

中等专业学校教学用书

冷 冲 压 工 艺 学

南昌航空工业学校編

机械工业出版社

中等专业学校教学用书



冷 冲 压 工 艺 学

南昌航空工业学校编



机械工业出版社

1959

出版者的話

本書从冷冲压工艺的角度出發，較全面地介紹了各类典型冲压工作的工艺計算和操作，并就相应的設備和模具結構也作了較詳細的介紹。全書是圍繞如何正确制訂合理而經濟的冷冲压工艺規程而講述的。为适应有色金屬合金的加工特点，还加入了部分板金工作的內容。

本書可作为中等专业学校鍛冲专业及业余学校同类型专业的参考教材，并可供工厂冲压車間和模具制造車間工長、工艺員、設計員和冲压工、模具鉗工作为参考讀物。

本書由彭本善执笔，楊問傑申校。

NO. 2986

1959年9月第一版

1959年9月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₆ 字数 592 千字 印張 25⁶/₉ 0,001—17,100 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业營業許可証出字第 008 号

定价 (10) 3.00 元

前 言

本書的主要內容系統是根据第一机械工业部頒發的鍛冲專業教學大綱（苏联1954年黑色冶金工业部），在1955~1956年經過教學實踐，曾結合我国具体情况進行過多次修訂和补充，于1957年初步定稿。由于沒有苏联航空工业的中等專業學校教科書参考，因此，在教學實踐（講授、課程設計、畢業設計等）和畢業生工作后的反映，曾進行過兩次教材改編工作。

全書講授152学时，另外有課程設計40小时，實驗20小时。

編写時考虑航空工业的板金工作特点，增加了部分內容，因此对原有大綱中的体积冲压工作講述时数上受到一定限制。此外，属于冲模設計与制造在另門課程中編写，本書不重复贅述。

本教材虽經過五遍教學，但結合实际及增添科学技术新成就上仍感不足；同时由于編写者的学識、經驗有限，書中謬誤之处，仍所难免，希望各地讀者随时提出批評与指正。

南昌航空工业学校十一專科学科委员会

一九五八年十月

目次

緒論	7
第一章 冷冲压材料	13
1 冲压材料的分类	13
2 航空工业常用材料	13
飞机制造方面	13
发动机制造方面	16
3 冲压材料的性能	17
第二章 剪裁	21
4 剪裁工作原理	21
直刀片剪裁过程	21
圆滚刀剪切	24
平口剪床与斜口剪床剪裁时所需的压力	24
平口剪床与斜口剪床剪裁时所需的功	27
剪切时所需的功率	28
5 剪裁设备	29
直刀片剪裁设备	29
圆滚刀剪切机械	41
其他裁料机械	46
第三章 冲裁	53
6 冲床	53
手动(或脚踏)式压床	53
电动机械式压床	55
偏心冲床与曲轴冲床的主要构件	59
冲床的安全装置	67
冲床的使用与检查	69
冲床压力和滑塊与飞輪运动的研究	71
冲床的选用	72
7 冲裁工作原理	73
金属在冲裁时的应力与应变	73
确定冲裁力的方法	75
斜刃口冲裁模的冲裁	78
多凸模、連續式及阶梯式冲裁模的冲裁工作	83
推件力及脱料力的計算	84
冲裁工件的品質及影响工件質量的因素	85
8 冲裁模具	87
簡單动作的冲裁模	87
連續作用的冲裁模	91
复合动作的冲裁模	95
常用的其他形式冲裁模	98
9 橡皮冲裁法	109
10 精密冲裁与整修工作	115
精密冲裁	115

