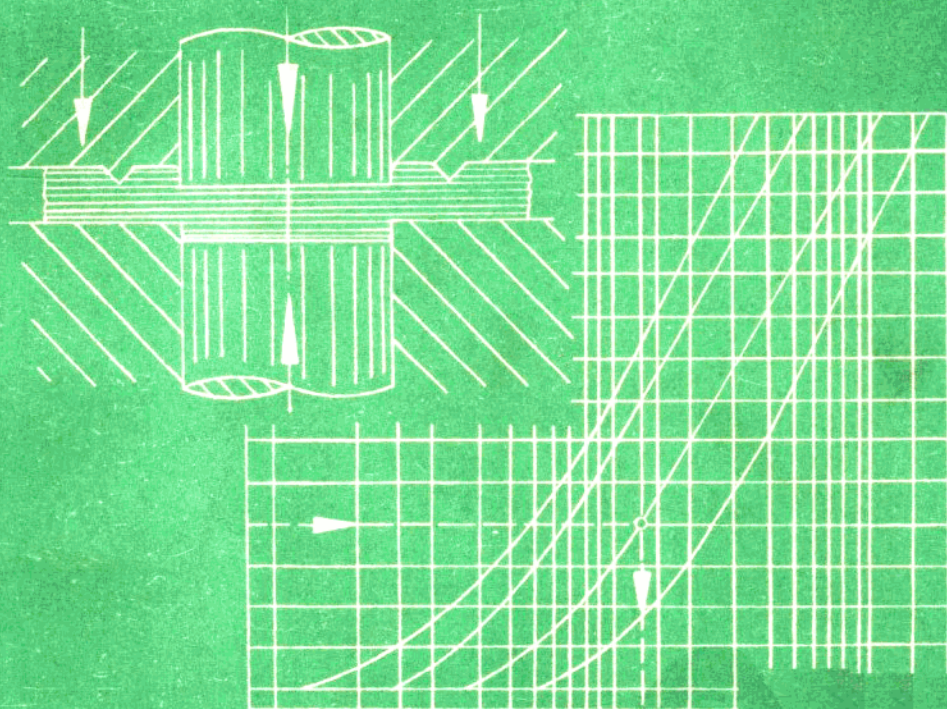


# 精密冲裁文集

(第二辑)



475

国家仪器仪表工业总局西安设计研究院

## 目 录

|                  |                                               |        |
|------------------|-----------------------------------------------|--------|
| 国内外冲压技术水平及发展趋向   | 西安交通大学锻压教研室 储家佑                               | ( 1 )  |
| 棒料轴向加压精密剪切的研究    | 西安交通大学锻压教研室 张子公<br>于德弘 陈金德<br>西安高压开关厂工具车间 唐兆钰 | ( 11 ) |
| 对精冲工艺若干问题的探讨     | 上海星火模具厂 邬学表                                   | ( 25 ) |
| 对向凹模剪切法          | 重庆大学 孙伦宝 邱忠义<br>大足汽车厂 邹泽荣 刘代福                 | ( 33 ) |
| 精密冲裁模            | 上海星火模具厂                                       | ( 42 ) |
| 0.3小模数精密片齿轮的精冲工艺 | 五机部六二所 许定亚<br>国营明光仪器厂 刘世芳 潘泽生                 | ( 56 ) |
| 简易压齿式精冲模         | 上海人民电器厂四车间技术组                                 | ( 67 ) |
| 摩擦片工艺改革          |                                               |        |
| 工艺试验初步总结         | 中国人民解放军第6410工厂 赵立功                            | ( 75 ) |
| 光洁冲裁模            | 西安高压开关厂 刘荣卿 林世德                               | ( 83 ) |
| 精冲润滑剂            | 一机部机械院机电所 袁庆祥                                 | ( 85 ) |
| 精冲压力机使用和发展的最近动向  | 国家仪表总局西安设计研究院<br>张正修                          | ( 89 ) |

### 动态报导

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 国内首创:哈尔滨仪表机床厂生产J12系列单柱活动台偏心压力机 | ( 10 ) |
| 国内第一家精冲技术服务中心                  | ( 24 ) |

### 小统计

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 1、国内仪表行业研试和使用精冲工艺的主要单位 | ( 92 ) |
| 2、国内已进口精冲压力机的主要单位      | ( 94 ) |

# 国内外冲压技术水平及发展趋向

西安交通大学锻压教研室副教授 储家佑

作为金属加工先进方法之一的冲压工艺，在国民经济和国防工业中占有重要地位。它已成为汽车、拖拉机、农业机械、电机、电器、仪表、电子仪器以及国防工业和轻工业中的主要加工工艺之一。近年来，随着生产不断发展和现代科学技术的迅速进展，冲压技术亦已提高到了新的水平。

目前，国内外冲压技术的水平和发展趋向可概括为以下几方面：

## 一、在成批大量生产中，冲压技术不断向高速化和自动化方向发展

五十年代以来，随着汽车工业生产规模的不断扩大，以及电机、电器和仪表等大量生产的工业正在增多。冲压生产的高速化、自动化便成了冲压技术发展的主要方向。国外实现冲压生产高速化、自动化的主要途径是：发展高速自动压力机和多工位压力机，应用机械手代替人工操作，采用冲压自动线。

发展高速压力机是提高冲压生产率的一个重要途径。普通压力机的行程次数只有几十次，上百次。目前，国外发展的高速压力机系列，小型的行程次数高达800~1000次/分，甚至有的高达1000~2000次/分，中型的达到500次/分。如西德舒勒公司生产的高速压力机，由50吨至315吨成系列产品，行程次数达600次/分。瑞士埃萨公司制造的40吨高速压力机，最高行程次数达1000次/分。美国明斯特公司74年研制的55吨高速压力机，行程次数高达1600次/分，75年又制造了27吨高速压力机，速度进一步提高到2000次/分。采用高速、自动、级进冲压，取消后续设备和“二次送料”，技术经济效益很高，一台高速压力机的生产率相当于5~10台普通压力机。

为了实现压力机的高速化，必须相应解决进出料、废料处理、模具寿命、噪音与振动等问题。这类高速压力机要求足够的刚度和精度，故以闭式双点结构为主。为了降低噪音和振动，都倾向于采用铸铁机架，而不是焊接机架；而且运动部件要求实现动平衡。由于这类高速压力机多采用高寿命的硬质合金级进模来冲裁电机定、转子和变压器硅钢片，模具间隙仅为0.02~0.03毫米。而普通滑动导轨，当行程次数为400次/分时，压力机滑块的水平偏移量就达到0.05毫米，已超过模具间隙。为了提高导向精度，国外采用直角形滚柱导向，当行程次数为400次/分时，滑块水平偏移量仅为0.015毫米。

