

中华人民共和国机械工业部统编

机械工人技术培训教材

冲压工工艺学

(中级本)

科学普及出版社

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材

冲压工艺学

(中级本)

科学普及出版社

本书是机械工业部统编的机械工人技术培训教材。它是根据《工人技术等级标准》和原一机部审定的工人技术培训教学大纲编写的。书中除对《冲压工艺学》初级本所讲述的内容作深入一步介绍外，还介绍了大型曲面零件的拉深。本书主要包括：冲裁、弯曲、冲模设计、专用压力机、冲压工艺过程设计、冲压机械化与自动化等内容。本书内容特别注重理论联系实际，以提高工人现场分析、解决技术问题的能力，也为进行工艺改进、技术革新打下基础。

本书是冲压工（安装工、调整工）技术培训的中级教材（适用4～6级工），也可供有关技术人员和工人参考。

本书由余克钦、王立中、黄云生同志编写，经高敏正、王丰辑、邹泽荣同志审查。

中华人民共和国机械工业部统编

机械工人技术培训教材

冲压工艺学

（中级本）

责任编辑：戴生寅

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

机械工业出版社印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：17¹/₄ 字数：411千字

1985年1月第1版 1985年1月第1次印刷

印数：1—58,000册 定价：2.50元

统一书号：15051·1120 本社书号：0890

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地展开这项工作，教材是关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

机械工业部第一副部长 杨 铨

一九八二年五月

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的技术理论培训，以适应四化建设的需要，现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅（局）和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是原一机部颁发的《工人技术等级标准》和当前机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工夹具、量具，按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工夹具、量具、结构原理、工艺理论、解决实际问题 and 从事技术革新的能力上有所提高（高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编）。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修理钳工、造型工、化铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析工、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系生产实际，学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进。在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的安排，从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅（局）、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中还难免存在不少缺点和错误，我们恳切地希望同志们试行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年五月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 冷冲压加工的特点	(1)
第二节 冷冲压工艺的发展概况	(1)
第二章 冷冲压用材料	(4)
第一节 冷冲压工艺对材料的要求	(4)
第二节 材料冲压性能的检验方法	(6)
第三节 材料的种类和规格	(9)
第四节 改善材料冲压性能的热处理	(11)
第三章 冲裁	(14)
第一节 冲裁间隙	(14)
第二节 冲裁力和冲裁功	(19)
第三节 冲裁排样	(24)
第四节 提高冲裁件精度的几种方法	(28)
第五节 聚氨酯橡胶冲裁	(43)
第六节 冲裁件结构的工艺性	(45)
第七节 冲裁件的常见缺陷及其原因分析	(47)
第四章 弯曲	(53)
第一节 概述	(53)
第二节 弯曲件的回弹	(59)
第三节 弯曲件结构的工艺性	(66)
第四节 弯曲件常见缺陷及其原因分析	(67)
第五节 滚弯	(69)
第六节 其他弯曲方法	(74)
第五章 拉深	(78)
第一节 圆筒形制件的拉深特点	(78)
第二节 盒形件的拉深特点	(86)
第三节 复杂形状制件的拉深特点	(89)
第四节 连续拉深和变薄拉深	(100)
第五节 拉深件的工艺性	(105)
第六节 拉深件常见缺陷及其原因分析	(107)
第六章 大型曲面制件的拉深	(112)
第一节 大型曲面制件的拉深特点	(112)
第二节 大型曲面拉深件工艺参数的确定	(113)
第三节 常见缺陷及其原因分析	(124)
第七章 成形	(126)
第一节 胀形	(127)

