

工人岗位技能培训系列教材

冲压工技能

郑昌炳
姜锦芝
主编



航空工业出版社

工人岗位技能培训系列教材

冲压工技能

郑昌炳 姜锦芝 主编

航空工业出版社

1992

(京)新登字 161 号

内 容 简 介

本书阐述的冲压工技能,是根据航空工业《工人技术等级标准》(冲压工)应知应会的要求,以技能培训为主干线,贯穿必要的理论知识,并借鉴国际劳工组织开发的模块式(MES)教材的形式写的,即以本岗位技能要求的典型零件为模块,再根据模块选配学习单元。适合于立足本职,定向学习,岗位成材的要求,是当前开展工人岗位技能培训的适用教材。

本书是冲压工的岗位技能培训教材,技能内容图文结合,便于自学和施教。本书也可作为工程技术人员参考书和技校、大专院校学生的技能培训参考教材。

工人岗位技能培训系列教材

冲 压 工 技 能

郑昌炳 姜锦芝 主编

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号)

— 邮政编码: 100029 —

全国各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

1992 年 7 月第 1 版

1992 年 7 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16

印张: 8.5 插页: 1 页

印数: 1—8500

字数: 223 千字

ISBN 7-80046-417-2/G·054

定价: 5.70 元

前 言

为落实国务院关于“搞好职工培训，不断提高职工队伍素质”的指示精神，适应工人岗位培训的需要，在总结航空工业系统多年来工人培训的实践，在借鉴国际劳工组织开发的职业技能模块（MES）教学法的基础上，我们组织编写了车工、钳工、铣工、钣金工、磨工、冲压工、表面处理工、焊工等十几个专业工种和工人岗位通用知识。计划从1991年至1992年陆续出版。

这套教材的内容及其深广度，以《工人技术等级标准》为依据，以操作技能为主，将本工种各技术等级、不同岗位的要求，用若干个典型零件来体现，这种典型零件即为模块，而完成模块技能要求所需的单一的基础技能训练称为学习单元。因此，该书既是工人技能培训教材，同时也是技能考核标准的具体化。当某个工人需要培训或考核时，根据技术等级和需要加工的零件（或工艺）类型，可以很快找到所应掌握的学习单元和考核要求。本教材的内容大多是由老工人、技师和多年在生产第一线的技术人员提供的操作技能技巧实例，加上通俗易懂的文字和大量的图示图解，无论采取集中培训形式还是工人自学，都较其他类型教材容易掌握。

本书由成都飞机工业公司培训处负责组织编写。全书由郑昌炳、姜锦芝任主编，参加编写的还有叶昌富、梁昌昇等同志。南昌飞机制造公司成星怀、成都发动机公司罗才渊、成都航空仪表公司李锡访、秦岭电气公司杜泗洲等集体审定。在教材编审过程中，部教育司、有关工厂、航空工业出版社等单位给予了大力支持和帮助，在此表示感谢！

在教材编写过程中，我们坚决地按照岗位培训“干什么，学什么；缺什么，补什么”的原则，努力处理好专业理论与操作技能，典型与特殊以及各技术等级之间的关系，希望能成为一套适合岗位培训并受广大工人欢迎的新型教材。但由于时间仓促，水平有限，缺点错误在所难免，请广大工人同志和各位读者提出宝贵意见，使这套教材日臻完善。

工人岗位技能培训系列教材编委会

1991年1月

目 录

使用说明	(1)
第 1 学习单元 冲压加工简介	(3)
第 2 学习单元 冲压加工常用材料	(9)
第 3 学习单元 冲压件的质量要求与检控	(14)
第 4 学习单元 常用冲压设备	(19)
第 5 学习单元 冲模的装卸与保养	(30)
第 6 学习单元 普通冲裁	(34)
第 7 学习单元 弯曲成形	(42)
第 8 学习单元 拉深成形	(54)
第 9 学习单元 翻边成形	(62)
第10学习单元 局部成形	(68)
第11学习单元 胀形	(76)
第12学习单元 校形	(81)
第13学习单元 冷挤压	(85)
第14学习单元 冲压安全技术	(95)
第15学习单元 冲压工艺规程的编制知识	(103)
第16学习单元 冲模设计基础	(111)
第17学习单元 其他冲压工艺简介	(120)
参考文献	(126)
后记	(127)

