

内 部

技术资料汇编

金属爆炸加工技术

第三机械工业部第三〇一所
第七机械工业部第七〇八所 合 编

一九七四年三月

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

要采用先进技术，必须发挥我国人民的聪明才智，大搞科学实验。外国一切好的经验、好的技术，都要吸收过来为我所用。学习外国必须同独创精神相结合。采用新技术必须同群众性的技术革新和技术革命运动相结合。

編 者 的 話

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国国防工业和国防科研战线上的广大工人、科学技术人员和干部，发扬“独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国”的革命精神，大力研究发展金属爆炸加工技术，使爆炸能源更好地为社会主义建设服务，取得了可喜的成果。

为了进一步交流推广金属爆炸加工技术的经验，我们遵照毛主席关于“互通情报”的教导，将三、七机部在今年三月联合召开“高能成型技术座谈会”中的部分技术资料汇编成册，发至各有关单位参考。

由于时间仓促和我们的水平有限，编辑工作中一定会有缺点和错误，欢迎同志们批评指正。

《高能成型技术座谈会技术组》

一九七四年三月

目 录

1、封闭爆炸装置简介.....	(1)
2、聚酯型聚氨酯塑料爆炸成形模.....	(5)
3、容框成组爆炸成形.....	(11)
4、爆炸焊接.....	(17)
5、爆炸装配.....	(28)
6、无模爆炸成形.....	(35)
7、漏斗零件爆炸成形技术总结.....	(41)
8、环形气瓶爆炸成形技术总结.....	(49)
9、爆炸锻锤研制简况.....	(55)
10、谈谈对爆炸焊接技术的看法.....	(56)
11、谈谈对轻型薄壳模具的看法.....	(66)
12、关于聚集成形技术的初步探索.....	(85)
会议简讯.....	(92)

封闭爆炸装置简介

国营三二〇厂

一、封闭爆炸的提出和机理

利用烈性炸药爆炸时，在瞬间产生巨大能量和压力的方法较之目前其他各种产生高能高压的方法和设备更为简单。同时爆炸成形以往存在的如：水、气、震、声（即污水四溅，有害气体弥漫，爆声震耳，震动波影响厂房及设备），以及能、压、质、效（即能量利用率低，相同药量时压力很低，产品质量较差，生产效率较低）等方面的缺点，随着爆炸成形工艺的发展也得到了一定程度的克服，但其效果还不十分显著。