第二节	液压成形	(128)
第三节	高速成形	(131)
第四节	旋压成形	(134)
第八章	冲压模具	(138)
第一节	冲模设计	(138)
第二节	冲模的结构性	(155)
第三节	冲模调整	(177)
第九章	冲压设备	(189)
第一节	概述	(189)
第二节	板料毛坯剪切机	(195)
第三节	冲压成形设备	(211)
第十章	冲压工艺过程设计	(239)
第一节	冲压工艺过程设计的条件	(239)
第二节	冲压工艺卡的拟定程序	(240)
第三节	制定工艺方案的实例	(254)
第十一章	冲压机械化与自动化	(261)
第一节	概述	(261)
第二节	毛坯准备工作的机械化与自动化	(262)
第三节	自动冲模	(263)
第四节	压力机单机机械化和自动化	(266)
第五节	机械化自动化冲压生产线	(268)
第六节	废料处理的机械化和自动化	(269)
第七节	工序间运输的机械化	(269)
第八节	装卸模具机械化	(270)

第一章 概 述

冲压是塑性加工的基本方式之一。因主要用于板料制件，所以有时也叫板料冲压。在常温下进行的冲压加工又叫冷冲压。在现代汽车、拖拉机、电机、电器、仪表以及日常生活用品等制造行业中，冲压加工多属于此种类型。

第一节 冷冲压加工的特点

冷冲压是近代金属加工领域里的重要组成部分。它与铸造、锻造、切削加工方法比较，不论在技术方面或经济方面，都有很多优点。在技术方面显示出的优点如下。

(1) 在压力机的简单冲压下，可以获得其他加工工艺难以加工甚至不能加工的复杂制件。

(2) 冲压件的尺寸精度主要是靠模具保证的，所以质量比较稳定。尺寸精度一般可达4~5级，最高可达2级；冲出来的制件，互换性较好，一般不需经过进一步机械加工，即可满足装配和使用要求。

(3) 在材料消耗不大的情况下，可以获得强度高、刚性好、重量轻的制件。

在经济方面显示出的优点如下。

(1) 材料利用率较高，一般可达70~85%。冷冲压生产，不仅能做到少废料无废料生产，在某些情况下，边角余料也可以充分利用。

(2) 冷冲压加工是一种省能的加工方法。

(3) 操作简便。

(4) 冷冲压生产靠模具和压力机完成加工过程。由于操作简便，所用毛坯多是板料或卷料，又是冷态加工，因此，在大批量生产的条件下，容易实现机械化和自动化，生产效率高。

但是冷冲压生产，由于模具制造周期长，并需要较高制模技术，因而成本较高，故在单件小批生产中的应用受到一定的限制。冷冲压生产多用机械压力机，由于行程速度快，手工操作时，劳动强度较大，如不重视安全生产和采取必要的安全管理和技术措施，易发生事故。

从上面分析可知，由于冷冲压加工具有突出的优点。目前，冷冲压加工已成为先进的金属加工方法之一。

第二节 冷冲压工艺的发展概况

冲压工艺已经得到越来越广泛的应用。目前它的发展趋势如下。

一、扩大应用范围

扩大应用范围是充分发挥冷冲压优点的一项重要手段。

(1)用冲压或冲压-焊接复合工艺,不仅可以使制件结构更趋合理,加工更加方便,而且还可以代替铸造或锻造。例如在汽车生产中,冲压-焊接后桥壳、冲压皮带轮、冲压刹车片等。“以冲代铸”、“以冲代锻”,都可获得强度高、刚性好、重量轻的零件或部件。一般零件重量可减轻25~50%,材料消耗可减少30~70%,劳动量可减少50~80%。

(2)采用通用冲模、简易冲模、低熔点合金模、塑料模、橡皮模等模具,可以缩短生产准备周期,降低制造成本,将冲压的加工方法推广到单件、小批量生产和新产品试制中去,以适应品种不断更新的需要。

(3)采用特种的冲压方法,如精密冲裁、液压成形、爆炸成形、电磁成形和旋压成形等,以进一步扩大冲压工艺的应用范围,提高冲压件质量和生产效率,降低生产成本。

二、发展精密、高效、大功率压力机

随着冲压设备的发展,精密、高效和大功率压力机的出现,可使冲压件的外形尺寸、重量和厚度有所增加,冲压件的精度和光洁度不断提高,使冲压件直接满足装配、使用要求的比重日益增加。