另外，在高速自动压力机上，采用了美国弗格森公司研制的蜗杆凸轮—滚子齿轮作为间歇运动机构的辊式送料装置，它在行程次数高达1600次/分，送料速度120米/分时，



送料进距的精度可达 $\pm 0.025$ 毫米。而传统的辊式和钳式送料装置，当行程次数仅为200次/分左右，送料进距误差就超过 $\pm 0.1 \sim 0.4$ 毫米。用于大型复杂拉伸件的双动拉伸压力机，受到变形速度的限制，对深冲钢板一般拉伸速度需 $\leq 27$ 米/分，为了提高这类压力机的行程次数，国外重点是改进各种变速机构，使滑块空程向下和回程时快速移动，而拉伸成形时速度放慢。目前采用较多的是双速离合器和多连杆机构，其中多连杆机构尤为普遍。

国内电机、电器行业对发展高速自动机压力机很重视，上海跃进电机厂于73年制成了200吨高速自动压力机，行程次数可达200次/分，该压力机上亦采用了蜗杆凸轮—滚子齿轮传动的辊式送料装置。这台冲床只需1人看管。其班产量相当60人操作22台普通冲床班产量的1.5倍。上海继电器厂制造的15吨高速自动冲床，行程次数可达340次/分。另外，上海机床电器厂制造的XC—35型下传动压力机，行程次数为200次/分。但国内的高速自动压力机的行程次数还是偏低的，而且硅钢带料的生产还供不应求，有碍高速自动压力机的推广。对高行程次数的下传动压力机，由于移动部分（包括滑块，四个连接立柱和下梁）质量大，惯性效应会降低模具寿命，西德等国已不主张发展。

多工位压力机上可以进行多工序连续自动生产，生产效率特高，可代替几台甚至几十台单工序加工设备。如美国雪佛兰汽车厂采用2500吨和3000吨共14台多工位压力机代替88台普通压力机，用来冲压10多种不同的汽车悬挂零件。另外，多工位压力机只需1人看管，且可省去在制品的中间储存，大大减少了生产面积（其占地面积一般仅为自动线的 $\frac{1}{10}$ ）。由于这些优点，国外已在大量生产中得到普遍应用，现正向大型化、通用

化、高速化方向发展，其最大压力已达3500~4600吨，工位多达12~16个。此外，还发展了多工位液压机和多工位冷挤压力机。

到目前为止，世界上最大的多工位压力机是美国维尔森（Verson）公司生产的4600吨，三滑块（600，2000，2000），四柱结构型式，工位16个，工位间距为1000毫米。另外，西德舒勒（Schuler）公司，魏因加滕公司和日本会田公司，近年来都相继生产过多台3500~4000吨大型多工位压力机。

近年来，在生产中已开始使用加工能力很强的三维多工位压力机，使加工复杂零件的能力又提高到一个新的高度。如日本日立造船公司1977年制成了一台三坐标传送式多工位压力机，可用于冲压汽车门板，据称，它与由6台800吨机械压力机组成的中型压力机生产线具有同等的生产能力。

国内多工位压力机的制造开始不久，已制成40，100，125吨的，正在制造400，800吨的。另外，二汽从日本会田公司引进一台2000吨、8工位的多工位压力机，用于汽车刹车盘，离合器盖等零件的生产。

对实现全盘自动化，采用工业机器人（国内统称工业机械手）是一个重要手段。

自从美国联合控制公司于1962年制成第一台工业机械人以后，美、日、西德、英、瑞典等工业发达国家对工业机械人的发展十分重视。其中以美国最早，最先进，而日本从1967年开始引进美国的工业机器人技术后，在使用，普及方面发展速度最快。

据有关资料报导：1976年工业发达国家拥有工业机器人14000多台，预计到1980年

将达50000台。76年日本拥有工业机器人10000台,美国3000台,西欧1000多台(主要是瑞典、瑞士、西德、英国等),苏联300台。美国的工业机器人首先应用在汽车工业,以后推广到其它部门,主要偏重于冲压、锻造、压铸、注塑机生产中的搬运和上、下料工作。据统计,日本1973年有32%工业机器人用于冲压、锻造,32%用于切削、磨削加工,10%用于塑料加工,7%用于焊接,5%用于装配,2%用于热处理。电镀、压铸及检测各占1%左右。

目前,国外工业机器人主要是第一代产品,其中90%是点位控制。据估计,到1977年,可发展数字控制的带触觉传感器的工业机器人;到1980年将发展可遥控的工业机器人;到1985年将发展可根据周围环境自动协调动作(自适应式)的工业机器人;到1995年以后将发展智能机器人。

为了实现机器人的自适应机能和智能化,国外正在研究模仿人体内信息流,设计机器人的传感器,控制设备和传动机构。机器人通过各种传感器,如电视摄像管,传声器,热传感器、压力传感器等。使具有“视觉”“听觉”、“热觉”、“触觉”等,借这些传感器针对具体情况获得所需信息,交由计算机进行处理、判断,然后发出行动指令,使机器人作出最合理的动作。

美国曾用遥控机器人从海底打捞失落的氢弹,从月球上挖掘土壤样品。不久前,日本举行了一次机器人救火表演。另外,日本日立制作所的中央研究所已研制一台机器人,能识别图纸,并从一堆零件实物中辨认和抓取所要零件,按预定装配程序完成装配任务。

日本的金属冲压协会在1974年研制成功冲压用机械手,单台用普通数控,几台机械手与几台压力机连续使用时,则用一台小型计算机“群控”。日本某手表厂采用机械手实现表壳的冲压和精压工序的自动上、下料工作,料斗中的毛坯有正、反方向,当供料方向不对时,检测装置发出信号,机械手便将毛坯翻转到正确方位再送入冲模。

我国70年开始研制机械手,目前上海、北京、天津、辽宁和南京等地发展较快,已有一千余台,仅上海地区就有493台。据南京市机械研究所对南京41个工厂调查,已使用机械手的工厂有22个,共64台(其中比例最大的是冲压用机械手,共16台,占25%)。国内冲压机械手较典型的有:160吨闭式双点压力机上、下料直线电机机械手(上海电机厂)、315吨闭式单点压力机的上料气动机械手(上海先锋电机厂)和40吨双动拉伸压力机上、下料液压机械手(上海第二汽车配件厂)。其中上海汽配二厂的液压机械手采用了电液伺服阀,电位器反馈组成的电液伺服系统,基本上达到了稳、准、快的动作要求,定位精度达 $\pm 1$ 毫米(目前国外工业机器人的定位精度美国最高,可达 $\pm 0.1$ 毫米)。