近几年来从水井单件爆炸到水井成组爆炸，又从成组爆炸到爆炸压床，机械化程度虽在不断地提高，劳动条件即有所改善，但仍存在一些问题没有得到妥善解决。即：

1、爆炸压力不易大面积较均匀的提高，水井爆炸压力即使能提高到3000公斤/厘米²，但其水、气、震、声等危害也相应变得严重。

2、水井爆炸时产生有害气体，污水四溅，爆声震耳，有害工人的身体健康。

3、敞开式爆炸成形，炸药能量利用率低，有的甚至低10倍以上（与封闭爆炸相比）。

4、尤其是水井爆炸，要受地区气候的影响，在封冻期间不能工作，且劳动强度较大，生产效率较低，零件成形质量较差。

5、随着生产的不断发展，零件材料的强度和厚度不断提高，因而目前一般液压机床和敞开爆炸对部分零件已感到较难达到成形要求。

为了解决这些问题，遵照毛主席关于“矛盾不断出现又不断解决就是事物发展的辩证规律。”的教导，设想了封闭爆炸方案。

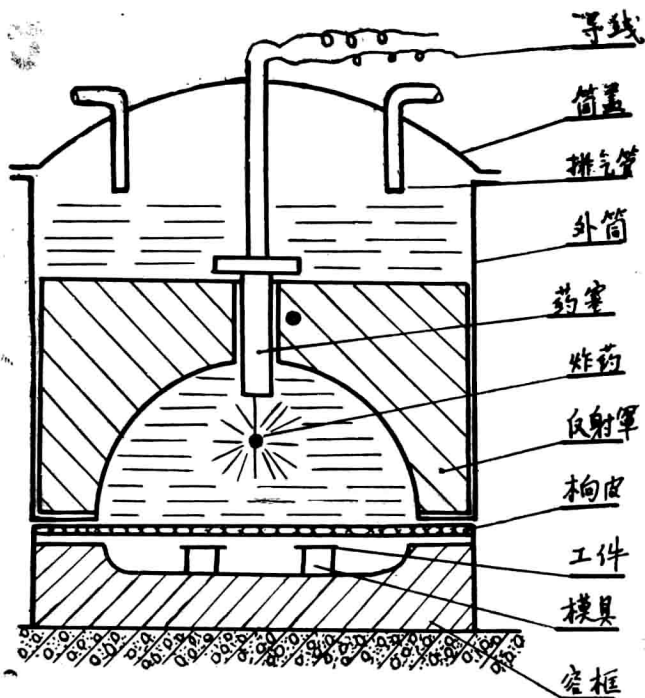


图1 封闭爆炸原理图

封闭爆炸是在瞬间封闭的，在具有能量反射作用的爆炸腔内进行。工件放在爆炸腔的开口端，炸药在爆炸腔内爆炸，借爆炸腔内的水作为传递压力和能量的介质，通过橡皮传给工件或直接传给工件，迫使工件成形，其原理如图 1 所示。

二、封闭爆炸装置结构及主要数据

（一）结构简介：

封闭爆炸装置主要由井筒（包括井盖、井底）、反射罩、容框、导柱、基础及液压电气、排气及炸药运送系统等构成（见图 2）

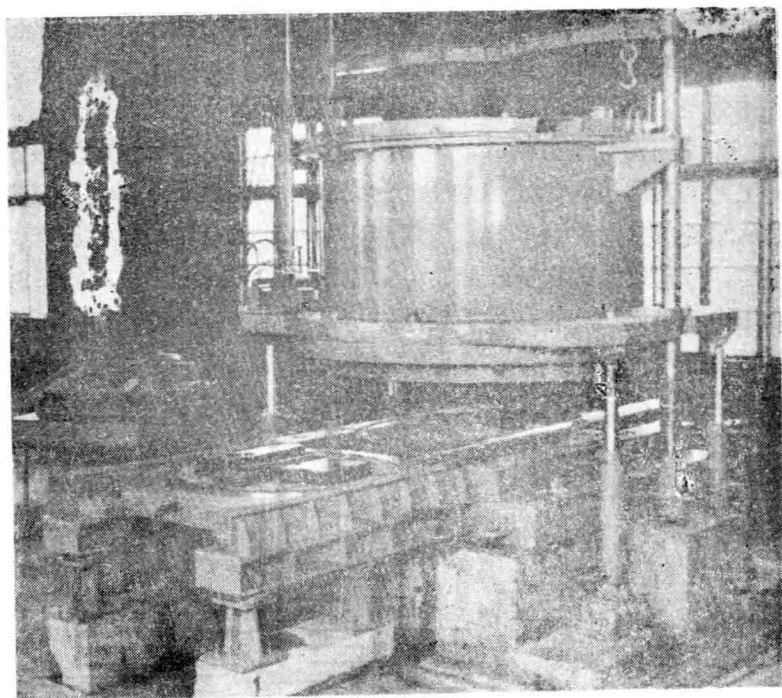


图 2 封闭爆炸装置

1、井筒——由井盖、井筒、井底和压边圈构成。它主要起贮存传递压力的水和聚集炸药气体之用。压边圈用来压紧密封橡皮。

2、反射罩——主要起爆炸腔的封闭和能量的反射作用。

3、容框——容框主要安放模具并装有真空管路。

4、导柱——井筒上下运动时导向。

5、基础——用来托住容框，接收冲击能量并利用基础的较大质量，降低地基震动。

6、电气液压系统——操纵容框的进出，井筒的上下，炸药的运送和引爆。

7、排气系统——由 1 瓦马达带动抽气机，使爆炸腔的炸药气体由管道排出屋外。

（二）主要性能、数据。

1、有效成形面积： $\Phi 1000$ 毫米的圆面积；

2、成形模具高度：视模具形状而定，亦可炸高达 150 毫米左右的模具；

- 3、井筒上抬高度：0~450毫米；
- 4、炸药量：正常30~60克；
- 5、有效成形峰值总压力：正在测试中；
- 6、单位峰值压力：最大3000大气压/厘米²（以测压弹标定）；
- 7、装置运转一次周期：约二分半钟；
- 8、电动机功率18瓩。

（三）主要尺寸及重量：

- 1、主体尺寸：长4600毫米，宽2800毫米，高3198毫米；
- 2、主要基础尺寸：长3000毫米，宽3000毫米，高2545毫米；
- 3、主体重量：约28吨；
- 4、基础重量：约43吨（钢筋混凝土）。

三、装置研制和试生产情况

毛主席教导我们：“认识从实践始，经过实践得到了理论的认识，还须再回到实践去。”即“应用理论于实践，看它是否能够达到预想的目的。”下面就是试生产中的一些情况。

（一）装置制造和试生产情况：

七一年七月底装置的关键零件部件设计完成，八月初开始投产，八月底图纸全部设计完。铸钢件于10月全部浇完，十二月安装完毕。十二月十一日炸出合格零件。经核算装置全部原材料成件和部分加工费用合计为61385.28元。