三、发展高效率、高寿命和高精度模具

(1)在大批量生产中,现在已广泛采用多工位连续模和自动冲模。

(2)采用新的制造工艺,如发展新的表面处理工艺和采用新的模具材料,提高模具制造精度,推广成形磨削、线切割加工、电火花加工等先进工艺,来代替和减少模具制造过程中的手工操作。

(3)在模具结构上配置能控制冲压过程中定位不稳、制件重叠、尺寸超差的装置。

四、采用与研制冲压用的新材料

研制和采用冲压性能好、强度高的新钢种是冷冲压技术领域里一项重要任务。目前,在国内应进一步推广把普通低合金高强度钢如09MnRe、16MnRe、10Ti、13MnTi用于冲压。在国外正大力研制和采用高强度钢、双相钢等新钢种来代替传统的08钢系列,这样做既能满足冲压工艺的要求,又能减轻结构件重量,使冲压件适应更高的强度和刚度要求。当然进一步稳定地提高08钢系列材料的冲压性能,以满足复杂曲面零件变形的需要,也是必要的。

五、加强钢板冲压性能检测手段的研究

研究板料冲压性能指标和检验方法,是做到合理用材和稳定冷冲压生产工艺过程的重要途径之一。

六、实现冲压生产过程机械化和自动化

随着专业化生产的发展,冲压件生产批量将大大增加。除了采用自动压力机、多工位

压力机以外，还要(或必须)大力研制通用性较强或专用的自动装置或其附属装置，如通用的上、下料装置和快速换模装置等，以减轻劳动强度，确保安全生产，提高劳动生产率，降低生产成本。

七、加强研究冲压安全技术

为防止或减少冲压生产过程中发生人身、工装和设备事故，不仅加强冲压安全技术措施的研究，而且连生产过程中的振动和噪音问题，也是越来越被人们所重视的课题。

八、提高模具设计与制造效率

开展冲模计算机辅助设计与计算机辅助制造的研究，提高冲模结构与零部件的标准化水平，以缩短冲模设计与制造周期。

九、加强冷冲压生产过程管理的研究

开展冷冲压生产的小批量、多批次生产方式的研究，以减少冲压件库存量，加速资金周转，减少零件的磕、碰、伤。

第二章 冷 冲 压 用 材 料

冷冲压用材料与冲压生产的关系非常密切,材料质量的好坏,直接影响到冲压工艺过程设计、冲压件的质量和使用寿命,同时还直接影响组织均衡生产和冲压件成本。冲压件的材料费用,往往要占冲压件成本的60~80%。特别是在大量生产中,为了满足均衡生产和产品使用性能的要求,冲压工艺对材料将提出更严格的要求。因此,一方面应提高产品(冲压件)结构的工艺性,以改善冲压过程的变形条件,来降低对材质的要求,另一方面又需提高和稳定材料质量,以适应冲压过程的变形要求,生产出优良的冲压件。

第一节 冷冲压工艺对材料的要求

冷冲压所用的材料,不仅要满足产品结构要求,还应当满足冲压工艺的要求。冲压工艺的主要要求如下。

一、应具有良好的冲压性能

板料的冲压性能是指板料对各种冲压加工方法的适应能力,包括便于加工,容易得到高质量和高精度的冲压件,生产率高(一次冲压工序的极限变形程度和总的极限变形程度大),模具寿命长,不出废品等。由于各种不同的冲压加工方法其应力状态、变形特点不同,所以对冲压板料的冲压性能的要求也不一样。

(一) 材料应具有良好的塑性

在变形区部位,材料内部应力主要是拉应力,其变形主要是伸长和厚度变薄。当主要变形部位超过成形极限时,便会引起破裂。因此,要求材料要有良好的塑性和塑性变形的稳定性。塑性好的材料,允许的成形极限范围大,这样可减少工序,减少因材质不良而产生的废、次品。