对中小型零件的大量生产,总的趋势是尽量在一副模具(多工位自动冲模)或一台压力机(上述的高速自动压力机和多工位压力机)上完成。但对于大型或复杂零件,年产量在百万件以上时,则采用冲压自动线更为有利。在国外,大型薄板冲压自动线在汽车工业中已普遍采用,一般包括5~6台大型压力机,以及板料分离和送进装置、出料机械手、翻转装置、工件传送装置等组成。大型薄板冲压件的全自动同步冲压生产线只需1~2个工人看管,每小时可生产600~700件以上。西德舒勒公司的大型冲压自动线的

生产率高达900件/小时。国外许多公司,如日本小松、会田、西德舒勒、美国丹莱等公司均能为用户成套提供冲压自动线。冲压自动线中数量最多、水平最高的是车门冲压自动线。如小松公司的一条由六台压力机组成的车门冲压自动线,在2小时50分17秒中生产了车门内板2160件(平均每小时700余件),这条自动线仅由一人看管。

除了建立专用自动线外,国外还注意发展能生产各种零件、适应性较强的冲压自动线,这种情况常采用带活动工作台的压力机,以便缩短调整时间。如西德科隆汽车厂的一条冲压自动线,压力机全部采用活动工作台,全线调整时间仅45分钟,而一条普通压力机的冲压线,全线调整时间至少要2—4小时。

另外,国外正在研制具有自适应机能的工业机械人,以解决多品种,中小批生产的冲压自动线问题。

国内电机、电器及日用品工业中已建立若干条冲压自动线,如电机定、转子片冲压自动线,交流接触器铁芯冲压装配自动线,口杯冲压焊把自动线等。

在汽车工业中,除了已建成的灯壳冲压自动线外,二汽从西德引进一条开卷落料自动线。另外正在筹建三条大型冲压自动线,即一汽和二汽的两条轮辐自动线,和二汽的大梁自动线。接着,还要搞一条车门冲压自动线。

与冲压生产的高速化和自动化相适应,薄板冲压的卷料化也是确定的发展趋势。估计在工业发达国家的薄板冲压生产中,1990年卷料至少将占70~80%以上,而2000年甚至有可能达到90%。目前,美国各主要汽车厂,在所使用的3毫米以下的薄板中,卷料已占80%。西德本茨汽车公司的辛特劳恩厂,卷料化水平已达85%;法国雷诺公司的福兰厂和苏联的季哈乔夫汽车厂,卷料化水平达80%。而且卷料正向宽卷料方向发展,目前国外已在使用2.5米宽的卷料。卷料比同等规格的板料便宜10~20%,材料利用率比板料高2~5%,而且便于运输、保管和实现冲压自动化。

## 二、在新产品试制和小批生产中,工艺装备向简易化、通用化、万能化方向发展

从经济和速度快的观点出发,国内外在新产品试制和小量生产中,大力发展了结构简单、制造快、成本低的简易冲模,主要形式有:薄板冲模,钢皮冲模、橡皮或聚氨酯弹性体冲模、塑料冲模、锌合金冲模、低熔点合金冲模等。同时还发展了各种通用冲模和万能压力机,做到一模多用,一机多能。通用冲模有分解式组合冲模、积木式组合冲模、带磁性模座的通用冲模等。万能压力机有:自铸模双动液压机、数控冲模回转头压机和数控冲剪机等。采用这类简易、通用、万能的工艺装备,可大大缩短生产准备周期,降低模具费用,促进新产品的迅速发展。

如钢皮冲模采用淬硬的高速钢或弹簧钢皮嵌入木质模板的型槽中即做成上、下模刃口。这种简易模在美、日、英等国家应用较多,前几年美国统计,全国近十年内已有25万副钢皮冲模用于生产。近年来,我国已有一些工厂使用,效果良好。据上海电焊机厂经验介绍:一副钢皮冲模制造工时长能较正规钢模省87%,钢材节约98%,总重量减轻95%,成本降低85%。一副用于硅钢片冲孔、落料的复合钢皮冲模,一次刃磨模具寿命

可达25000件左右。

又如英国研制的Dualform (孪生之意, 即一次铸成上、下模两部分) 双动液压机 (即自铸模双动液压机), 于63年问世后, 便受到许多国家的欢迎, 这种万能压力机已销售到20多个国家。我国天津锻压机床厂和济南铸锻所于76年已制成160吨自铸模双动液压机, 上海锻压机床厂正在制造250~450吨自铸模双动液压机。这种压力机的特点是: 可在压力机上利用标准样模或样件直接铸出拉延用的一副相配合的凸、凹模, 并为本机成形冲件所用。模具由压力机工作台中主容腔内的低熔点合金 (铋58%、锡42%) 铸成。压力机设有熔化低熔点合金的电热器。这样制造模具周期短 (全部铸模时间约4~7小时, 一般铸铁拉延模要几个月做成)、成本低, 并且免除了模具贮存面积。在一批零件生产完后, 模具即可熔化, 模具材料和压力机可立即用于下一个零件的生产。

这种低熔点合金模具具有足够强度和硬度, 可用于0.5~3毫米厚的钢、铝、铜、不锈钢和钛合金等薄板冲压件的拉延或成形, 模具寿命可达3000件。我国中小批量的汽车、拖拉机工厂较多, 自铸模双动液压机很有推广价值。考虑到我国铋的产量少, 材料供应困难, 一机部铸锻所新近研制了少铋的Bi—Sn—Sb低熔点合金和无铋的锌基合金, 有利于低熔点合金模具的推广, 并能减少合金材料费用。

组合冲模具有减少模具设计、制造工作量, 提高劳动生产率, 节约大量模具钢材, 提高模具利用率, 减少存放面积等优点, 因此特别适用于多品种, 小批量生产。郑州纺织机械厂于1968年开始了组合冲模的试验研究, 至今已设计、制造了4000多件元件, 拼装了几千套 (次) 模具供应生产。现在该厂已有50%的冲压件利用了组合冲模, 冲模设计人员从10余人减至3人, 模具加工组由原35人减至10人, 模具存放面积亦大大减少。