（二）装置使用情况：

装置于一九七一年十二月制成后，到一九七三年十月二十二日已试炸过2844炮，共炸零件4288个，零件图号78项，用去炸药157.3公斤，最大药量为73克，试生产的零件材料有合金钢30CrMnSiA，厚度1.2、1.5、2.6毫米的；高强度铝合金LC4M(B95)厚度有1.5、3毫米；低碳钢20，厚度5、8、10毫米；铝锰合金LF21M(AMu)，厚度有1.2、1.5、毫米；硬铝合金Ly12M(吕16)厚度1.2、2毫米，钛合金TA2，厚度有0.3毫米。

装置用70克TNT试炸时，成形橡皮下面的单位压力达3000公斤/厘米²以上（测压弹测得），10吨重的反射罩跳高为73毫米，井筒、井底和压边圈没有明显可见的永久变形现象，井筒在作动筒拉紧的情况下，跳动甚小，在试炸过程中各处密封情况基本良好。

（三）液压系统运转情况：

装置中井筒上下，容框进出，送药机构等均采用了液压作动筒操纵。系统压力为120公斤/厘米²，泵流量为36立升/分。井筒上下采用可逆分流活门和对角同步办法，以减少井筒升起时动作不同步而产生卡死等现象。现在看来，使用中运动较平稳，且具有缓冲和止动作用。但是七三年十一检修时，发现顶起作动筒壁有单面磨损现象，拟在以后考虑改进。

（四）基础使用情况：

一般混凝土（尤其是这种大型混凝土）只能承受200公斤/厘米²的压强，通过试验，知道了爆炸冲击载荷是瞬间进行的，且通过底座后冲击能量衰减很大，仅使装置底座的基础震动一下就耗去了大量的能量。实际我们已炸了2844炮，基础情况基本良好。至于今后是否会出现例如基础裂纹或地脚螺栓与基础松动等现象，尚待在今后的生产中考验。

（五）水、气、震、声和压力均匀情况：

通过2844炮的试炸和水井爆炸相比，在相同压力情况下，水、气、震、声都有显著降低，但进一步改善压力的均匀等仍不够理想。

（六）密封橡皮采用上海胶带厂生380—4*配方，厚20毫米的平板型橡皮。一般可炸800炮左右，现在炮数最多的一块炸了900余炮。

四、几点看法

爆炸成形的优点是，能在瞬间放出巨大的能量和压力，但其生产率较低。因此在大批生产情况下，当普通冲床能够加工出优质零件时，在效率上爆炸成形是无法赶上普通冲床的。所以爆炸成形和小型液压机相比显得笨拙。但是当零件成形需要的能量逐渐增大时，则可显示出爆炸成形的优越性。通过这一阶段的试生产，对封闭爆炸装置，我们有以下几个看法：

1、在高压情况下，零件的贴模程度比较高。尤其是一些强度较大的钢、铝零件，这些零件在日常生产中使用冲床，液压和落锤都较难解决回弹问题，而现在已较满意地得到了解决。现生产车间已将原放回弹量的模具报废，改为直接按接板加工，而丝毫不放回弹量。这样经爆炸出来的零件精确度比较高，大大减少手工校正的劳动量。

2、与一般冲压、落锤等成形相比，只须制造简单模块，而不必制作复杂的上下模，减轻了模具制造的负担。

3、它能成形一般冲压方法较难成形的钣金材料以及成形一般冲压机床难于成形的零件。

4、若和一般爆炸成形相比，虽然投资大了一些，但“水、气、震、声和能、压、质、效”都有不同程度的改善。

5、在生产需要时，它可在工件之上连续进行爆炸，而不必打开容腔，拉出容框（对一些拉深一次不能拉深到底的零件），只须连续转动送药架即可，药架运动周期为每次50秒。

事物总是一分为二的，它虽具有以上的优越性，但也存在下面一些缺点：

1、首先关键性的问题是它主要结构件的寿命还没有得到长期考验，还有待这台装置在生产中去经受长期的考验。

2、装置爆炸腔内压力不够均匀，有待改进反射型面来进一步使压力均匀。

3、细长型的或弧形的模具设计时，必须采取加强措施，否则使用后容易产生变形。

4、水、气、震、声虽较普通爆炸大有改善，但不能全部消除。

聚酯型聚氨酯塑料爆炸成形模

国营一七二厂

一、引言

爆炸加工作为一种新型工艺技术，在生产实践中显示了许多独特的优点，如设备简单、产品费用低和零件精度高等。近年来，这一工艺在国内外获得了广泛应用，所加工的产品种类越来越多，技术水平不断提高。然而，矛盾存在于一切事物的发展过程中，爆炸加工作业需要有较高强度的模具（尽管数量很少），金属模具虽有较长的使用寿命，但其成本高、制造周期长，甚至往往因机加能力的限制而不能进行加工。因此，合理选用模具材料以满足制造和使用的要求，便成了人们注重探讨的课题。