影响材料塑性的是化学成分、金相组织和机械性能。一般来说,钢中的碳、硅、磷、硫的含量增加,都会使材料的塑性降低,脆性增加,含碳量对材料塑性影响最大,一般认为含碳量不超过0.05~0.15%的低碳钢具有良好的塑性。如形状复杂的汽车覆盖件,多采用塑性较好的低碳优质钢板。含硅量在0.37%以下的钢,对塑性影响不大,但大于这一数值即使含碳量很少也会使钢板变得又硬又脆。硫在钢中与锰或铁相结合后,以硫化物的形态出现,严重影响到钢材的热轧性能。硫化物促使条状组织产生,也使塑性降低。因此,有胀形、内凹曲线翻边、扩口、弯曲等变形的工件多用优质低碳钢板,如08Al, 06Ti等。

钢板的晶粒大小对塑性影响也很大,晶粒大,塑性降低,容易破裂。粗大的晶粒在冲压成形时,在制件表面上留下粗糙的“桔皮”(对以后抛光、电镀、涂漆等工序均有影响)。晶粒过细则弹复现象增加。因此,钢板的晶粒大小应适中。一般认为,0.8~2毫米的板材,按YB27-64标准,晶粒度以5~9级为好。同一批钢板,相邻级别以不超过2~5级为宜。相

邻级别越接近,表明晶粒度越均匀。复杂拉深用的冷轧薄板的晶粒度为6~8级,中板为5~7级,相邻级别不超过2级。冲压性能要求高的钢板,要求得到薄饼形晶粒(钢板在热轧过程中,由于快速冷却使氮化铝充分溶解,从而形成薄饼形晶粒)。薄饼形晶粒,板厚方向性系数值大。

材料塑性的高低,通常用延伸率(δ)、屈强比 $\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$ 、冷弯试验中的弯心直径、杯突试验深度来表示。延伸率(δ)、杯突试验深度值越大,塑性越好;屈强比($\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$)、弯心直径越小塑性越好。

塑性变形稳定性与板料的硬化性能 n 值和应变梯度大小有关。

(二)材料应具有抗压失稳起皱的能力

在变形区部位,当材料内部主要是压缩应力时,如直壁零件的拉深缩口及外凸曲线翻边等,应变主要是缩短,厚度增加。这时易产生失稳起皱,因此要求材料具有一定的塑性,同时也要求具有很高的抗压失稳起皱的能力。这种能力与弹性模数(E)、屈强比和板厚方向性系数 γ 值有关。例如当低碳钢的 $\sigma_s/\sigma_b=0.57$ 时,其极限拉深系数为 $m=0.48\sim 0.5$,而65Mn的 $\sigma_s/\sigma_b=0.63$,其极限拉深系数为 $m=0.68\sim 0.7$ 。这说明, σ_s/σ_b 小,极限变形程度大。

拉深变形程度与 γ 值的关系可从表2-1中看出。

拉深变形程度与 γ 值的关系				表 2-1
γ 值	0.5	1	1.5	2
拉深变形程度 $\frac{D}{d}$	2.12	2.18	2.25	2.5

二、应具有良好的钢板表面质量

(一)钢板表面应光洁

表面如有擦伤、麻点、划痕、气孔和缩孔等缺陷,或材料断面上有分层现象时,则在冲压过程中,在有缺陷部位会产生应力集中而引起破裂。

(二)表面平整

材料表面瓢曲不平,会影响剪切和冲压时的定位不稳而造成废品,或因在冲裁过程中钢板变形时的展开作用而损坏冲头。在变形工序中,钢板表面的平直度也会影响材料流向,引起局部皱纹或开裂。