为在多品种而批量不大的条件下提高冲压生产的经济效果, 国外发展了小型计算机数控的“冲压中心”。所谓“冲压中心”可在无人管理的情况下实现各种零件的自动冲压, 当一批工件冲满规定数量后, 立即按给定程序自动更换模具、材料和工件箱……, 并按给定数据自动调节送料装置和压力机的工作参数, 一个班可以加工多种零件。

### 三、为了取代切削加工, 节约原材料, 冲件正向精密化方向发展

金属加工工艺的发展趋向是: 毛坯精化替代常规切削加工, 切削加工进而朝超精加工方向发展。国外常以锻压机械的产量和拥有量在全部金属加工机床中占的比重, 和用于少无切削加工工艺的钢材总吨位作为衡量各国金属加工工艺水平先进性的重要指标。

今后20年锻压加工将要迅速取代切削加工。国际机械加工技术协会预测: “1990年50%的精密金属零件将用锻压方法制成” “2000年锻压加工和磨削加工相结合将取代大部分切削加工”。估计到2000年, 在中、小零件的大批大量生产中, 将广泛采用冷挤、冷镦、冷轧、冷辗、精冲、温锻、精密模锻以及超塑性成形等工艺 (其中有的和磨削相结合) 来代替绝大部分零件的切削加工; 而在中、小批量生产中, 则将采用超塑性成形和其它方法来取代一部分零件的切削加工。

冷挤压在所有锻压工艺中将得到最为迅速的发展, 不但正在逐步取代切削加工, 而

且要代替相当一部分模锻生产。

美国1975年冷挤压件产量已达到90万吨，预计1980年将增长到200万吨。目前国外已在使用5000吨冷挤压力机和4500吨冷挤液压机。苏联计划在1980年前研制4000吨多工位冷挤压力机。

我国的冷挤压设备的品种和数量有了较大的发展，已制成400吨齿轮偏心式冷挤压机，500吨卧式肘杆式挤压机，160吨立式肘杆式挤压机、2500吨冷挤压液压机和 $2 \times 250$ 活塞肖冷挤压自动机。

国外冷挤压工件的最大重量已达50公斤，我国挤压件的重量从几克到15公斤。

国内、外冷挤压用材料除了有色金属外，还能挤压低碳钢、中碳钢、高碳钢、低合金结构钢，以及不锈钢，轴承钢等钢材，甚至对工具钢和高速钢也可以进行一定变形量的冷挤压。自六十年代末以来，日本已研制出各种牌号的冷锻钢材，有碳钢、硼钢和铬钼钢等，都是低碳，低硅（ $\leq 0.05 \sim 0.1\%$ ）。美国也发展了用于冷锻的低碳钢（含碳0.5%以下）。这些冷锻钢材的塑性好，变形抗力小，对模具寿命有利，挤压前不必退火。我国近年来亦发展了具有良好成形性能的新钢种S10A、S15A，硼钢和变质铝合金160等。

挤压件的形状多种多样，据不完全统计，建国以来，我国国民经济各部门大约有一千种以上零件（不包括冷锻件）采用冷挤压方法进行生产。

冷挤压零件的表面质量十分良好，表面光洁度可达 $\nabla 6 \sim \nabla 10$ ，高的可以得到超过精磨而仅次于抛光的表面光洁度。冷挤压零件的精度一般可达GB3~4级，上海缝纫机零件五厂用冷挤压生产的缝纫机梭心套内孔公差可达0.015毫米。美国用冷挤压制造圆柱齿轮，轴向和径向公差为 $\pm 0.0025$ 毫米。

采用冷挤压工艺生产零件可以大幅度提高劳动生产率，节省原材料。如上海汽车附件一厂从67年以来，已用冷挤压代替切削加工生产40多种活塞肖近1000万件，节约铬合金钢1700余吨。该厂一台 $2 \times 250$ 卧式双动自动冷挤压机，按年产活塞肖300万件计，相当于30台车床和近100名工人的生产量。

国内外还重视发展温挤、静液挤压和高速挤压等，为进一步减少挤压力、提高模具寿命、扩大应用范围等方面开拓新的途径。

精冲工艺和精冲压力机将得到迅速发展，将在各种机械制造、仪表制造、电器电讯以及轻工、五金部门中大量取代金属切削件和某些铸件。东德人预测，1990年东德的精冲件产量在冲压件总产量中的比重将提高三倍。精冲压力机正向大型化、级进模化和高速化方向发展。今后将在一台压力机上实现精冲，压印和局部成形等工序。精冲的应用范围将进一步扩大，精冲压力机的主流是液压机，其中三动精冲液压机已发展到2000吨，正在研制2500吨级的。有的精冲压力机已实现了自动化和一人多机操作。目前国外最大精冲件为800毫米长，最大厚度已达25毫米，最大零件重量达25.5公斤，最小孔径 $d = 0.6t$ （ $t$ 为料厚）。目前，很多钢材和有色金属及其合金都可精冲，其中以低碳钢、黄铜，某些铝合金及部分不锈钢最为满意。典型的精冲件有齿轮、齿条、偏心轮、凸轮、触杆、棘爪等。精冲件切面光洁度可达 $\nabla 6 \sim \nabla 9$ ，尺寸精度可达GB1~3级。除了应用广泛的带齿圈压板的精冲法外，还有对向凹模精冲法、侧压式精冲法、复动式精冲



法、薄壁凹模精冲法等。

国内精冲工艺于65年开始试验研究,近几年来已在飞机、电子电器、仪器仪表、钟表、照相机、打字机等行业开始逐步推广应用。国内不少单位采用液压模架或碟形弹簧、聚氨脂等产生压边力和顶料力,在普通压力机或液压机上进行精冲。其中武汉长江有线电厂、天津105厂、哈尔滨量具刃具厂、星火模具厂等搞的较好,工艺水平与国外差距较小。但专用精冲压机刚开始试制,内江锻压机床厂和哈尔滨仪表机床厂分别制造了100吨和25吨三动精冲液压机。另外,我国一些单位还从瑞士等国家引进300吨以下的专用精冲压力机20余台,但尚未充分利用。