整修工作	116
11 冲裁工作的排样法	121
条料(或带料)上的排样	122
实际条宽公称尺寸的决定	129
板料上的排样	131
12 冲裁工件的精密度及其工艺适应性	131
第四章 弯曲	141
13 弯曲变形过程	141
14 弯曲工件的工艺計算	144
用模具弯曲工件所需弯曲力、功、功率的計算	144
弯曲工件最小弯曲半徑的决定	150
中性層的位置	153
弯曲工件毛料展开長度的計算	154
弯曲模具的圓角半徑与間隙	161
弯曲工件的彈回現象	163
15 弯曲模具	166
簡單弯曲模	166
复杂弯曲模具	169
連續式組合弯模	173
分次連續弯曲模具	175
16 特种弯曲設備及其工作法	177
開压机工作法及其模具	177
伸展机与型材拉弯机	188
滚輪弯曲机	190
折弯机	192
滚筒机	195
17 弯曲工件的精密度及其工艺适应性	196
第五章 拉深	201
18 拉深工作原理	201
拉深工作的特征	201
毛料在拉深时的应力和应变	202
19 拉深工件的毛料形状与尺寸	206
求毛料展开尺寸的理論基础	206
旋轉体拉深件毛料尺寸的計算法	207
矩形工件展开尺寸計算法	221
低矩形拉深件毛料形状和尺寸的决定	222
高矩形件毛料形状与尺寸的决定	224
連續拉深用卷(带)料尺寸的决定	226
复杂拉深件毛料的确定法	227

20 拉深次數及各次拉深半成品尺寸的決定	227	33 冲挤工作	361
概說	227	34 其他体积冲压工作	370
圓筒形工件的拉深次數及各次半成品的尺寸	230	压印与刻印	370
复杂旋轉体工件的拉深次數与各次半成品尺寸	243	冲眼	371
矩形工件的拉深次數与尺寸	251	頂鐵	372
拉深力、功及功率的決定	256	鐵粗	374
21 拉深模具	261	立体成形	376
用于單动作冲床上的模具	261	精压	377
双动作冲床及其所用模具	267	35 体积冲压工作用的特种設備	379
簡化的拉深模	272	第八章 模具的安裝、調整与維修	383
压边裝置	274	36 模具的安裝与調整	383
22 壁部变薄的拉深工作	277	37 模具的維護与修理	387
变薄拉深的变形特点	277	第九章 压制件的修整工作	388
变薄拉深的工艺計算	279	38 銑切工作法	388
变薄拉深模具工作部分的結構形式	284	39 用錘击校形法修整工件	392
23 拉深工件的精密度及工艺适应性	289	第十章 压制件的質量檢驗	394
拉深工件的精度	289	40 技术檢驗組織	394
拉深工件的工艺适应性	291	41 廢品的种类、产生原因及預防方法	397
24 改进拉深工作的途徑	294	第十一章 样板工作法	405
改进拉深过程的一般原理	294	42 模錢样板的种类及用途	406
改善拉深件拉深过程的方法	296	第十二章 冷冲压工作的机械化及自动化裝置	424
材料在拉深过程中的硬化及退火	299	43 条料及卷料的自动送料机构	425
第六章 成形	303	44 單个毛坯和半成品的自动送料机构	435
25 整形	303	45 自动推料和儲料裝置	440
26 縮口	306	第十三章 冷冲压工艺規程的編制	446
縮口所需次數及各次尺寸的計算	306	46 編制工艺規程前对工件的研究	447
縮口模具	307	47 工艺程序的設計	449
27 翻边	308	48 編制工艺規程的步驟与工艺文件的填写	450
內緣翻边	309	主要参考書与参考資料	461
外緣翻边	319		
28 起伏	328		
29 校平	331		
30 落錘工作	334		
31 旋压工作	348		
32 縮边工作	355		
第七章 体积冲压	361		

緒 論

在常溫下（或在金屬的再結晶溫度以下），用人工或機械的方法對金屬板料加工，使之變形以獲得人們所需要的形狀，稱為冷作法（或稱板金工作）。如果利用壓力機械，並主要依靠模具對金屬板料加工使之變形的的方法，稱為沖壓法（或稱压制工作）。