在我厂，从高强度的工具钢到脆性的水泥在爆炸加工模具上都有应用。选用何种模具材料主要考虑下列因素：

- 1、被加工材料的类型（屈服强度）和厚度；
- 2、零件的外形（包括尺寸大小与凹槽或鼓包能引起的材料变形量）和公差要求；
- 3、模具受力状态；
- 4、零件的生产数量；
- 5、欲施加的能源参数；
- 6、现有的模具制造能力；
- 7、制造成本与复制成本。

对于流动变形不大的金属薄板零件的制造，我们曾较大量的采用了非金属爆炸成形模，在生产中对环氧树脂聚氨酯塑料进行考察，经验证明，聚氨酯塑料爆炸模具有如下优点：

- 1、准确度高，表面质量好，从而减少了零件的手工修整量，保证了零件质量；
- 2 由于冲击韧性高，使用寿命比环氧树脂模显著增长，而且返修量小；
- 3、由于浇注制模与金属模具相比大大缩短了制造周期，降低了成本，尤其对大型复杂型面的模具，避免了因机加能力不足而出现的困难；
- 4、聚氨酯塑料的原材料比环氧树脂的固化剂毒性小，改善了劳动环境，受到塑料工人的欢迎；
- 5、工艺过程简单，工人易于掌握，而且便于实现机械化操作。

二、聚酯型聚氨酯塑料的配制与浇注

该塑料是由聚酯多元醇（太原化工研究所合成，应用的有1*和2*聚酯两种规格）

和多苯基多亚甲基多异氰酸酯（简称PAPL，常州有机化工厂生产）浇注合成，其机械性能介于橡胶与塑料之间，偏多于塑料方面。

用来制造爆炸成形模的聚酯多元醇是据落锤模试验的配方：5% 1#聚酯加95%的2#聚酯混合而成。每百克混合聚酯所耗PAPL的理论量W按下式给出：

$$W = \frac{\text{羟值}}{10} \times \frac{\text{胺当量}}{56.1} + \text{水分含量} \times \frac{\text{胺当量}}{9}$$

式中“+”号前面部分为100克聚酯羟值和酸值所消耗的PAPL量，后面的部分是100克聚酯内所含水分消耗的PAPL量。

配制塑料和浇注爆炸成型模不需要复杂的设备和特别的技术，如图3，首先将按比例混合的聚酯多元醇加入三口烧瓶内，搅拌并加热至110°~140°C，由瓶口抽真空使之排净气泡，当冷至50°—60°C时加入称量好的并已予热至30°~40°C的PAPL，搅拌均匀，而后把烧瓶内的浇注料注入予热待制的模具基体上，一昼夜后把模具放入烘箱在120°C下保温固化2小时，取出自冷后即可应用。