使 用 说 明

本书是借鉴国际劳工组织技能模块教学法（MES）的先进经验，结合我国国情和工种特点编写的。MES 是国际劳工组织在 70 年代开发出来的一种较为先进的培训方法，教学紧密结合岗位实际需要，突出技能培训，学以致用，采用技能模块和学习单元的不同组合形式施教，改变了以学科体系为主的传统教学方式。

本书以 1988 年航空工业部新修订颁发的《工人技术等级标准》为依据，参照 MES 培训模式，将冲压工的具体工作任务按其工艺性质和难易程度划分为 30 个类型，每个类型为一个模块，即一项工作。模块均以能体现相应等级技能要求的典型零件为工作对象。不同等级（初、中、高级）工人要求掌握的模块不同。为了掌握模块技能，设置了 17 个学习单元。学习单元是供工人学习，教师施教的教学材料，内容包括必备的理论知识和操作技能。不同模块配备的学习单元不尽相同。模块和学习单元按编号排列，见表 0—1。工人可以通过模块—学习单元的学习掌握相应等级的岗位技能。

施教时，可以结合单位和施教对象的实际情况，并本着缺什么补什么的原则，从表 0—1 中选定模块、学习单元，并可适当调整单元的教学内容。学习操作技能应结合生产现场示范表演。每学完一个单元，都应检测合格，检测试题由教师参照单元作业与考核题目按等级标准分别拟定。一个模块的全部学习单元经学习、检测合格后，方可进行该模块的考核。选定的相应等级各模块经考核全部通过，方算等级达标。用于模块考核的零件及其考核条件和要求，可由工厂主管部门参照表 0—1 的相应规定，结合生产按相似原则确定。

第1学习单元

冲压加工简介

一、冲压加工的特点

在机械制造业中，冲压加工是一种金属塑性加工工艺，有时又称冷冲压或板料冲压，其主要特点是：通常在常温下，利用安装在压力机上的冲模，通过施加压力，在瞬间完成加工过程，把原材料加工为一定形状和尺寸的成品或半成品；加工用的原材料大多数是金属板材，还有管材、型材、丝材、棒材和非金属板料；少、无切削。

与其它加工方法比较，冲压加工在经济、技术方面有如下优点：

（一）生产率高 一般压力机每分钟可加工冲压件几件到几十件，高速压力机每分钟可加工数百件到数千件以上，而且一般无需进一步机械加工。

（二）工件精度的一致性高 由于使用了同一套冲模，冲压件的尺寸一致，互换性好，质量稳定。

（三）材料利用率高 冲压加工可做到少废料或无废料，材料利用率一般可达到70%~80%，而材料费一般占冲压件成本的70%左右。

（四）产量越大，成本越低。

（五）可获得用其它方法难以加工或无法加工的形状复杂的工件。

（六）在大批量生产中便于实现机械化或自动化。

冲压加工的主要缺点是：冲模制造周期长，制模技术要求高，费用大，在小批量生产中受到一定限制。

二、冲压加工的应用

由于冲压加工的优点突出，在国民经济各部门中获得了广泛应用。不仅在日常生活用品生产中占据非常重要的位置，而且在现代航空、航天、兵工、汽车、拖拉机、电机、电器和电子仪表生产中也占有十分重要的地位。例如在日用金属制品工业中，冲压制品的比重占95%以上，在汽车工业中占50%~75%，在电机制造工业中占60%~80%，在电子工业中占70%~80%，在航空、航天工业中也占有相当大的比例。可以说，冲压加工已成为许多工业部门的重要加工手段，不采用冲压加工，要想改进产品质量，降低产品成本，迅速更新产品，提高产品市场竞争能力，都是不可能的。