我國早在殷朝即已應用冷作方法製造薄片黃金箔；商周時代用以製造了銅、鐵器皿；戰國時代的古墓中，也曾發現許多用冷作法制成的磚瓦、皮革。九千年來，用冷壓加工方法廣泛地製作了日用品與裝飾品，這些都說明我們民族是具有悠久和高度藝術水平的。

但是我國過去所採用的压制方法，大都是手工方式。即以一定形狀的型胎作為模具，用手錘敲打金屬板料使之成形。正規採用機械壓床及金屬模具以压制日用品及貨幣等，則是近百年的事。

蘇聯在第九及第十世紀，冷作法已有了萌芽，如當時應用了模具压制出鋼盔、劍、刀等兵器；到第十五及第十六世紀，莫斯科大公國更压制出貨幣，而當時許多其他國家的貨幣還都是用鑄造方法製造的。在偉大的十月革命後，尤其是在第一個五年計劃及衛國戰爭時期內，冷壓事業獲得了巨大發展，廣泛地應用在汽車工業、拖拉機工業、航空工業及儀表製造等工業中。

目前我國已經勝利地進入了國家的第二個五年計劃，在總路線的光輝照耀下，我們已建成了新型的汽車工廠、拖拉機工廠與航空工廠，同時，在三個並舉及黨中央關於教育方針的指導下，全國洋土結合，遍地工業開花，到處興起了一片新的氣象，使我國在國家工業化與農業集體化的道路上大大向前躍進了一步。由於社會主義建設的基本經濟法則是「在高度的技術基礎上，使社會主義生產不斷增長與改善，保證最大限度的滿足整個社會經常增長的物質、文化需要」。冷沖壓是一種新的高效率的加工方式，這就給生產提供了最有利的條件。因此，這門技術亟待我們研究與發展。

冷壓製品在各種工業中應用的範圍很廣，除在重工業與國防工業中有廣泛的應用價值外，在電氣機械、科學儀器及日用器皿上也有同樣的地位。目前在蘇聯，差不多所有的金屬加工部門，都已採用沖壓方法。並相應地為冷壓技術培養了大批熟練工人、工程技術人員與科學研究人員。

近代，沖壓工作在各個工業部門生產中作用已十分顯著，這是由於冷沖壓工作與其他種工藝方法相比較，具有以下几个優點：

1. 生產率高，可以減低工件的製造成本。
2. 能压制出形狀複雜的工件，而這種工件往往無法或很難由其它方法製成。

3. 工件的精确度较高，尺寸一致，具有互换性。
4. 原材料的使用率高（与切削加工相比较）。
5. 在大量或成批生产中，可以便于运用自动化装置，而能得到更高的生产率。另外模具使用期长，劳动条件也较好。

因此，冷冲压工作已成为一种先进的加工方法。

冷冲压方法的主要缺点是模具制造费用高，不便于小量生产。此外，制品的表面光洁度还不够高，往往需要补助以手工修整和表面处理工作。在生产飞机中，冲压工作的劳动量所占比重不大，如全金属飞机的制造，冲压工作劳动量只占总劳动量的5~9%；但就件数而言，板制件却达到70~80%之多。因此，从飞机制造的观点出发，必须注意到冷压加工方式的意义还包括有如下数点：

1. 全金属结构飞机制造中所使用的冲压材料都是价值很贵重的，如特种钢、铝合金、镁合金、钛合金的板料、型材等。其价值相当于整架飞机制造成本的40%。因而，压制技术人员在生产过程中，应最高限度的利用材料，减少金属的耗损，这对当前我国的国防建设，具有很重要的意义。

2. 从毛坯冲压车间加工的零件种类很多，例如一架双发动机中型轰炸机总计约有四、五千件，这些零件均由不同品种、牌号和厚度的金属制成，所以也就需要有各种各样不同的工艺规程与必需的设备。