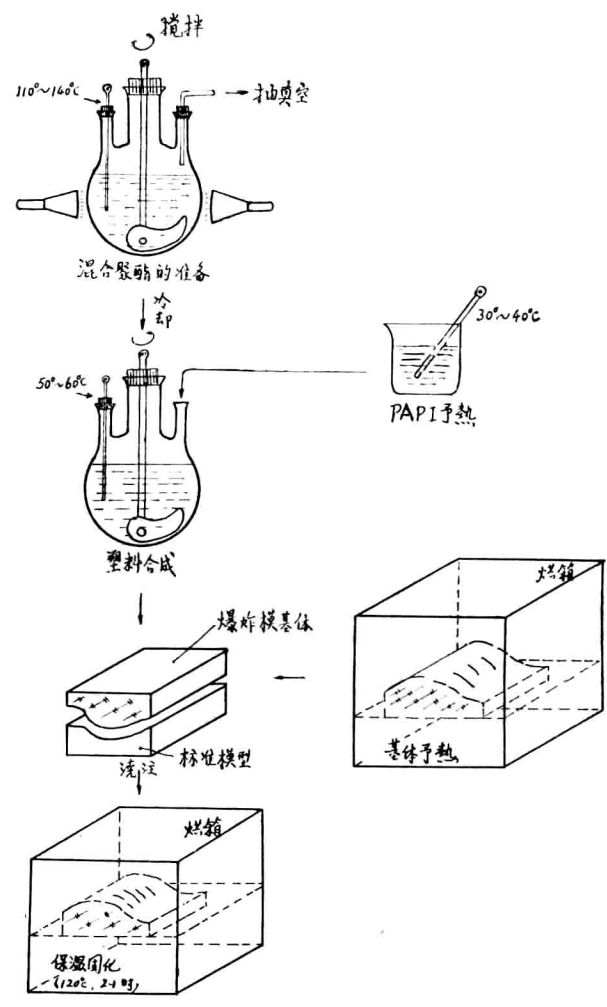


图3 聚氨酯塑料的配制与浇注过程

三、聚氨酯塑料爆炸成形模的应用实例

1、波纹板类爆炸成形模

图4中的聚氨酯爆炸成形模在使用中显示了优良的特性,不但具有良好的强度和硬度,而且抵抗爆炸冲击的能力远远超过环氧树脂,在爆炸容框中生产30个零件材料为LY12- $\delta 0.8$ 仍然完好。



图4 波纹板零件聚氨酯爆炸成形模



图5 滑油箱壳体聚氨酯爆炸成形模

图5模具生产之零件是一个带筋的油箱半壳体,材料为LF6M- $\delta 1.5$,由于材料较厚,模具型面高度差较大,成形时受力不均,采用环氧酯模具时,每成形三、五个零件就破损,而用聚氨酯塑料模具使用寿命大大提高。

2、鼓圈类爆炸胀形模

图6加强鼓圈零件形状复杂且有负角度,材料为不锈钢1Cr18Ni9Ti- $\delta 0.6$ 在环氧树脂模中爆炸胀形4-5次后因破裂无法继续使用。我们对同一模具浇注聚氨酯,虽因基体不合适致塑料层太厚,但仍坚持生产20件后才告报废,由此可见聚氨酯仍比环氧树脂优越,故小批的零件生产可以考虑采用。

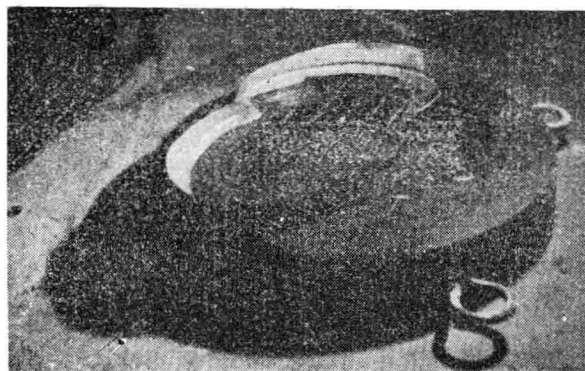


图6 鼓圈零件聚氨酯爆炸胀形模

3、聚氨酯爆炸拉伸模

我们曾经利用废旧的爆炸成形模作基体表面浇注聚氨酯塑料如图7,在此模具上成形了两个盒形件。材料为20号钢厚度4mm,从试验情况看,因为聚氨酯材料具有一定弹性,压边作用有所削弱,凸缘出现边皱,此外因摩擦系数大,零件成形过程中,毛料紧贴在聚氨酯表面层绕凹模园角内流也带着聚氨酯层运动,造成表面的撕裂和剥落

(图8)

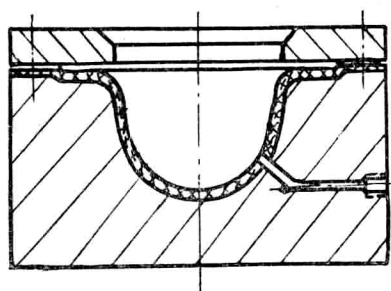


图7 半球体聚氨酯表面爆炸成形模

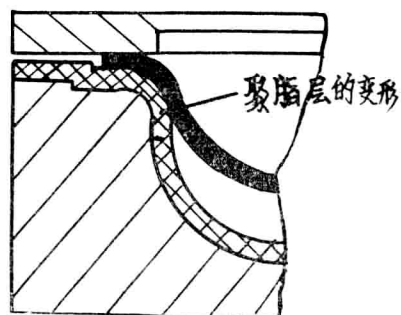


图8 成形初期、毛料绕凹模园角内流时带动聚酯层运动

四、聚氨酯主要性能(与环氧塑料或玻璃钢比较)

1、机械强度:

表1 将聚氨酯与环氧塑料比较,可以看出前者冲击强度远较后者为优,其它强度数值仍可达到环氧塑料的指标。

聚 氨 酯 与 环 氧 塑 料 机 械 强 度 的 比 较

表 1

机 械 性 能	聚 氨 酯	环 氧 塑 料		
		未 改 性	聚 酰 胺 改 性	聚 硫 改 性
静 弯 强 度(kg/cm ²)	240—1200	800—1200	600—900	500—900
压 缩 强 度(kg/cm ²)	300—1100	1100—1300	500—1500	—
冲击强度(kg-cm/cm ²)	50—240	5—25	5—30	12—22
布 氏 硬 度(kg/mm ²)	5—25	17—23	11—18	11—17
伸 长 率 %	2—200	—	—	—

玻璃钢虽具有优良的机械性能,但作为爆炸成形模损坏的往往不是玻璃钢本身,而是浇注的环氧树脂粘接层,即出现“脱层”,此现象发生导致玻璃钢机械性能不能发挥。

2、其他物理性能(只列出与模具使用有关部分):

比重: 1.29—1.30,

粘合强度(剪切):

钢—钢: 82.4公斤/厘米²

铝—铝: 97.6公斤/厘米²

低温性能：在 $-65\sim-75^{\circ}\text{C}$ 下放置50小时，冲击强度为35公斤·厘米/厘米²，

热老化性能： $70^{\circ}\text{C}\times 144$ 小时，冲击强度为147公斤·厘米/厘米²，

线性收缩率：1.70%，

线性膨胀系数（ $20-50^{\circ}\text{C}$ ）： $16.5-17\times 10^{-5}1/^{\circ}\text{C}$ ，

吸水性（自来水）： $24^{\circ}\text{C}\times 144$ 小时，重量增加0.67%，体积增加0.80%。

3、工艺性：

聚氨酯爆炸模制造工艺过程简单一次浇注即成，而玻璃钢的制造现阶段仍只一层层粘贴，效率极低，而且难于排除气泡，常因气泡过多造成模具报废。

环氧树脂模的浇注虽不复杂，但是固化剂毒性较大，污染环境，危害工人健康，而聚氨酯原材料毒性小，对人体无多大危害。

4、经济性：

以一块面积为 1250×800 毫米²的波纹板模具为例，由于聚氨酯材料只需5—8毫米厚的薄薄一层，因而用量比环氧树脂大为减少，而且制造工时比玻璃钢模显著缩短（见表2）

几种模具材料的成本对比

表 2

材 料	玻 璃 钢	环 氧 树 脂	聚 氨 酯
用 量	玻 璃 布5.6米 环氧树脂 9 公斤	13.5公斤	6.5公斤
金 额 (元)	175	250	100
工 时	24	6	6

聚氨酯爆炸模的寿命考察试验尚未进行，但可以肯定比环氧树脂模要高得多，而且减少返修工作量，从成本核算角度来说也具有较高的价值。

五、我们的看法

在爆炸加工作业中，模具是个重要环节，亦可以说它是爆炸加工的物质基础。为了提高模具使用寿命，除了合理选择能源参数和改进模具结构外，选择合适的模具材料也是重要途径之一。聚氨酯塑料是目前较好的爆炸模具材料，其综合性能和使用寿命均比环氧塑料模与环氧玻璃钢模有显著提高，而且浇注成型工艺简单，易于操作又不需复杂设备。改变配方和固化条件就能满足不同机械性能的需要，缩短了生产准备周期，成本较低，材料来源丰富完全立足于国内，在航空工业的生产中具有较高的使用价值。

然而聚氨酯塑料不是用于所有类型的爆炸成形模中都合适，从已使用过的模具看，在橡皮爆炸容框中用聚氨酯模能生产中等批量到大批量的零件；胀形模可用于小批生产中；而作为拉深模则不利，不过有资料报导，于聚氨酯内加入润滑填料可减少摩擦系数，使拉深成形获得成功。

聚氨酯未固化前，在原材料中异氰酸酯遇水起反应产生二氧化碳致塑料发泡，故应注意防水。固化后，模具吸水率虽不算太高，但长期浸泡会损害模具的机械强度，故仍需防水。为保持型面的稳定，模具不宜露天存放，以避免湿热老化和严重的热胀冷缩现象发生，低温会降低冲击强度，回升到室温时性能又恢复（即使是降低了的冲击强度仍高于环氧树脂）因此在室温条件下使用为宜。

需要说明，我们应用聚氨酯爆炸模很有限，认识很肤浅，有些看法可能是片面的，按照“实践认识，再实践、再认识”的规律，除有待再实践外，还希望兄弟单位的同志们更进一步地进行研究。