(三)表面无锈

钢板表面有锈,不仅对冲压不利,损伤模具,而且还影响后续焊接,涂漆工序的正常进行。

三、厚度公差应符合国家标准

厚度公差的大小,是钢板轧制精度的主要标志,也是影响冲压工序质量稳定性的重要

因素之一。一定的模具间隙，适应于一定的毛坯厚度，厚度超差则影响产品质量。过薄则回弹难以控制；过厚会拉伤制件表面，甚至会损坏设备和模具，并增加不必要的材料消耗。

四、外形尺寸公差应符合标准

板料的外形尺寸是以最佳的排样方案选定的（见材料排样一节）。外形尺寸超差，或用别的尺寸规格代替，均会引起材料消耗的增加和劳动力的浪费。特别对大型制件专用规格中不需要落料的工序，如外形尺寸超差，会造成进料阻力不均，增加冲模调整的困难，甚至造成冲压件废次品的增加。

第二节 材料冲压性能的检验方法

对板料冲压性能及其检验方法的探讨，其目的在于：

- (1) 用简便的方法迅速而准确地确定板料的冲压性能，为板料的生产部门和使用部门之间的付货提供验收标准；
- (2) 分析与判断生产中出现的与板料性能有关的质量问题，给缺陷分析提供依据；
- (3) 为产品设计和冲压工艺过程编制提供选择材料的种类和牌号的技术依据；
- (4) 为研究与采用具有较高冲压性能的新材料提供方向和鉴定方法。

为了保证产品质量和生产的正常进行，进厂的钢板必须按工艺文件规定的国标（GB）及冶标（YB）和厂标或供需双方协议书的技术条件进行复验，只有经复验合格的钢板，才允许投入生产。

板料冲压性能的主要检验方法如下。

一、拉伸试验

金属板料的拉伸试验是通过下述方法进行的，即从待试验的金属板料上，截取一段如图2-1所示的标准试样，然后在万能试验机上进行拉伸试验。根据试验结果或利用自动记录仪记录，可得图2-2所示的应力和应变关系的拉伸曲线。

从拉伸试验中可得出强度极限（ σ_b ）、屈服点极限（ σ_s ）、延伸率（ δ ）、断面收缩

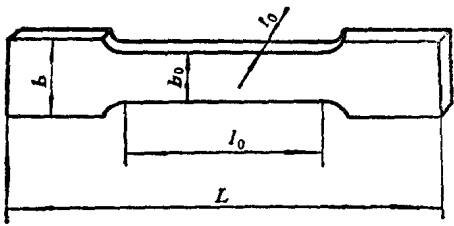


图 2-1 拉伸试验用的试样

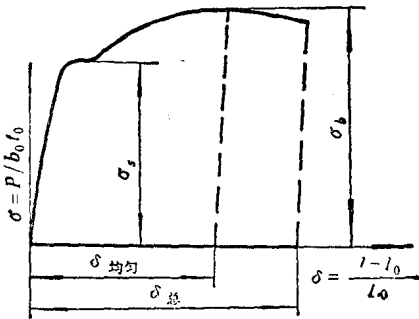


图 2-2 拉伸曲线

率 (ψ) 及板厚方向性系数 (γ), 硬化指数 (n), 板平面方向性 ($\Delta\gamma$) 等机械性能指数。

(一) 强度极限 (σ_b)

σ_b 是指材料抵抗外力破坏作用的最大能力: 当外力是拉力时, 叫抗拉强度 (σ_b); 当外力是压力时, 是抗压强度 (σ_{bc})。

(二) 屈服点 (σ_s)

σ_s 是指金属材料在拉伸过程中承受外力达到一定值时, 变形就不和受力大小成正比例, 而是外力不增加或减少时, 继续发生明显变形的最小应力。

(三) 延伸率 (δ)

δ 是指试样受拉力后被拉断时, 拉伸后的总长度同原有长度的差与原有长度的比值大小, 即:

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 δ ——材料延伸率 (%);

l_0 ——拉伸前长度, 毫米;

l ——拉伸后被拉断时的长度, 毫米。

冲压成形在一般情况下, 都在板料的均匀变形范围内进行, 所以为了表示金属板料的冲压性能, 采用均匀延伸率 $\delta_{\text{均匀}}$, 如图2-2所示。