3. 在毛坯冲压车间内制造的零件的质量，对于飞机本身的质量及其对装配工艺上的要求均有很大影响；而零件的质量又取决于零件制造的工艺方法。用手工操作的板金件通常不够精确，没有互换性，且有内应力，抗蚀性能也低，所以在本车间内最好采用新型的机械化的工艺方法，以保证产品的质量。

冷冲压工作的基本原理是金属受外力至超过了材料的屈服强度后，就开始变形，不能回复到原来形态，材料即产生了塑性变形，如果外力再加大，超过了材料极限强度，金属开始断裂、分离，冷冲压就利用了金属的这种性质，使用适当的机械与模具，将材料分离或使材料变形。

由于冷冲压工作的性质各不相同，有各种各样的加工工序，故根据工件的形状、种类及金属的受力和变形的特征，冲压工作可分为三大类六小组，即：

一、材料的分离。

1. 剪裁 (Резка)。
2. 冲裁 (Вырезка)。

二、材料或半成品的变形。

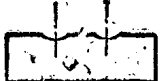
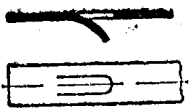
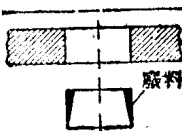
3. 弯曲 (Гибка)。
4. 拉深或称压延 (Вытяжка)。
5. 成形 (Формовка)。
6. 体积冲压 (Объемная штамповка)。

三、复合工作 (即同时进行或顺序连续进行以上两个或两个以上小组的压制工

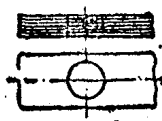
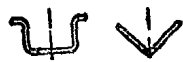
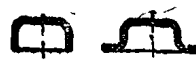
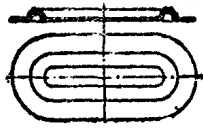
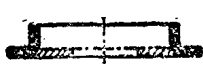
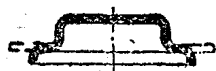
作)。

在每一組中，又各包括性質上稍有差异的工序。詳細的分类可見表1，表中按照工作性質指出了各种冷冲压工作的特征。

表1 各种冷冲压基本工序的分类与特征

类别	組別	工 序 名 称	圖 例	工 作 性 質 与 特 征
材 料 的 分 离	剪 裁	剪切 (Резка)		用剪刀切断板料或条料，使其沿不封闭周边分离
	冲	剪裁 (Отрезка)		用剪裁模冲切掉局部条料，使其沿不封闭周边分离。冲掉的部分为废料
		局部落料 (冲口) (Вырубка(местная))		用落料模在材料或毛坯的周边上冲掉局部材料，冲去部分为废料
		落料 (Вырубка(по контуру))		用落料模使材料或毛坯沿封闭周边分离；冲落部分为工件，其形状与尺寸和模具一致
		打孔 (Пробивка отверстий)		用打孔模将毛坯内部的材料冲掉而得工件，冲掉部分是废料
		切口 (Надрезка)		用切口模将部分材料切开，但不分离成两部分
		切边 (Обрезка)		用切边模将拉深半成品或成形后的半成品边缘部分的多余材料切掉
		剖裁 (Разрезка)		用剖裁模将弯曲或拉深后的半成品剖成两个或两个以上的工件
		整修 (Записка)		用整修模在冲压半成品平整部分的内外缘作小部分的修剪，以得到光滑表面和高的精度

(續)