三、冲压加工的基本工序

由于冲压件的形状、尺寸、精度、所用原材料性能以及生产批量的不同，在冲压生产中所采用的冲压方法也是多种多样的，按其工作原理可概括为分离工序和成形工序两大类。分离工序是使材料在外力作用下发生剪裂而分离，以获得所需要的成品或半成品的冲压工序；成形工序是使材料在外力作用下产生塑性变形，以形成一定形状和尺寸的成品或

表 1—1 冲压加工的分工序

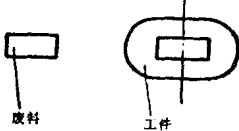
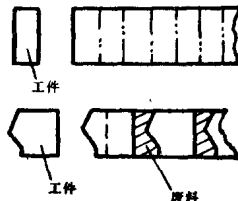
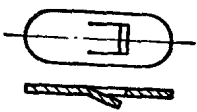
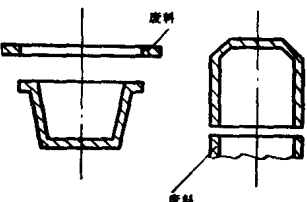
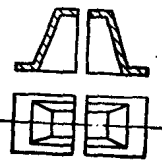
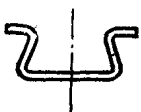
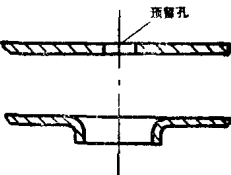
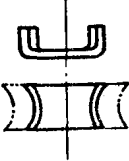
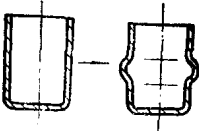
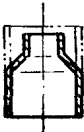
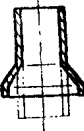
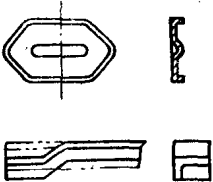
工序名称	示 例 简 图	说 明
落 料		用落料模沿封闭的轮廓冲切板料，冲下的部分为工件，其余部分为废料
冲 孔		用冲孔模沿封闭的轮廓冲切坯件，冲下的部分为废料，剩下的部分为工件
切 断		用切断模冲切条料。冲下的部分为成品或半成品，切断线不封闭
切 口		用切口模在半成品上沿不封闭的轮廓将部分材料切开，切口处材料弯曲
切 边		用切边模将已成形的半成品不规则多余边缘材料切掉
剖 切		用剖切模将半成品分为两个或多个

表 1—2 冲压加工的成形工序

工序名称	示 例 简 图	说 明
弯 曲		用弯曲模将平板展开件弯成一定的角度和形状

续表 1—2

工序名称	示例简图	说明
拉 深		用拉深模将平板毛料或空心半成品制成所需形状的空心件，板料厚度变化不大
变薄拉深		用变薄拉深模将空心半成品进一步加工成壁薄底厚的空心件
孔 翻 边		用翻边模将坯件上的预制孔边缘翻成竖立的凸缘，凸缘壁部变薄
外缘翻边		用翻边模将平板毛料上的凹曲线外缘翻成竖立的凸缘，凸缘壁部变薄
胀 形		用胀形模使空心坯件沿径向向外扩大形成凸肚曲面
缩 口		用缩口模将空心件的口部径向尺寸缩小
扩 口		用扩口模将空心件的口部径向尺寸扩大
局部成形		用成形模使平板毛料产生局部变形压出起伏不平的形状，或用压模将型材压出下陷

续表 1—2

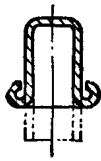
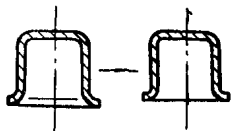
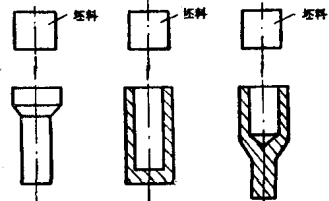
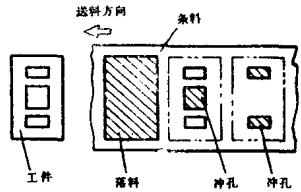
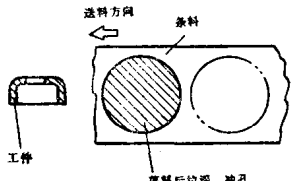
工序名称	示例简图	说明
卷边		用卷边模使空心件的边缘翻转成形
校形		用校形模将工件的尺寸不准确部分或不平整部分校正到需要的尺寸和形状
挤压		金属坯料在挤压模中受挤压力作用产生塑性流动, 形成一定形状和尺寸的工件。流动方向与凸模运动方向相同的为正挤压, 相反的为反挤压, 正反结合的为复合挤压。坯料不加热的为冷挤压, 加热的为热挤压