$\delta_{\text{均匀}}$ 表示板料产生均匀的塑性变形能力。复杂曲面的拉深件要求具有很高的 $\delta_{\text{均匀}}$ 值。

(四) 屈强比 ($\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$)

屈强比是表示屈服极限 (σ_s) 与强度极限 (σ_b) 之比。小的屈强比, 对所有冲压成形都是有利的。拉深时, 如果板料的屈服极限 σ_s 低, 则变形区的切向压应力较小, 材料起皱的趋势也小, 这时防止起皱的压料力和摩擦系数损失都相应降低。在 σ_s 不变的情况下, 屈强比小, 说明 σ_b 大, 所以对提高极限变形程度是有利的。 σ_s 对弯曲成形等工序的制件回弹有很大影响。 σ_s 小, 回弹量小, 有利于提高制件的精度。

(五) 硬化指数 n

硬化指数 (n) 又称 n 值, 它表示在材料塑性变形中材料硬化的强度。 n 值大的材料, 在同样变形条件下, 可使变形均匀, 并且具有减少毛坯局部变薄和增大极限变形程度的作用。 n 值大的材料, 其塑性变形稳定性好, 不易出现局部的集中变形和破坏, 有利于增大伸长类变形的成形极限。图2-3为不同 n 值的板厚应变分布情况。

(六) 板厚方向性系数 板厚方向性系数, 也叫 γ 值。它是指板料试验拉伸试样中伸长达20%时所测得的宽度应变 ϵ_b 与厚度应变 ϵ_t 的比值:

$$\gamma = \frac{\epsilon_b}{\epsilon_t} = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{\ln \frac{t}{t_0}}$$

式中 b_0 ——变形前试样宽度, 毫米;

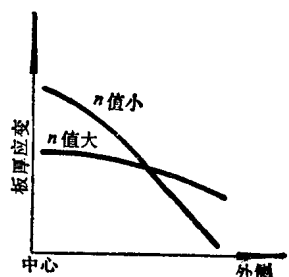


图 2-3 不同 n 值的板厚应变分布情况

- b ——变形后试样宽度，毫米；
 t_0 ——变形前试样厚度，毫米；
 t ——变形后试样厚度，毫米。

γ 值是1的材料叫各向同性材料。但一般金属材料的 $\gamma \neq 1$ ，这样的材料叫板厚各向异性材料。 γ 值大于1时，材料的宽度方向比厚度方向更容易产生变形，即厚度变薄量小。这样会使拉深毛坯中间部分起皱的趋向性降低，因此，有利于拉深过程的稳定和产品质量的提高。但这只是对于 n 值没有很大变化的软钢来说的。 γ 值和拉深性能关系极大，而对于 n 值变化大的有色金属来说， γ 值对拉深性能影响较小。

(七) 板平面方向性 ($\Delta\gamma$)

主要是在板料平面内不同方向上裁取拉伸试样，拉伸试验中所测得的机械性能、物理性能不一样。板平面方向性越大，拉深时的凸面越高，在成形时能引起毛坯变形的不均匀分布，降低了制件质量。

二、工艺性能模拟试验

(一) 冷弯试验

冷弯试验值是衡量钢板的塑性变形性能或冲压性能优劣的一个重要技术指标。它不仅衡量钢板塑性的好坏，而且还可以检验钢板表面质量的优劣。冷弯试验按国标GB232-63规定，将试样在万能机上作 180° 冷弯（图2-4），在达到标准规定的弯心直径后，试样不开裂即为合格。