类别	組別	工 序 名 称	圖 例	工 作 性 質 与 特 征
材料的分离	冲裁	裁切 (Прорезка)		用裁切模对非金属材料进行的冲裁工作
改变或变材料形状	弯曲	弯曲 (Гибка)		用弯曲模将平板毛坯弯曲, 使原来的平面形状变为立体形状
改变材料或半成品的形状	弯	卷边 (Завивка)		用卷边模使冲压半成品的边缘作圆弧形弯曲
		扭转 (Скручивание)		将平板毛坯的一部分对另一部分扭转成形
	压	拉深 (Вытяжка(без утонения стенок))		用拉深模将平板毛坯压成空心工件; 或将浅空心半成品压成深的空心工件
		变薄拉深 (Вытяжка(с утонением стенок))		用减小直径与壁厚的方式来改变实心或空心半成品的尺寸
	成形	整形 (Формовка)		用成形模将冲压半成品继续变形使得得到准确的形状和尺寸
		翻边 (Отбортовка отверстия)		在打好孔的平板毛坯或空心半成品上用翻边模压制出直径较大的孔和直边(或其他形状的边), 壁部有变薄现象
		外缘翻边 (Отбортовка наружного контура)		在半成品的外部周边用外缘翻边模使其弯转成一定的尺寸与形状的工作
		滚边 (Закатка борта)		用滚边模使空心半成品的边缘向外按圆弧形翻转成形
		胀形或凸肚 (Формовка изнутри)		从内部对空心半成品加径向压力, 使之局部扩张而得工件形状
		缩口 (Обжимка)		由外部加压力于空心半成品一端, 使之局部缩小直径而得工件形状

(續)

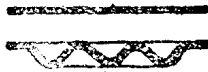
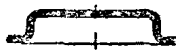
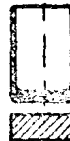
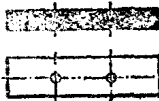
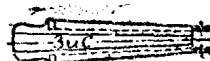
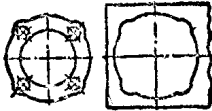
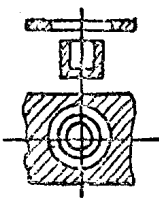
类别	组别	工序名称	图例	工作性质与特征
改变材料或半成品的成形	成形	起伏 (Рельефная штамповка)		用有凸出与凹进部分的模具,使板料压成起伏不平的形状,其厚度并不改变
		校平 (Правка)		用平滑或一定形状的模具,使半成品局部或全部压平而得工件
	体积冲压	压印 (Чеканка)		用压印模使平板压成凹凸不平的浮雕花纹或标记
		冲挤 (Ударное выдавливание)		用冲挤模将平板毛坯或空心半成品,从模子间隙挤成薄壁空心件
		冲眼 (Разметка)		用冲眼模在工件表面冲不穿透的中心眼,为以后钻孔定心用
		刻印 (Клеймение)		用模子在工件表面压出标记
		材料的分离与变形的组合操作	落料兼打孔 (Одновременная вырубка и пробивка)	
落料兼弯曲 (Одновременная вырубка и гибка)			工件由落料与弯曲两种操作在一次冲压行程中制成	
落料兼拉深 (Одновременная вырубка и вытяжка)			工件由落料与拉深两种操作在一次冲压行程中制成	
其他			用其他两种或两种以上的操作组合成的模具所进行的冲压工作	
连续操作组合	连续式落料兼拉深 (Последовательная комбинированная штамповка)			在数个行程中,用多个凸模进行数个工序的顺序压制,毛坯不断送料时,除最初数次冲程外,以后每次行程中可得到一个工件

表1中所列均为冲压工艺中的基本操作。有时还兼以一些辅助操作。辅助操作包括如下内容:

一、毛坯的准备工作:

1. 将整张板料切成条料或一定形状的块料。
2. 除去毛刺。
3. 校平板料或条料。
4. 为消除材料表面的冷作硬化所采用的退火及恢复塑性的热处理工作。
5. 毛坯的润滑等。

二、钳工(或板金工)操作:

1. 边缘的弯折。
2. 用滚筒弯制工件的圆筒形及圆锥形部分。
3. 滚压凹槽。
4. 卷边。
5. 边缘的修整及滚圆。
6. 手工铆接。

三、表面的加工:

1. 打光。
2. 在滚筒机中抛光。
3. 去油。
4. 酸洗、中和及清洗。
5. 油漆。
6. 涂色、或氧化。
7. 镀金、银、镍、镉、锡、锌等。
8. 装璜及防腐保护工作。

第一章 冷冲压材料

1 冲压材料的分类

冲压用的原材料可分为板料、卷料与板塊。在大量生产并装有自动送料設備时，多使用卷料，成批生产中，則采用由板料切成一定尺寸的条料，只有在拉深及成形等工作中并不作連續冲压时，才使用特为切好的板塊。

板料 板料是冲压車間中使用最广的材料，常用尺寸为 710×1420 或 1000×2000 毫米，也有采用 600×1500 毫米的。此外还可取用按照OCT制定的各种尺寸的板料。在实际应用上，多将板料按照需要切成一定尺寸的条料，俾便于压制工件。条料的寬度一般在 200 毫米以下（实际按需要决定），長度在 2000 毫米以下（相当于板的長度）。过短的条料产生較多的条尾廢料，太長的条料（在 2 米以上）又招致操作时的不便。板料有时也切成塊料使用。

卷料 卷料具有各种不同的寬度（一般在 600 毫米以下），長度一般达数十米，薄金屬卷料則有長 300 米的，故須卷起来使用。在仪表制造中，使用卷料極為有利；因为适于大量生产，故卷料是根据工件在冲压时必須的寬度制定的，这样可以使廢料减少至最低限度，并具有提供自动送料和組織冲压車間流水作业的可能性，从而大大增加了生产率，减少了工資費用，并保證了操作上的安全。

板塊 在进行小量單个工件的冲压工作时，会使用到由原材料制造單位直接制就的圓形或其他形状的板塊毛坯；这是由于有色金屬价值較為昂貴，应用符合样板或計算所得的板塊毛坯，更为便利而且符合經濟原則。

冲压材料在供应时除了尺寸有标准以外，其精密度也有規定，同时还以多种状态（烟火、淬火、半冷作硬化、冷作硬化等）供应。使用时須根据实际需要慎重选择。

2 航空工业常用材料

飞机制造方面

在近代飞机构造中，由压制所得的工件多采用下列金屬材料：1）鋁及鋁合金；2）鎂合金；3）銅及銅合金；4）合金鋼及碳鋼，其中以鋁合金及合金鋼使用最广。

鋁合金的冲压材料分两类，第一类經热处理可增加强度并有时效作用[●]，硬鋁

● 时效作用。鋁合金在淬火后，开始变軟，以后逐渐变硬，經過一定時間后，可达最高硬度与强度。这种逐步提高机械性質的特性，称为时效作用。由于时效作用的初期材料有較好的塑性，因此施工时应利用該特性使有利于冲压工作，而且如果有必要时，还可用冰藏法延長其时效期。

Д1; Д6; Д16 与 Д17 等和强度極高的硬鋁合金 B95 都屬此类。由于这类 合金經过时效处理后具有很高的硬度与强度, 故多用作能承受重負荷的机翼、机身結構的零件、如翼肋、蒙皮、隔框、大梁、鉚釘、接头等。

飞机制造中压制用的硬鋁合金, 其表面都复盖有一層很薄的純鋁, 其作用在于增强抗蝕能力; 純鋁复盖層厚度約占整个厚度的 10% (每面厚約 5%); 由于純鋁性質很柔軟, 在搬运及操作过程均应加小心, 避免划伤。各种硬鋁的性能可見表 2。