表 1—3 冲压加工的综合工序

工序名称	示例简图	说明
连续冲压		在压力机滑块多次冲击下, 用同一套冲模完成同一个工件的多道工序
复合冲压		在压力机滑块一次冲击下, 用同一套冲模完成同一个工件的多道工序

半成品的冲压工序。冲压加工的基本工序见表 1—1 和表 1—2, 这些工序都是单工序。在实际生产中常常采用复合或连续的综合工序, 见表 1—3。

四、冲压技术的发展概况

随着生产的发展, 各工业部门对冲压技术的要求越来越高, 因而促进了冲压技术的迅速发展。目前, 发展主要沿着以下几个途径:

(一) 冲压工艺方面

发展无废料及少废料冲裁，充分合理利用原材料，减少材料消耗，降低冲压成本；在冲压生产中采用成组加工工艺，提高多品种少批量生产的经济效益；研究和推广可以提高劳动生产率，改进产品质量，降低产品成本的各种冲压新工艺，如精密冲裁、挤压成形、软模成形、高速成形和超塑性成形等；扩大使用加温冲压（红冲），改善材料的冲压加工性能；在大批量生产中实现冲压生产过程的机械化和自动化，减轻劳动强度，确保生产安全，提高生产效率，降低加工成本。

（二）冲压模具方面

在大批量生产中，发展高效率、高寿命、高精度冲模，如适用于复杂形状零件的多工位连续模、适用于单一品种零件的自动化专用冲模等；在小批量生产和新品试制中，发展通用冲模、组合冲模和锌合金模、聚氨酯橡胶模、薄板冲模、钢带冲模等简易冲模，以便缩短冲模加工周期，降低制模成本，使冲压加工能适应小批量生产和新品试制的需要；组织冲模专业化生产，减少制模手工操作，采用各种先进加工、检测设备和各种新的制模技术，以适应大型、复杂、精密、先进冲模的加工；改进冲模热处理，发展模具表面强化新工艺，开发制模新材料，以便提高冲模的使用寿命和冲压件的质量；大力加强冲模典型化和标准化研究，积极开展冲模的计算机辅助设计（CAD）与计算机辅助制造（CAM），以便简化冲模的设计与加工，缩短冲压生产准备周期，降低制模成本，提高制模质量；在冲模设计中采用先进技术，如在冲模结构上配置能在冲压过程中控制定位不准、工件重叠、尺寸超差的装置。

（三）冲压设备方面

改进通用压力机的结构，提高它们的刚度和精度，以便提高冲模的使用寿命和工件的精度；提高压力机的功率和吨位，以便增大冲压件的尺寸、重量和材料厚度；降低冲压设备的振动与噪音，改善操作者的劳动条件；积极开发高速压力机、多工位压力机、自动专用压力机和数控压力机，提高生产效率，满足大批量生产的需要。

（四）冲压件材料方面

改善原材料的冲压加工性能，或开发冲压性能好、使用性能好的新型材料，以便提高冲压件的合格率，减少材料浪费，提高工件质量，减少冲压工序，扩大冲压加工的应用范围。

（五）冲压安全技术方面

为减少和防止冲压生产过程中发生的人身和装备事故，大力加强冲压安全技术措施的研究。

（六）冲压基础理论研究方面

冲压基础理论方面的研究，如变形力学理论分析方法的研究、冲压变形规律的研究、板材冲压性能的综合性研究等，在国内外都取得了一定进展，为冲压工艺过程的制定和冲模的优化设计提供了理论上的依据。冲压基础理论的研究是促进冲压技术发展的根本措施。