超塑性成形是一种省力和精密的加工方法,它具有大变形、无缩颈、小应力、易变形的特点,可收到节省材料,降低成本,提高工效,简化加工等显著的经济效果,为金属零件的精密成形开辟了一个新的领域。目前已有多种金属(或合金)具有超塑性加工的可能性,其中包括锌铝合金、铝合金、铜合金、钛合金、镁合金和某些黑色金属。在一定条件下,这些材料能呈现高达1000~2000%延伸率(一般金属材料的延伸率低于60%)的超塑性状态。国外采用超塑性成形技术用Zn-Al共析合金制成汽车车门和一些花纹精致的生活用具,用钛合金Ti-6Al-4V制成飞机的翼板,用高温合金IN100、Bl900制成尺寸精确的涡轮盘、叶片、甚至带叶片的整体涡轮。英国超塑性成形公司78年生产出叫“Supral”的超塑性铝合金薄板,制成大西洋赛车档板,比原来的铸件更经得起冲击。日本用Zn-Al<sub>22</sub>超塑性合金制造一个冲裁凹模只需3850日元(约合人民币38.5元),而用线切割方法以模具钢制造同样的凹模,却需要18300日元,贵4倍多。制造工时也由285分钟降至62分钟。这个超塑性合金制造的凹模可冲1毫米厚的炭钢件一万至几万件。

据估计,八十年代这一技术将趋于成熟,九十年代将得到普遍推广。国际机械加工技术协会预测:“2000年,25%的金属零件的成形工序将在超塑性状态下完成。与此同时,将发展一批以液压传动为主的、可以控制速度并附有加热装置的超塑性成形压力机。”

我国从77年6月召开第一次金属超塑性技术座谈会以来,不少单位已经进行了不少试验研究工作,并已取得了可喜的成果。

#### 四、为了解决高强度低塑性合金的冲压,发展了高能成形工艺

近年来由于喷气技术的发展,宇航事业的兴起,海洋资源的开发以及核能工程的建设,对材料的要求愈来愈高了。许多高强度合金及耐热合金零件,由于原材料强度高塑性低,已难于用一般冲压工艺加工,为了解决这个矛盾,50年代以来,许多国家,尤其是美国的研究和生产部门,发展了崭新的成形加工方法——高能成形。由于能源不同,高能成形又有各种不同方法,其中主要的有:爆炸成形、电液成形、电磁成形、气动高能成形等。目前用于高能成形的能源有三类:

第一类 化学能——炸药(高能炸药)、火药(低能炸药)或可燃气体。

第二类 电能——依赖于高压电容器短时、大电流放电所产生的电液效应和电磁效

应。

第三类 高压气体——高压气体(如高压氮气)突然膨胀,以很高的速度释放出巨大能量。

高能成形区别于普通冲压方法的主要特征是高速和高压。当爆炸成形使用高能炸药时的压力范围约为1000~7000个大气压(此处所指为贴模压力),成形时间属于毫秒量级。电液形成的压力最大约为7000大气压,作用时间属于微秒量级。电磁成形受设备限制,目前可达到的最高压力约为3500大气压,作用时间约为10~20微秒。根据电测或高速摄影的结果,爆炸成形过程中,毛坯的运动速度约在10~300米/秒之间,与普通锻压设备比较:机械压机为0.3~1.3米/秒,落锤3.5~5米/秒,高速锤最大速度一般不超过25米/秒。因此,高能成形的速度远远大于一般的压力加工过程。因为成形一个零件不管能量施加的方法如何,所需要的能量总是一定数量的。所以高能成形为研制重量轻、体积小、而功率大的锻压设备开辟了新的途径。

高能成形的特点是利用惯性力和集中能量冲击工件,因惯性作用能压实金属,阻碍其组织损坏,故能得到大的塑性变形,为高强度低塑性金属的塑性加工创造了有利条件。这种方法可用来成形高强度合金钢、不锈钢、钛及其合金,乃至铍、铌、钽、钨、钼、钨、钨、钨、钨等金属。国外已研制了爆炸成形机、电液成形机、电磁成形机、气动高能成形机,其中部分成形机已纳入生产线。如美国通用动力公司的通用原子分公司制造了一种Magne—form电磁成形机,借助于电平调节机构来控制磁场强度,可精确控制电磁力来成形各种导电性良好的中板和薄板制品。充电、放电全部工作循环为6秒钟。机器所需的模具简易价廉,并且采用快换线圈,使更换工件时的调整时间很短,电磁成形机用于拉延时,其生产率可达240件/小时,该设备可纳入生产线。目前电液成形机的最大容量是1000千焦耳。美国的电液成形机,每小时可生产球形接头240件,轻型汽车油泵零件900件。苏联基辅飞机制造厂的电液成形机能成形整流罩,油箱等类形状复杂并有局部加强筋的零件。英国用爆炸法生产出“土星”火箭上 $\varnothing 10$ 米的圆顶。1961年美国专业生产导弹及火箭发动机的瑞安航空公司,采用爆炸成形方法加工250种以上零件,当时成形的最大零件直径约2米。用于成形的材料达35种,其中包括铝合金、钛合金、耐热合金等。

我国从58年开始试验爆炸成形,目前,在军工产品和民用产品上获得较普遍应用。国内已用高能成形加工出 $\varnothing 3.8$ 米的大型扩压管, $\varnothing 2.6$ 米的大型封头, $5 \times 1.6$ 米<sup>2</sup>的平板件。对直径为 $\varnothing 600 \sim 700$ 毫米的胀形件,尺寸公差可控制在0.3毫米以下。制成的最薄零件厚度只有0.08毫米,最小零件直径只有十几毫米。另外,还制成了电液成形机,而且成功地制出了零件。用于高能成形的金属材料的品种也有了很大增加。

## 五、模具制造技术向高精度、高效率、高寿命、自动化方向发展

由于冲压生产的高速化、自动化、以及冷挤压、冷锻、精冲等少无切削工艺的迅速发展,对模具材料和制模技术提出了更多更高的要求。

为了提高模具寿命，国内外特别重视研制具有高耐磨性、高红硬性、高强度和高韧性的模具钢。其发展方向大致有以下几个特点：

1、改型和发展新型模具钢；2、引用超高强度钢；3、引用高温合金和难熔金属；4、利用真空冶炼和电渣重熔技术；5、采用制模新工艺；6、利用粉末冶金技术。

另外，还十分重视采用有效的热处理和表面强化处理工艺。其中主要方法有：真空热处理、气相沉积碳化钛工艺，渗硼工艺、渗钒工艺、渗炭化钨工艺、盐浴热浸扩散覆层工艺、离子氮化工艺和气体软氮化工艺。

硬质合金是当前最有效的高寿命模具材料，电机的定、转子冲片和变压器“E”形冲片在大量生产中普遍采用硬质合金冲模。此外，硬质合金还可用来制造高产量的弯曲模，拉延和冷挤、冷镦模等。它的寿命比钢冲模普遍提高20~40倍。国外，硬质合金冲裁模的寿命高达7500万次到一亿次以上。