表 2 第一类鋁合金机械性能表

合金牌号	極限强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	延 伸 率 δ (%)	抗剪强度 σ_{cp} (公斤/毫米 ²)	备 注
Д1	33~42	15~20	22~24	尾端符号意义: M—充分烟火。 T—淬火后經时效处 理。 H—充分冷作硬化。 П—半冷作硬化。
Д1M	16~22	12~18	11~13	
Д3	35~40	15~22	20~22	
Д4	40~44	15~18	24~27	
Д5	43~48	12~8	28~30	
Д6	43~48	15~18	25~28	
Д16M	20~25	12~18	12~13	
Д16T	43.5~48	15~20	27~29	
Д16H	46~50	14~8	28~30	
Д16AM	15~21.5	14~20	—	
Д16AT	40~44	15~18	26~28	
Д16AH	42~46	13~8	28~30	
Д17M	16~22	12~18	—	
Д17T	35~40	15~22	—	
ABM	11.0~14.5	25~20	6~8	
ABT	20~28	24~18	16~18	
ABTT	30~35	16~10	20~22	

硬鋁中 Д16、Д17 用得最多, 几乎飞机結構的全部主要零件都是用 Д16 和 Д17 鋁合金制成。

第二类鋁合金是經过热处理后不能增高强度的合金, 这类 合金有 鋁鎂合金 AMц、鋁鎂合金 AMг 等; 其强度的增高是依靠冷作硬化法得到; 在烟火 状态下, 此种合金接受塑性变形的性能頗佳。

鋁鎂合金与鋁鎂合金机械性能很相似, 中等强度, 抗蝕性强, AMцM 还有良好的焊接性能, 宜于制造須經焊接的汽油箱、滑油箱及修理油箱用的鉚釘等。此类合金的机械性能可見表 3。

航空零件也有用純鋁 AM、AH 制造的, 其性能和第二类鋁合金相似, 但由于强度很低应用很少, 机械性能亦列于表 3 內。

鎂合金冲压材料具有比重小, 强度較高, 抗蝕性强并能接受焊接的特点, 宜于压制汽油与滑油系統油管、油箱、整流罩及蒙皮等。常用的有 MA1 及 MA3。鎂合金在常温状态下塑性很小不易加工, 当加热至 250~300°C, 塑性会显著提高; 在

表3 第二类铝合金机械性能表

合金牌号	極限强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	延伸率 δ (%)	抗剪强度 σ_{cp} (公斤/毫米 ²)	备 注
AM	7.5~11.0	30~20	5~7	
AH	11.0~14.0	9~6	7~9	
AMuM	10.0~14.5	25~20	6~8	
AMuH	14.5~19.0	12~6	9~10	
AMuH	20.0~25.0	6~3	10.5~11.5	
AMrM	18~23.0	24~16	11~12	
AMrH	23~28	10~4	14~15	

250°C时拉断延伸率 δ 可达到40%，在300°C时则增大到50~55%；極限强度相应地减低到6~9公斤/毫米²。因此镁合金加工时都经过预热。

純銅即紫銅M，其塑性、导电性、导热性都很好，适宜于制作飞机电气系统的套管、襯套等小零件，其他系统因其比重大、强度低，采用不多。除紫銅外，还采用少量强度较高，具有抗蝕性的銅合金制造零件，其中以黃銅（即銅鋅合金Л1）用得较多，紫銅及黃銅的机械性能见表4。

表4 常用銅与銅合金机械性能表

牌 号	極限强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	延伸率 δ (%)	抗剪强度 σ_{cp} (公斤/毫米 ²)	备 注
M3 紫銅(烟火)	20	30	18	
Л162 黃銅(烟火)	32.2	35	22.8	
Л159 黃銅(烟火)	35	35	30	

冲压用的鋼料，多为低碳鋼、合金鋼。低碳鋼08、10及20具有高度塑性及良好的焊接性能，而强度较低，用以压制受力不大的不重要的焊接构件和冲压件。在10及20号鋼内渗鋁则可代替耐热鋼Л1Т，压制总排气管。合金鋼中錳鋼10Г2、12Г2，及鉻錳硅鋼30ХГСА由于具有良好的塑性和焊接性，较高的强度，常用以制造重要的冲压件及焊接件，不銹鋼Л1、鉻鎳鋼Л2与耐热鋼Л1Т（含鈦的鉻鎳鋼）則利用其抗蝕性强，无磁性与耐高温，制造座艙罩的构件与排气管等。