（七）扩展冲压加工的应用范围

如采用冲压方法进行装配，用冲焊综合工艺代替铸造、锻造和铆接等。这样既可以获得强度高、刚性好、重量轻的制品，还可以改善制品的加工性能，节省材料消耗。

单元作业与考核

1. 为什么冲压加工在现代工业中能获得广泛应用？其发展前景如何？
2. 冲压基本工序分几大类？其工作原理有何不同？
3. 你热爱冲压工作吗？你是怎样做好本职工作？

第2学习单元

冲压加工常用材料

一、冲压工艺对材料的要求

航空产品制造中冲压用材,除应满足强度高、比重小和其他物理、化学性能等要求外,还要满足下列要求:

(一) 具有良好的冲压性能

材料的冲压性能是指材料对各种冲压加工方法的适应能力。

(二) 具有较高的表面质量

材料表面必须光洁平整、无划伤、无斑点、无裂纹、无杂质、无锈斑、无氧化皮等。

(三) 材料厚度公差符合有关标准

因为冲模的凸模和凹模之间有一定的间隙要求,如果材料厚度有较大的差异,不但工件质量和精度会降低,模具也容易损坏。

二、材料机械性能对冲压工艺性的影响

金属材料的工艺性主要决定于其机械性能。

(一) 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下,产生永久变形而不破坏的能力。塑性指标以试样在单向拉伸试验中的断面收缩率 ψ 和延伸率 δ 表示, ψ 和 δ 的百分数越大,则塑性越好,冲压性能也越好,图2—1是拉伸试样。

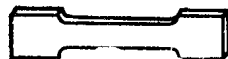


图 2—1 板料拉伸试样

(二) 屈强比

1. 应力 金属在外力作用下,单位面积上所产生的变形抵抗力称应力 σ 。

2. 屈服极限 金属材料的试样拉伸时,当外力达到一定值后,虽然拉力不再增加,而试样仍继续发生明显的塑性变形,这种现象称为屈服。产生屈服时的应力称为屈服极限 σ_s 。

3. 强度极限 材料在外力作用下,能抵抗断裂的最大应力称为强度极限。当外力是拉力时,称抗拉强度极限 σ_b 。

材料的屈强比是指材料的屈服极限与强度极限之比 σ_s/σ_b 。小的屈强比几乎对所有的冲压成形都有利。

在拉深、校形及胀形过程中, σ_s 越小,越易成形。弯曲时, σ_s 小,工件的回弹也小,有利于提高弯曲件的精度。

(三) 弹性

弹性是指材料在外力作用下产生变形,当外力去除后恢复原状的能力。弹性对冲压成形不利,弹性越好回弹越大。

(四) 冷作硬化

金属材料在塑性变形后, 强度指标 (如 σ_s 、硬度 HRC) 增加, 塑性指标 (如 ψ 、 δ) 降低的现象称为冷作硬化。各种材料的冷作硬化性能不同, 材料的冷作硬化特性, 可用硬化指数 n 来衡量。 n 大表示硬化强度高, 冲压时硬化显著。

(五) 厚向异性

金属在外力作用下, 单位面积上产生的变形量称应变, 用 ϵ 表示。

试样单向拉伸时, 纵向伸长, 横向收缩 (变窄变薄)。一般材料的宽向与厚向应变值不等, 宽向应变与厚向应变之比称为厚向异性, 用 r 表示。

当 r 值大时, 拉深件的极限变形程度增大。



图 2-2 各向异性对拉深件的影响

(六) 各向异性

金属材料在板平面内各方向的机械性能不同称为各向异性。是各向异性对拉深件质量的影响如图 2-2, 边沿形成凸耳, 圆筒形呈椭圆。各向异性越大, 凸耳越大, 椭圆也越明显。

三、冲压常用材料

(一) 黑色金属

黑色金属的机械性能与含碳量有很大关系, 含碳量越低, 塑性越好。

1. 碳素结构钢 碳素结构钢应用极为广泛, 普通碳素钢和优质碳素钢均可冲压。常用的普通碳素钢有 A₃, 用于一般平板件和变形量较小的简单零件, 常用的优质碳素钢有 08、08F、10、10F、20 等, 含碳量低, 塑性好, 具有一定的强度, 可作结构零件。