美国还研制一种强而韧的超高强度钢——基体钢，抗压屈服强度可达285公斤/毫米<sup>2</sup>，这种材料制成的模具寿命比次好工具钢要高4—10倍。

我国近年来对基体钢的研制取得了可喜进展，如基体钢65N6(65Cr<sub>4</sub>W<sub>3</sub>Mn<sub>2</sub>VNb)、CG—2(60Cr<sub>4</sub>Mn<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub>WV)、60Cr<sub>4</sub>Mn<sub>3</sub>W<sub>2</sub>VAI等，均具有良好的抗回火性能，疲劳强度比一般高速钢为高，在冷、热态下使用，模具寿命均较W<sub>6</sub>Mn<sub>5</sub>Cr<sub>4</sub>V<sub>2</sub>、W<sub>18</sub>Cr<sub>4</sub>V或3Cr<sub>2</sub>W<sub>8</sub>V有较大幅度的提高。

国内硬质合金、钢结硬质合金、新型高速钢W<sub>6</sub>Mn<sub>5</sub>Cr<sub>4</sub>V<sub>2</sub>(相当于欧美的M<sub>2</sub>高速钢)，以及“节约镍、铬为主导思想”，适合我国资源情况的新钢种9Mn<sub>2</sub>V<sub>0</sub>Cr<sub>6</sub>WV、120Cr<sub>4</sub>W<sub>2</sub>Mn<sub>0</sub>V等正在冲模中推广使用。表面强化工艺在进一步提高模具寿命方面亦是富有成效的。如气相沉积碳化钛工艺，原由西德、瑞典在60年代初试验成功，气相沉积TiC工艺的涂层有很高的硬度(HV3000~5000公斤/毫米<sup>2</sup>)和很小的摩擦系数(0.08~0.10，而钢为0.7)，所以耐磨性很高，而且有很高的耐腐蚀性，在模具上沉积TiC一般可提高使用寿命5~10倍。我国70年代初由成都工具研究所、上海机制工艺研究所相继研究，取得了较好的成果。经上海螺帽一厂和上标三厂使用，沉积TiC的冷镦模具寿命达55~120万次，比原来提高7~10倍。又如，用于反挤压轴承内圈由GCr15制造的凹模，经渗钒后使用寿命可由原来的3万次提高到24万次。

工业发达国家，从模具的粗、精加工到装配和测试，装备了各种高效、精密的加工设备，基本上实现了机械化生产，并逐步向自动化无人操作方向发展。加工设备除有光学控制、程序控制的精密成型磨床、座标镗床、座标磨床、多轴成型铣床、三座标测试设备外，电火花加工、电解加工等电加工设备得到了迅速发展。如日本研制的电火花座标机床、工作台由滚珠丝杆传动，并用光学座标读数系统控制座标移位，精度可达±0.002毫米。为了精密地安装电极，节省安装时间，日本电加工研究所研制了一种电火花加工的电极光学定位装置，定位精度可达±5微米。为了实现电火花加工自动化，目前主要发展各种检测装置、适应控制装置、程序控制装置。有了这些装置机床能在事故发生之前检测出来，立即发出指令予以纠正，这样操作者在开始加工时，只要给定条件，随后由机床自动判断加工状况，经常保持最佳条件，进行稳定高效率加工，使加工达到自动化。日本已生产一种数控电火花机床，能自动换电极，自动定位，还有适应控制装置，

从开始至加工完毕都无人照管而按最佳条件进行加工，并在此基础上建立一条电火花加工自动线。国外数控线切割机床和光电跟踪线切割机床不少已设有间隙自动补偿装置和带切斜度的装置。

随着电子计算机技术的发展，近年来工业发达国家正在研究和采用从设计、制造和管理方面都使用电子计算机的全自动化加工系统，即模具的计算机辅助设计和制造CAD/CAM。计算机辅助设计就是用电子计算机作为信息处理手段，通过硬件和软件进行最佳设计判断、计算、实现综合设计。计算机对有关产品的大量资料进行检索，对有关数据和公式进行高速计算，计算结果以具体程序表达，给出各项技术文件，有的尚可通过草图或标准图显示，由设计人员用光笔和人机对话语言对图形进行修改，或制出供控制加工使用的控制带。计算机辅助制造就是生产人员借助计算机对模具制造实现监督、控制和管理，将CAD和CAM结合（称CAD/CAM）就是模具设计和制造联成一个统一的计算机控制系统，这是模具制造向自动化发展的有效途径。这将大大缩短从设计到投产的时间，提高模具设计与制造质量；简化模具设计和生产管理工作。现在美、英、西德等国家的重点汽车厂在设计、制造车身模具时已采用CAD/CAM技术，模具生产周期比过去提前2~3个月，凸凹模表面逼真精确，由于精度高，使装配与试模快而易，最后精加工时间可节省25%。

我国模具制造技术发展较快，电加工的应用不断扩大，数控线切割机床和光电跟踪线切割机床在全国都有采用，工艺逐步稳定，精度日益提高，目前加工精度约为0.015毫米，光洁度为 $\nabla 6 \sim \nabla 7$ ，一般生产率为20~30毫米<sup>2</sup>/分。有些厂已试制成间隙自动补偿装置和切割斜度的装置。国内有些厂在设计、制造新型的光学立式成型磨床；高精度平面磨床和加工多工位精密模具的座标磨床。这些精密加工设备的研制，定将促进我国模具制造技术的进一步发展。

### 国内首创

## 哈尔滨仪表机床厂生产—— ——J12系列单柱活动台偏心压力机

国产100吨以下的机械压力机以开式双柱曲轴压力机为主且多为J<sub>23</sub>系列的开式双柱可倾压力机。这类机械压力机的主要缺点除噪声大之外就是行程大而固定不可调、工作安全性差，操作不小心容易发生模具和人身事故。1980年以来哈尔滨仪表机床厂为适应国内仪表系统冲压行业的技术改造和设备更新，根据德国进口的单柱活动台行程可调偏心压力机，在国内首次设计和制造了国产J<sub>12</sub>系列单柱活动台行程可调偏心压力机。该机的主要优点是结构新颖、紧凑，工作台升降随时可调，行程大小可按需要调整，给模具设计、调校及操作都带来很大方便，操作使用十分安全。根据有关工厂多年使用进口样机的经验和实际统计证实，平均操作事故要比国产J<sub>23</sub>系列开式双柱曲轴压力机少70%以上。该厂目前已成批生产J<sub>12</sub>系列25吨、40吨两个规格，正准备试制6.3吨、10吨、63吨和100吨等各种规格的单柱活动台偏心压力机，配全系列，填补国内空白。