不銹鋼在淬火后具有高度塑性，易于冲压，但对硬化非常敏感，因此在剪切时，刀片的間隙不能太大，以免材料受拉伸而硬化，损坏刀口。在进行拉深及其他成形工作时則要充分利用其塑性（延伸率可达55~60%），在一次操作中尽量达到允許的最大变形量。减少塑性变形后必不可少的为用以恢复塑性的热处理工作。冲压用鋼料的机械性能可見表5。

表5 冲压用钢料的机械性能表

材 料	牌 号	热处 理 状 态	机械性能		半成品 形 状	备 注
			σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)		
碳 钢	20A	淬火和正火	40~50	24	板料, 管子	制造不受力的焊接组合件
锰 钢	12Г1A	淬 火	40~50	22~25	板料, 管子	制造不受力的焊接组合件
		正 火	45~55	22		
锰 钢	12Г2A	淬 火	50~60	≥ 20	板料, 管子	制造焊接结构的零件
		正 火	70~90	≥ 11		
铬 锰 硅 钢	30ХГСА	淬 火	50~75	16~18	板料, 管子	制造受力的焊接结构零件
		正 火	70~95	10~12		
不 锈 耐热钢	ЭИ1Т	淬 火	110~150	7~12	板 料	制造总排气管
		(根据回火决定)				
铬 钢	ЭИ100	热处理	54~70	40	板 料	制造总排气管
		软冷作硬化	100~120	15		
铬 锰 镍 钢	ЭИ100	热处理	68	40	板 料	制造总排气管
		软冷作硬化	100~120	15		

发动机制造方面

在近代航空发动机上, 很多重要的零件、组合件, 甚至整个的部件都是由板料制成的。其中有燃烧室、集气器、喷管、进气管、排气管以及其他管道、燃气涡轮上所焊制的叶片、整流罩、气瓶等等。这些零件中一部分在高温的条件下工作, 受着炽热气体的侵蚀作用, 另外一些虽然在温度不高的条件下工作, 但也会受到腐蚀, 并承受着机械负荷或起着汇集和引导高压冷气流的作用, 因而多采用耐热抗蚀的特种钢。常见的有 ЭИ-435 和 Я1Т 牌号的耐热钢 (燃烧室火焰筒上的零件, 喷口等), 10СП 牌号的钢和 AM2AM 牌号的铝合金 (燃烧室的外套、进气管上的零件)。在高温下工作的寿命短的零件, 有时用 1X18H9T 牌号的钢, 或用比较便宜的 25ХГФА 和 25ХГСА 牌号的钢制造。油箱和气瓶则用 12Г2A 牌号的钢制造。这些材料普遍要求具有良好的延伸性、耐蚀性、耐热性和良好的切削性能与焊接性能。

航空发动机所采用的特种钢的化学成分见表 6。

表6 发动机各种牌号钢化学成分表

牌 号	化 学 成 分 %									
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Ti	Va	Al
ЭИ435	≤ 0.1	—	—	≤ 0.03	≤ 0.03	18~20	75	≤ 0.5	—	≤ 0.4
1X18H9T	0.14	1.5	1	0.03	0.035	17~20	8~11	0.8	—	—
25ХГСА	0.25~0.29	0.8~1.1	0.9~1.2	≤ 0.03	≤ 0.035	0.8~1.1	—	—	—	—
25ХГФА	0.23~0.3	1.0~1.3	0.17~0.37	≤ 0.03	≤ 0.035	0.6~0.9	≤ 0.3	—	0.08~0.2	—
12Г2A	0.12~0.2	2.0~2.1	0.17~0.37	≤ 0.03	—	—	—	—	—	—
CT. 10CH	0.05~0.15	0.5	0.3	—	—	—	—	—	—	—