2. 电工用纯铁 电工用纯铁是一种软磁材料, 用于制造电讯、电器、电工仪表中软磁性导磁零件。常用材料有 DT₁、DT₂、DT₃。

3. 电工硅钢 电工硅钢具有良好的导磁性能, 用于电器、电讯和仪表的磁路中, 用来制造电机和变压器的铁芯。常用的硅钢有 D₁₁、D₁₂、D₂₁、D₃₁、D_{41~44} 等。

4. 合金结构钢 它的强度较高, 具有良好的焊接性能, 适宜于要求强度高的构件, 不过其塑性差, 弯曲回弹大, 冲压性能不好, 拉深成形困难。常用的合金结构钢有 30CrMnSiA。用于制造飞机重要受力构件。

5. 铬镍不锈钢 铬镍不锈钢具有很高的抗腐蚀能力。当含碳量不高, 具有较高的延伸率, 便于冷冲压加工, 可用于强度要求不高的耐腐蚀零件。铬镍不锈钢还具有良好的耐热性, 没有磁性。常用的不锈钢有 1Cr18Ni9Ti、2Cr13Ni4Mn9。可用于仪表中的防磁元件, 飞机和发动机的耐热零件。

由于镍的存在, 在成形时引起粘模, 将工件拉伤, 不锈钢冷加工过程中的表面处理和润滑尤为重要。

这类不锈钢不能热处理强化, 通过冷压变形, 有明显的冷作硬化现象, 可大大提高这类不锈钢的强度。

(二) 有色金属

有色金属种类很多, 在冲压工艺中使用也相当广泛。常用的有色金属有铝合金、镁合金、铜合金和钛合金。

1. 铝及铝合金 铝的比重小,有良好的导热、导电性、耐腐蚀性强,并且有良好的塑性。适宜于冲压成形。

(1) 工业纯铝。纯铝强度低、塑性高,可用来制造电器、仪表外壳。常用的工业纯铝有 L₂、L₃、L₄、L₅ 等。以板材和棒材供应。

(2) 硬铝。硬铝是可以热处理强化的铝合金,它在退火状态下有较好的塑性,宜于冲压加工。淬火时效处理后,可以获得较高的强度、硬度和耐蚀性能。刚淬火后的硬铝仍保持良好的塑性,可利用这段时间校正工件的淬火变形,在时效期内材料的强度和硬度随时间的增长而逐渐提高。常用的硬铝有 LY 12 M 和 LY 12 CZ,后者用于平板零件。硬铝以板材和压制成各种型面的型材供应,广泛地应用于飞机、仪表的结构零件。

(3) 超硬铝。超硬铝在目前铝合金中强度最高,它的强度和中碳钢相似,而比重却小得多,故超硬铝的比强度 (σ_b/γ) 远高于钢,挤压成各种型面的挤压型材,在退火状态下压制下陷,淬火时效后,强度显著提高。常用的超硬铝有 LC₄。可用于制作承力的飞机构件。

(4) 防锈铝。防锈铝具有优良的塑性、抗蚀性和可焊性。常用的防锈铝有 LF 21,用于制造飞机上形状复杂、成形困难、承力不大和耐腐蚀性高或需焊接的零件。另一种防锈铝合金是 LF 2,其强度高于 LF 21,塑性比 LF 21 略差,多用于飞机上负荷较小、耐蚀和需焊接的零件。防锈铝不能热处理强化,可通过冷加工使其强化。

2. 镁合金 镁合金的强度比铝合金差,但比重小,比铝轻 1/3,因而镁合金的比强度 (σ_b/γ) 比铝合金高。因此,镁合金在航空工业制造中具有重要的地位。镁合金的抗腐蚀能力低,塑性差,不适于复杂变形。一般制成挤压型材作飞机长桁,可用冲压方法压制下陷。可淬火时效提高强度、硬度。镁合金制件均需经氧化处理和涂漆保护。常用的镁合金有 MB 15 和 MB 8。MB 15 有较高的强度,成形后淬火时效。MB 8 塑性比 MB 15 好而强度略低,不作热处理强化。