容框成组爆炸成形

国营庆安机械制造有限公司

一、成组爆炸成形的原理与特点：

成组爆炸成形是将二个或二个以上的毛料放在容框中相应的模具上在一次爆炸中成形多个零件。实际上它是利用了炸药爆炸时产生的高能（总吨位有几万吨，单位压力在1000公斤/厘米²以上）和橡皮液压机床的容框相结合的一种工艺方法，其原理如图9。

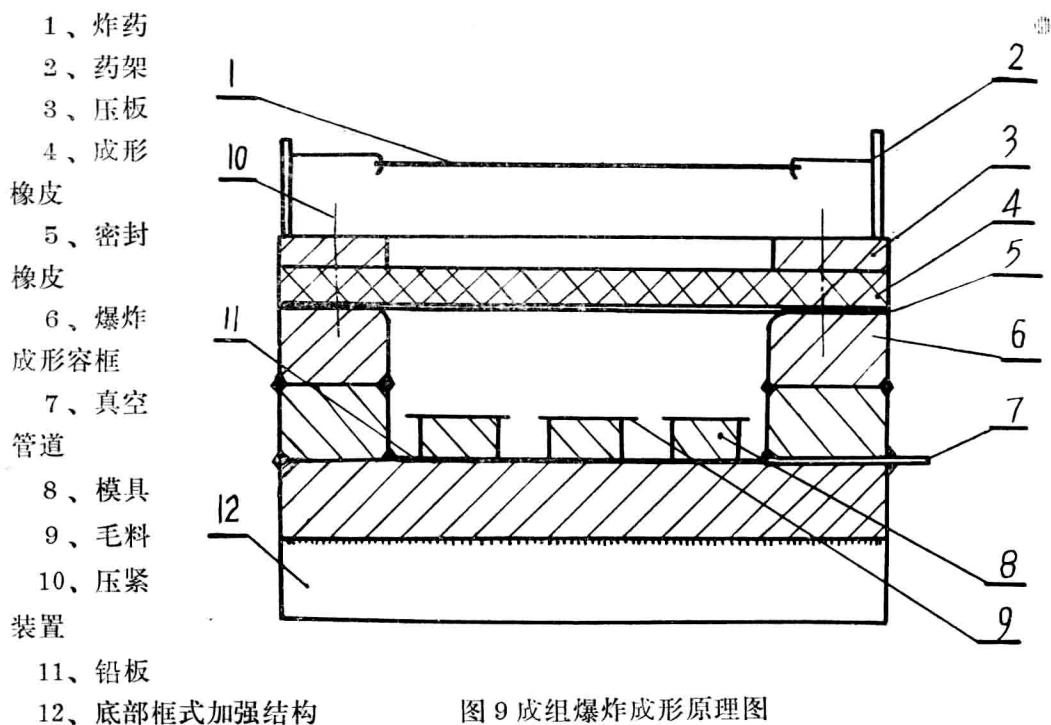


图9 成组爆炸成形原理图

成组爆炸成形的特点：

1、一次爆炸可以同时完成几道工序。如同时成形零件上的凸边，鼓包，压延，加强槽，下陷、弯边等。

2、根据容框的有效工作尺寸（2600×1200）和模具的大小，一次可以成形数个零件。

3、可以成形通常爆炸成形较难密封的复杂扭曲零件（如图13）。

4、由于压板和成形橡皮是起吊式的，模具的最大高度曾达220毫米，远比9600吨橡皮液压机床的模具高度80毫米为大。

5 爆炸成形时可以根据零件的外形来调整药位、药量和药形，使零件各部位按成形

需要来均布能量。由于成形的单位压力大，零件贴模精度远比9600吨橡皮液压机床压制的零件精度高，因此可以完成如不锈钢、碳钢零件的成形和校形工作。

6、设备、模具简单、生产准备期短。容框是焊接式的，检修很方便。

7、生产效率比较高，不仅适合于单件生产而且也能适合于一定批量的生产。

二、成组爆炸成形的容框

容框系用三层A3钢板（厚度分别为60，50、50）焊接而成（如图9），容框口部有斜度和园角，便于橡皮流向容框并增加橡皮的使用年限。容框的深度考虑了成形模具的高度和成形橡皮的寿命，深度太深容易造成成形橡皮的损坏。我们选用容框的深度为100毫米。当模具高度超过100毫米时就会高出容框，此时就在容框内用填补辅助橡皮的方法来减少成形橡皮的拉伸量。另外增加模具非工作边缘的园角半径以延长橡皮的使用寿命，成形橡皮选用1847号橡皮，厚度20毫米，使用寿命：1000多次。密封橡皮选用5毫米厚的海棉橡皮并用88号胶粘接在容框面上。经多次爆炸成形后密封橡皮有所磨损，则需更换以保持容框有良好的密封性。