（国家仪表总局西安设计研究院工艺科）



# 棒料轴向加压精密剪切的研究

西安交通大学锻压教研室

西安高压开关厂工具车间

执笔：陈金德 唐兆钰 张子公 于德弘

## 摘 要

本文在试验的基础上，着重分析棒料轴向加压剪切的机理，提出了一些新的变形模式，它们能较好地解释轴向加压剪切中出现的许多现象及各个工艺因素的作用机理。同时，这些模式对于轴向加压剪切的进一步研究以及分析生产实践中出现的问题也是有意义的。另外，文中还列出了有色金属轴向加压剪切的试验数据和据此得出的实际结论，可以直接用于工艺实践。

## 一、引言

轴向加压剪切是高质量的棒料精密剪切工艺之一，一般认为特别适用于有色金属及合金；它可以获得几何畸变极小，没有断裂面，切面光洁度很高的毛坯（参看图1~3）。这种工艺最早由匈牙利Veres教授提出，并在日本、英国、加拿大等一些国家中得到发展应用，目前有关这方面的研究工作还在继续进行〔1〕〔2〕〔3〕〔4〕〔5〕〔7〕。

轴向加压剪切的机理和板料精冲有某些类似之处，一般认为主要是由于轴向加压提高了静水压力，改善了材料的塑性，抑制了裂纹的发生和发展，从而有可能使塑性剪变位延续到剪切的全过程，但是，除此之外进一步深入的理论分析还很少，因此，对于工艺实践中出现的许多现象及各工艺因素的作用都未能在理论上得到完善的解释。

近几年来，国外有些学者用视塑性法、滑移线法和有限元法对一般的剪切过程进行了研究，对其变形和切断机理有了进一步的认识，这些，对于分析轴向加压剪切也是有帮助的〔2〕〔3〕〔5〕〔6〕〔9〕〔10〕〔11〕。

我们对有色金属（铜、青铜、铝）的轴向加压剪切进行了试验研究。试验中得到的不同轴向压力下的部分毛坯样品如图1~3所示（图1的试样材料为紫铜，图2为锡青铜，图3为纯铝，试样排列顺序是：右边第一个试样为一般剪切，其余各试样由右向左予加轴向力逐步增加）。根据对剪切过程的外观观察，剪切面附近的金相组织剪切，硬度分布以及应力应变状态的分析，我们设想将整个棒料分为三个区域，其简化模式如图7所示，其中Ⅲ区是剧烈剪变形区，与它相邻的Ⅱ区是塑性变形区，更远一些的Ⅰ区是弹性变形区（注意：图中Ⅲ、Ⅱ区的轴向尺寸是夸大的，下同）。各区的变形特点各

