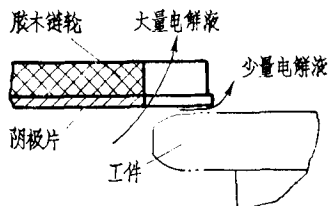


图 13 阴极短路时电解液流量

(2) 稳流阴极体防止烧伤的分析：当出口电解液保持一定压力以后，使电解液在阴极齿顶和齿根各部分受到的压力相同，因此各部分流速相同，使电解液均匀而有规则地形成一个齿形水柱体往上流出(图 14)，就完全克服了由于电解液的分布不均匀而造成的短路烧伤。

试验表明，出水筒保持的压力必须适当，进水和出水需要保持一定的压力差(ΔP)，一般情况下压力差保持在 2.7~3.5 的

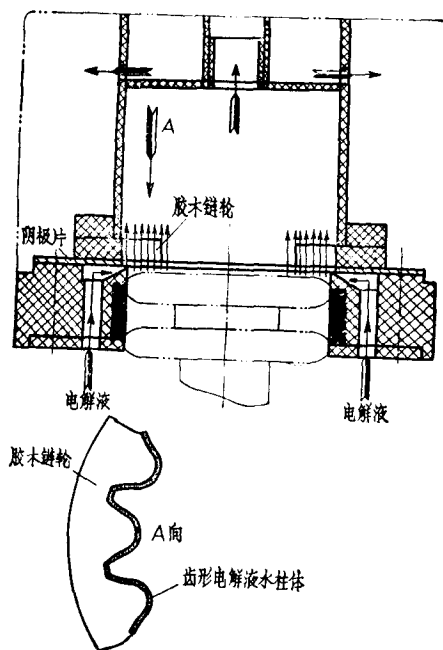


图 14 电解液稳流分析图

范围内较好。它的起始压力为 $10 \sim 11$ 公斤/厘米²。

压力差过高，出水的电解液混乱，流场不均匀，要引起阴极短路烧伤。压力差过低，流量不足，新电解液供应不充份，也要引起短路烧伤。图 15 是过高的压力差加工的链轮，可以看到，由于流场的不均匀，齿面形成明显的凹坑，并产生阴极烧伤，不能进行加工。

(3) 齿面平直度及进出口的锥度：采用了稳流阴极体以后，表面平直度明显提高，这是因为电解液的进出口压力差较小，电解液的流动均匀而有规律，进入到电解间隙中的各部分电

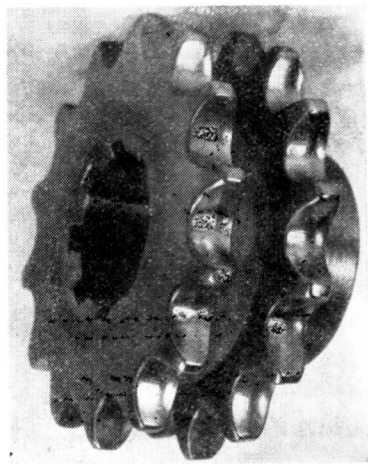
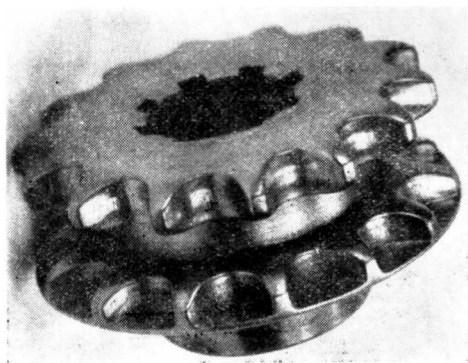


图 15 链轮齿形上的凹坑

解液由于流速相同，形成一个齿形水柱体均匀有规律的向上流出，因此表面平直度提高。

关于进出口锥度，由于采用稳流稳压阴极体以后，进出口锥度显著减小，在 36 毫米长度以内，锥度为 0.01~0.03 毫米，原因是在反应区电解液充分反应，还原区电解液充分还原，氯离子

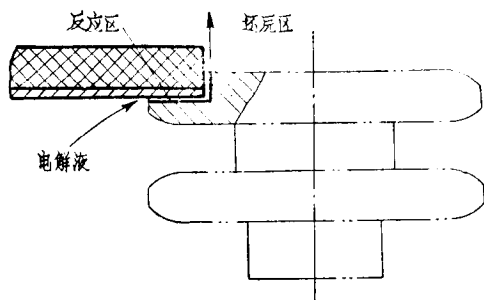


图 16 工件进出口锥度减小

活性减小，防止了二次电解作用(图 16)；其次由于电解液形成有规则的齿形水柱体流出，因此加工表面平直，锥度减小。

另外，由于采用了塑料稳流筒，具有绝缘作用，防止了二次电解。试验证明，如采用图 7 阴极体加工，工件进出口尺寸相差 0.4~0.6 毫米；采用稳流稳压阴极体以后，进出口只相差 0.02 毫米。

阴极片上面胶木链轮(即胶木导流板)的尺寸大小和厚度也要求适当(图 17)，一般比阴极片齿形均匀缩小 0.3~0.5 毫米即可，而厚度等于一排链轮的宽度。

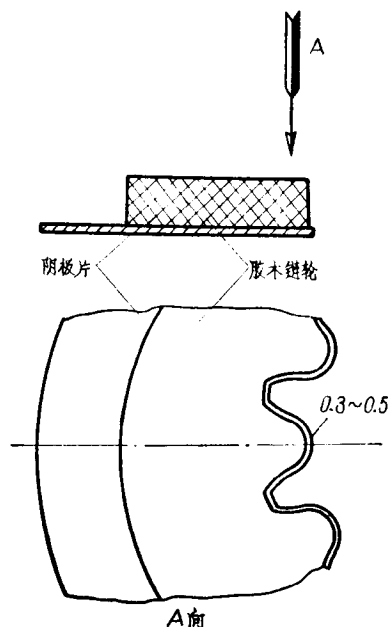


图 17 阴极片上的胶木链轮