3 铜及铜合金

(1) 纯铜(紫铜)。纯铜有良好的导电、导热和耐蚀性,并有良好的塑性。因强度和硬度不高,易于冲压加工。一般可作仪器、仪表中导电零件,飞机上电缆接头、卡箍等。纯铜牌号有 T₁、T₂、T₃、T₄。

(2) 黄铜。黄铜具有良好的塑性和较好的强度、抗蚀性,适于冲压。常用的有 H62、H68、HPb 59—1 (含铅的黄铜)。三者中,H68 塑性最好,适于拉深成形,HPb 59—1 塑性最差。黄铜一般作小拉深件,形状复杂的小弯曲件、导线接头等。

4. 钛合金 钛合金的比重小 (4.5 g/cm^3),是钢的 60%,而强度可与高强度钢媲美,具有高温强度好,耐腐蚀性强,焊接性能好等优点,然而它的延伸率和断面收缩率较低,屈服极限和强度极限高,且很接近(屈强比大),各向异性较显著,造成冲压力大,塑性差,回弹大。常用材料有 TA₂、TA₃、TC₁, (其中 TA₂、TA₃ 是纯钛)。均不能热处理强化,只能在退火状态下使用,是飞机和发动机制造的重要材料。

(三) 非金属

非金属材料也广泛地应用于航空产品制造中。常用的非金属材料有纸板、皮革、毛毡、橡皮、夹布胶木、有机玻璃、石棉板和云母等,均可冲裁。石棉板有很高的绝缘及绝热性能。夹布胶木和夹纸胶木广泛地应用于无线电、电器和仪表制造,作为绝缘材料。云

母是片状材料，需加热冲裁，是良好的绝缘材料，耐高电压，耐高温，广泛应用于无线电和电子工业。有机玻璃是热塑性材料，只能加热冲裁、弯曲和拉深，用于飞机制造。夹布胶木加热后可进行弯曲和拉深。

(四) 冲压加工常用材料的机械性能

冲压加工常用材料的机械性能见表 2—1。

表 2—1 冲压加工常用材料的机械性能

材料名称	牌 号	材料状态	机 械 性 能				
			抗剪强度 τ	抗拉强度 σ_b	屈服强度 σ_s	延伸率	弹性模数
				(MPa)		$\delta_{10}(\%)$	$E(10^3\text{MPa})$
碳素结构钢	08	已退火的	255~353	324~441	196	32	186
	10		255~333	294~432	206	29	194
合金结构钢	30CrMn SiA	已低温退火的	432~588	539~736		16	
不锈钢	1Cr18 Ni9 Ti	经热处理的	451~511	569~628	196	35	196
防锈铝合金	LF 21	已退火的	69~98	108~142	49	19	70
		半冷作硬化的	98~137	152~196	127	13	
	LF 2	已退火的	127~158	177~225	98		69
		半冷作硬化的	158~196	225~275	206		
超硬铝合金	LC 4	已退火的	167	245			
		淬火并经人工时效	343	490	451		69
硬 铝	LY 12	已退火的	103~147	147~211		12	
		淬火并经自然时效	275~304	392~432	361	15	71
		淬硬后冷作硬化	275~314	392~451	333	10	
黄 铜	H 62	软的	255	294		35	98
		半硬的	294	373	196	20	
		硬的	412	412		10	
	H 68	软的	235	294	98	40	108
		半硬的	275	343		25	
		硬的	392	392	245	15	113
钛合金	TA 2	退火的	353~471	441~588		25~30	
	TA 3		432~588	539~736		20~25	

四、冲压过程的中间热处理

(一) 拉深过程中的中间热处理

在拉深过程中，金属材料发生冷作硬化，提高了变形抵抗力和强度（HRC、 σ_s 、 σ_b 等），并降低了金属的塑性（ δ 和 ϕ ）。对于多次拉深才能完成的工件，由于变形抗力增大，塑性下降，容易破裂。为了再次拉深成形，必须用热处理方法恢复材料的塑性。