冷弯试验值，采用 $d = 0, 0.5t, t, 1.5t, 2t$ 等来表示。弯心直径 d 越小，表明塑性越好。

实践证明，冷弯试验对冲压成形起着有效的指导作用。下面用汽车纵梁（16Mn热轧中板）的试验结果来说明冷弯合格率与冲压生产中的开裂率的关系。

纵梁开裂率比例随冷弯合格率的提高而降低。当冷弯合格率为100%时，大梁开裂率仅为8.8%（端部微裂）；当冷弯合格率降至17%时，大梁返修率也急增至83%。

又如车架中横梁，采用09MnRe热轧钢板，据统计，取样宽度 $b = 35$ 毫米作冷弯试验，

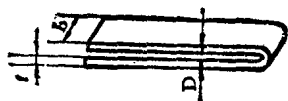


图 2-4 冷弯试验
 b —试样宽度； D —弯心直径； t —材料厚度

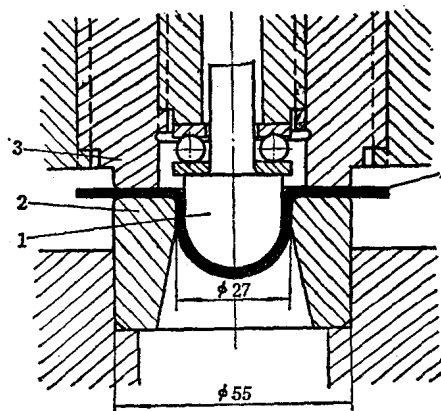


图 2-5 杯突试验
 1—冲头；2—凹模；3—压料圈；4—试样

当弯心直径 $d = 2t$ 不合格, 而 $d = 2.5t$ 合格时, 中横梁100%开裂; 当 $d = 2t$ 合格, $d = 1.5t$ 不合格时, 中横梁约50%开裂; 当 $d = 1.5t$ 合格, $d = t$ 不合格时, 中横梁约30%开裂; 而当其分别为 $d = t$, $d = 0.5t$, $d = 0$ 合格时, 中横梁小于1.5%开裂。这都说明冷弯试验结果对冲压件生产有很大的指导作用。

(二) 顶压试验

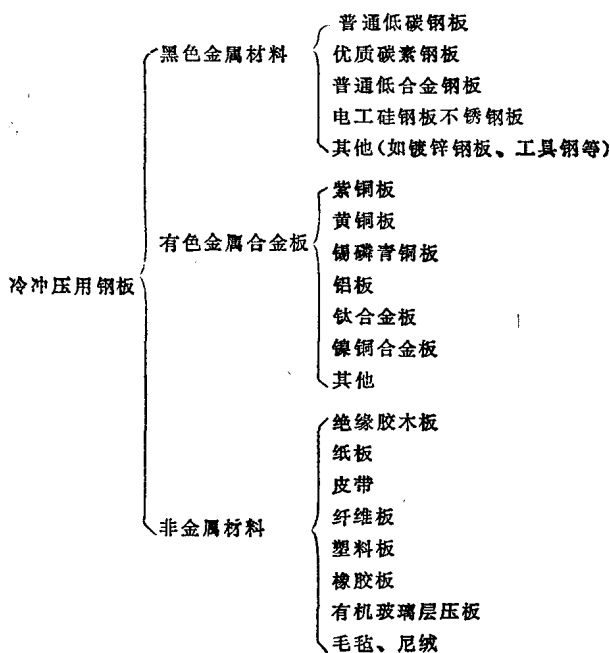
顶压试验又称杯突试验或胀形试验。这个试验的目的主要是为了确定板料对冲压成形工序和冲压性能要求的适应性。其试验装置, 如图2-5所示。

顶压深度(主要反映胀形类成形时的冲压性能, 不反映筒形件拉深性能)越大, 则表明冲压性能越好。

第三节 材料的种类和规格

用于冲压的板料种类繁多, 其品种、规格技术条件都已纳入各种技术标准中。纳入国家标准的叫国标; 纳入冶金部标准的叫冶标; 纳入生产厂标准的叫厂标。凡有特殊要求而又没纳入标准的, 使用单位可与钢板生产厂签定技术协议, 按协议要求执行。

冷冲压生产中最常用的板材种类如下表:



从工艺上看, 在冲压用的黑色金属材料中, 普通碳素钢无论是按机械性能供应的A类钢, 还是按化学成分供应的B类钢, 主要用于平板类制件或变形量小的简单制件, 其钢号按保证机械性能供应的有A1、A2……A7等。按证化学成份供应的有B1、B2……B7等。优质碳素钢板有08、10、15、20、25、30、35等, 低合金钢有15Mn、20Mn、25Mn等。普通低合金高强度钢板的特点是塑性好, 强度高, 主要应用于受力复杂的关键零件, 如汽车纵梁、横梁等。它不仅能提高零件寿命, 还能使零件厚度减薄, 使零件重量减轻, 从而节

省材料，降低产品成本。如某载重车纵梁原厚度为6.35毫米，采用16Mn后改为6毫米，每辆车可节约材料5.5%。现在某汽车车架总成上的冲压件已全部改用普通低合金高强度钢。目前应用的钢号有09MnRe、16MnRe、06Ti、10Ti、13MnTi等。

常用的电工硅钢有D11、D12、D21、D22、D31、D32、D41、D42。

从制造方法上看，钢板可分为冷轧板和热轧板。热轧板是坯料在加热状态下轧至所需要的尺寸。冷轧板是坯料在热轧状态下轧至一定厚度，然后再在常温状态下轧至所需要的尺寸。

轧制方式（冷轧、热轧、连轧、单坯轧制）对冲压性能有很大的影响。冷轧钢板受轧制条件的限制，一般都是薄钢板（ $t < 4$ 毫米）。它表面光洁、平整、厚度公差比较严格，在相同的拉深级别下，冲压性能比热轧钢板好。热轧钢板可分热轧薄板（ $t < 4$ 毫米）和热轧厚板（ $t > 4$ 毫米）。热轧板一般冲压前必须经过酸洗，以消除钢板表面上的氧化皮及铁锈。连轧钢板比单坯轧制的钢板有显著的方向性。平面方向异性钢板，一般纵向有较好的塑性。

从表面形状看，钢板可分为光面板和麻面板。在相同的技术条件下，麻面板性能比较稳定。

钢板是冷冲压使用最广泛的材料，其尺寸规格按国标(GB)、冶标(YB)规定。大量生产中使用的钢板，大多数根据工艺要求，用最佳的排样方案确定其规格尺寸，然后向钢厂专门订货。

钢带（卷钢）是钢厂或钢材中心制成卷料直接供应，或将卷料纵向切成一定宽度的钢带供应。

型钢是钢板轧成国家标准或按协议规定的特定形状供货。如汽车轮网及锁圈的毛坯便是钢厂以特定形状的钢板供应的。而其中以扁条料供应的又称扁钢，厚度多为3~8毫米的热轧钢板，其特点是两侧面呈圆弧状。

按冲压性能的高低可顺序为ZF→HF→F→Z→S→P→W级，ZF最高、W最低。ZF、HF、F适用特别复杂的拉深件。Z、S、P适用于一般复杂的拉深件。热轧钢板则分为S、P、W三级。

在冲压用的有色金属板材中，黄铜板的特点是具有良好的塑性，较高的强度，较强的抗腐蚀性和很好的焊接性能。常用的有H68（软的、半硬的、硬的）、H62（软的、半硬的、硬的）。前者适用于深拉深件，后者适用于冲裁件、弯曲件和浅拉深件。

紫铜板的特点是优良的导电性和导热性，较好的塑性，多用于电器零件，其牌号有T1、T2等。

铝板的特点是具有比重小、导电和导热性良好、塑性好、在水和其他介质中具有很好的耐腐蚀性等特点，广泛应用于航空制造、仪表和无线电工业中。常用的牌号有纯铝L2、L3、L5、LY12等。

冲压用板料的规格一般采用通用规格，按国家标准规定的尺寸范围订货。这样做有可能增加余料，使材料利用率下降。但如采用合理套裁排样，则可弥补这一缺陷。在大批量生产中，也可以采用专用规格，这样可提高材料利用率，但专用规格的价格略高于标准规格。在大量生产中，目前正在逐步广泛应用板卷料，冲压件生产厂根据工艺需要在开卷线上可得出任何规格或形状的毛坯。