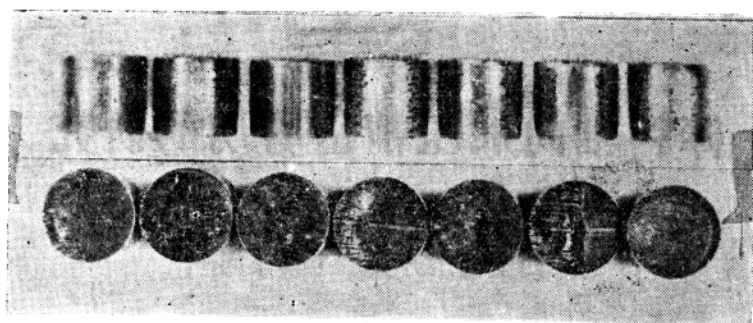


图 1

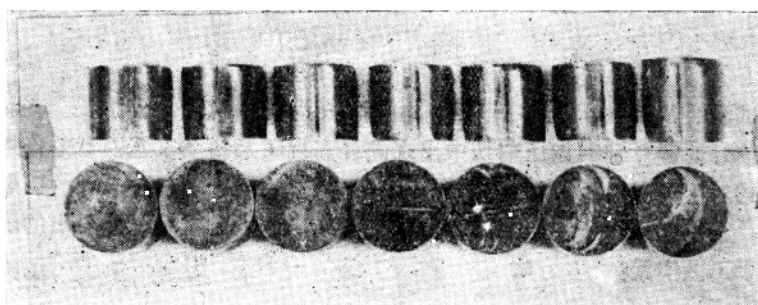


图 2

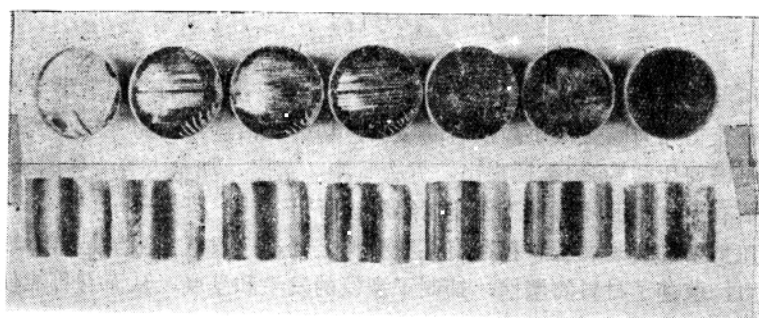


图 3

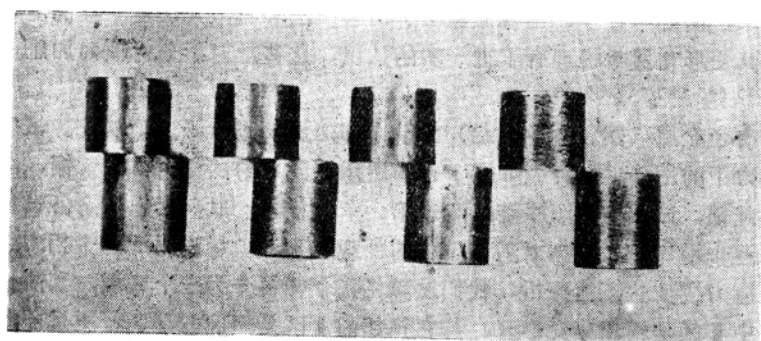


图 4

相同，对剪切质量的影响也不一样。施加的轴向压力对这三个变形区的形状、大小及应力应变状态都有显著的影响，从而改善剪切质量。这些问题将在第二节详细分析。

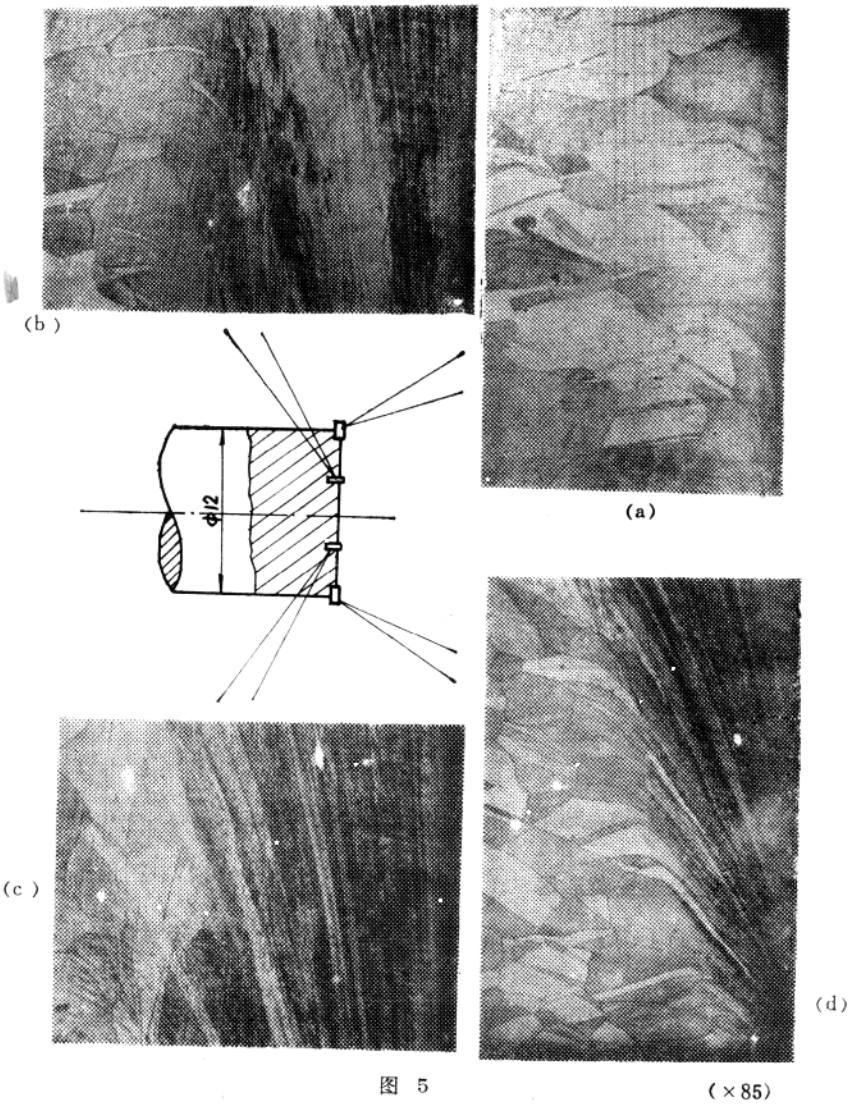


图 5 (×85)

本文中，有关剪切毛坯质量指标的符号如图 8 所示。质量指标主要有三个方面：

1) 断裂面积比  $A_r/A$  ( $A = \frac{\pi}{4}d^2$ ) ；

2) 几何畸变，这里主要指拉缩，其指标用  $m/d$  及  $l/d$  表示；

3) 剪切面倾斜度  $\varphi$  (应指出，轴向加压剪切和精冲一样，剪切面倾斜方向与一般剪切相反) 。

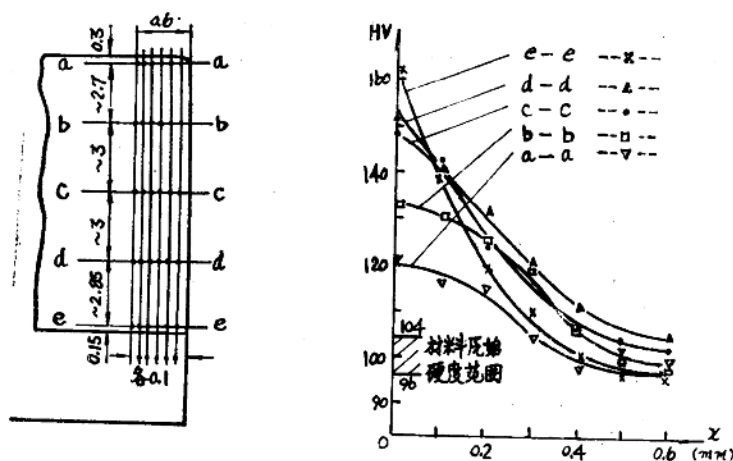


图 6

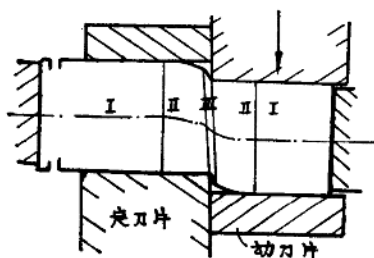


图 7

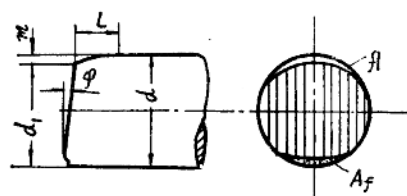


图 8

## 二、轴向加压剪切的变形分析

### 1、弹性变形区及塑性变形区 (I、II 区)

轴向加压剪切时的 I、II 区与拉缩变形有很大关系，所以从拉缩现象出发进行分析是方便的。

棒料剪切时，由于金属的连续性而产生拉缩，由此形成塑性变形区 II，该区沿垂直方向的变形为压缩变形而沿轴线方向的变形为伸长变形。如果是一般剪切，棒料轴向无约束，则该塑性区外侧的材料将作刚性移动，这部分材料即可看成是刚性区。J.oudin 和 Y.Ravalard 对矩形断面坯料（坯料厚度为一个单位）在平面应变条件下的一般剪切进行了视塑性研究，提出了图 9 所示的变形区模式<sup>(9)</sup>，其中 I 为刚性区，II 为塑性区。II 区的速度场可以近似表达如下：

在 BC 线上各质点沿 Y 方向的速度分量为：

$$\dot{V} = -\dot{V}_0 \left(1 + \frac{x}{b}\right)^2$$