容框底部原先用12号工字钢焊成框式结构来加强，但在使用一年后发现底部刚性太差，失去稳定，后用厚30毫米，高120毫米A3钢板焊成框式结构来加强容框底部。使用二年多仍然完好，共计已爆炸3000多次。

容框中填放铅板，使模具底面与容框有良好的平面接触，减少模具的变形和损坏。

三、工 艺 参 数

成组爆炸成形的典型零件如图10。

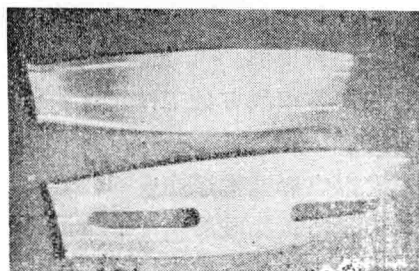
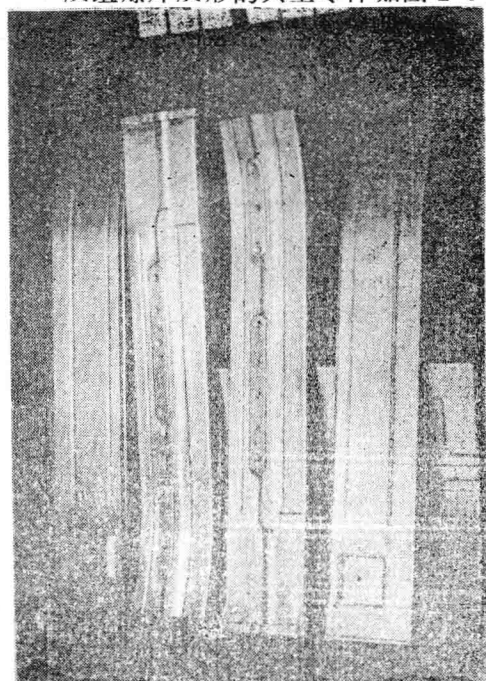


图 1 0

有关零件的特性、工艺参数、新旧工艺方法对比等分别叙述如下：

(1)直管：零件形状如图 1 1。

零件特点：零件细长，长度达 2 2 7 0 毫米，上有加强槽、凸梗、下陷弯边等。

零件材料牌号：LY 1 2 M—1.5。

毛料尺寸：2 2 7 0 × 3 0 0。

毛料状态：平板毛料，有定位销定位毛料。

炸药种类：导爆索。

药 形：如图 1 2。



图 1 1

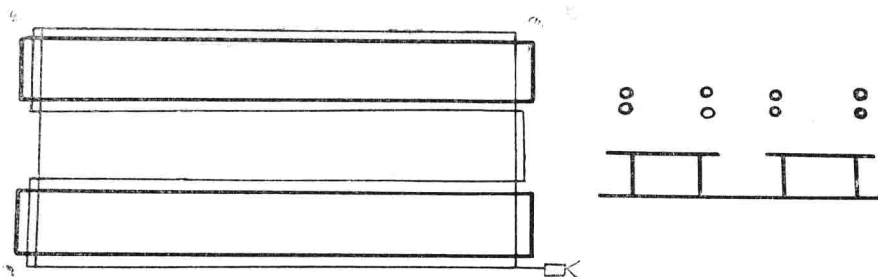


图 1 2

药形的分布在于使零件得到平面波或接近平面波的作用，这样压力的分布较均匀。

药位：2 0 0 毫米。

药量：2 0 米。

真空度：7 2 0 毫米汞柱以上。

该零件原有工艺方法为手工成形，由于零件细长、平直度差。现改为成组爆炸成形，一次成形 2 个零件，工作效率比原先提高 2 0 倍、质量亦大有改善，并显著地减轻了劳动强度。

(2) 9 0 ° 扭管：零件形状如图 1 3。

零件特点：型面 9 0 ° 扭曲，零件最低点与最高点差达 1 5 0 毫米，零件上有加强槽、凸梗、凸缘和下陷，弯边等。

零件材料牌号：LY 1 2 M—1.5。

毛料尺寸：9 2 0 × 3 0 0。

毛料状态：平板毛料稍加扭曲呈麻花状，两端有定位销定位毛料。

炸药种类：导爆索。



图 1 3