

高等学校教学用书

金属压力加工

上册

И. М. 巴甫洛夫 等著

冶金工业出版社

高等学校教学用书

金屬压力加工

上 冊

И.М. 巴甫洛夫 等著

冶金工業出版社

本書是根据冶金各專業（〔金屬压力加工〕專業除外。該專業学生參用本書可以對本書的基本課目得到一般初步的了解）的教學大綱，並考慮了金屬压力加工最新報道的資料編寫的。

本書也適用於其他專業的学生（机械師、電氣師、動力師等）以及對金屬塑性變形的一般問題和金屬压力加工的個別過程感到興趣的人。

全書分上下兩冊出版，上冊包括第一部分金屬压力加工原理和第二部分金屬压力加工工艺學的第一篇軋鋼車間設備。下冊包括第二部分的第二篇軋軋孔型設計、第三篇軋制生产工艺學、第四篇拉絲和擠壓過程和第五篇鍛造生產設備及工艺學。

參加本書翻譯工作的有北京鋼鐵工業學院的計偉志、張耘田、王殿儒、李連詩、鍾鴻儒、賀毓幸、黃貫林、李裕芳、溫金珂和穆承章。參加本書校對工作的有北京鋼鐵工業學院的鍾鴻儒、溫金珂、程榕南、李連詩、穆承章和王允禧。全書由鍾鴻儒和李連詩統一校訂。

И. М. ПАВЛОВ, Н. М. ФЕДОСОВ, В. П. СЕВЕРДЕНКО, И. Я. ТАРНОВСКИЙ,
Б. Л. ЛАНГЕ, Я. М. ОХРИМЕНКО

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

金屬压力加工（上册）編輯：叶建林，設計：趙香苓 責任校對：王蘭勳

1957年10月第一版 1957年10月北京第一次印刷 1800冊

850×1168·1/32·175,000字·印張 $7\frac{12}{32}$ ·插頁2·定價(10) 1.10元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0728

冶金工業出版社出版（地址：北京燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

上册目录

作者的話	6
序論	7
本書所采用的主要符号	18

第一部份

金屬压力加工原理

第一章 物体的形狀	20
第二章 金屬塑性变形的物理性質	24
1. 塑性变形机构；硬化现象—应变硬化	24
2. 再結晶和金屬热压力加工	30
3. 金屬成份、溫度和变形速度的影响	34
4. 变形过程与金屬状态的关系。金屬塑性的試驗方法	37
第三章 压力加工时物体形狀的变化	39
5. 体积不变方程式。变形大小的表示	39
6. 可能的变形方式	47
7. 均匀的和不均匀的变形	49
8. 塑性变形时的几何现象	54
第四章 金屬压力加工时的应力及其与变形的关系	57
9. 金屬的应力状态	57
10. 塑性方程式	64
11. 最小阻力定律	70
12. 物体的外部份对变形过程的影响。残余应力	70
13. 金屬压力加工时力的确定。金屬变形抗力。 工具的形狀	75
14. 用表面投影代替力的投影方法	81
15. 金屬压力加工时的变形功	85
16. 金屬压力加工时的摩擦	87

第五章 金屬压力加工过程的比較。鍛造和冲压的理論基础	91
17. 各种金屬压力加工过程的一般比較	91
18. 鍛造时的鍛粗	95
19. 鍛延	109
20. 穿孔	111
21. 在垫圈上鍛造	113
22. 鍛造机器—工具吨位的确定	114
第六章 軋制的理論基础	118
23. 軋入条件和軋制稳定过程的条件	118
24. 軋制时的縱变形	121
25. 軋制时的橫变形	125
26. 在有軋槽的軋輥中軋制	127
27. 軋制力	129
28. 軋制功	133
29. 橫軋与斜軋	135
第七章 拉拔和經過模孔挤压的理論基础	138
30. 拉拔过程	138
31. 力及拉拔的某些另外条件	140
32. 經過模孔挤压的方法和特征	142
33. 經過模孔挤压所需要的力	145

第二部份

金屬压力加工工艺学和車間設備

第一篇 軋鋼車間設備	146
第八章 軋鋼机分类	146
34. 对軋鋼设备提出的要求	146
35. 軋鋼机按用途分类	147
36. 軋鋼机按工作机座佈置分类	148
37. 軋鋼机按軋輥数目及其在工作机座中的放置分类	154
第九章 軋鋼机本身主要組合件之特性。軋鋼机座；	
齒輪机座；主減速机；連接機構	161

38. 軋鋼機主要組件及其用途	161
39. 軋輥	167
40. 軋制機座的機架	174
41. 軸承襯和軸承	180
42. 上輥的壓下和平衡裝置	182
43. 調整下輥位置和安裝中輥用的裝置。軋輥的軸向調整	189
44. 換輥的裝置	193
45. 齒輪機座	194
46. 軋機的主減速器	197
47. 連接裝置	197
第十章 軋鋼車間輔助機械	206
48. 輔助機械的用途、形式和構造	206
49. 剪切軋制品用的機械	206
50. 矯正用的機械	216
51. 盤條的卷線機和鋼板卷的卷取機	217
52. 冷床	220
第十一章 軋鋼車間運輸裝置	227
53. 運輸機的用途和形式	227
54. 縱向運輸設備	227
55. 橫向運輸金屬的設備	231
56. 升降軋件的裝置	232
57. 推床、翻鋼機和鋼錠小車	234

作者的話

本書是“金屬压力加工”專業以外各个專業的冶金大學生的教材，也适用于學習金屬热加工工艺学一般課程的大學生。

根据这样的目的，作者遵照了1950年6月2日苏联高等教育部批准的ГМ-41号教学大綱进行編写（該教学大綱的作者为烏克蘭苏維埃社会主义共和国科学院院士А.П.切克馬廖夫，責任編輯И.А.別尔林教授）。

本書中以及該教学大綱中对軋制作了最全面地介紹。这是因为在各个巨大的冶金工厂里都有軋制車間，並且軋鋼生产与煉鉄、煉鋼生产一样是基本的冶金生产过程。

从金屬压力加工的观点来看，軋制也具有其特殊的地位，因为鍛造、冲压、拉拔等其他的加工方式所需的金屬几乎全部都要先經過軋制。金屬压力加工的所有其他过程也按教学大綱的要求作了足够的闡述。

作者認為自己的著作中完全可能有遺漏和錯誤之处，因而欢迎並感謝各种批評意見与要求。В.И.扎列斯克教授領導的鍛造冲压教研組和苏联科学院通訊院士Иг.М.巴甫洛夫領導的軋鋼教研組全体同志（以約·維·斯大林命名的莫斯科鋼学院所屬的教研組）参加了审閱和選擇手稿的工作，特此致謝。

作者對本書的审閱者：烏克蘭苏維埃社会主义共和国科学院院士А.П.切克馬廖夫，技术科学博士В.С.斯米尔諾夫教授表示謝意。

序 論

在冶金工厂內所有熔鋼的75%以上都要經過軋制加工的事实已足以說明金屬压力加工在苏联国民經济上的作用。除此以外，部份鋼錠直接用於鍛造和挤压；其余的鋼水用於生产異型鑄件。

現有許多形式的金屬压力加工过程。而現在所要研究的正是为目前在工業上获得最广泛应用的那些最主要的加工过程。

軋制是金屬压力加工最重要的一种形式，軋制过程的方式如圖 1 所示。

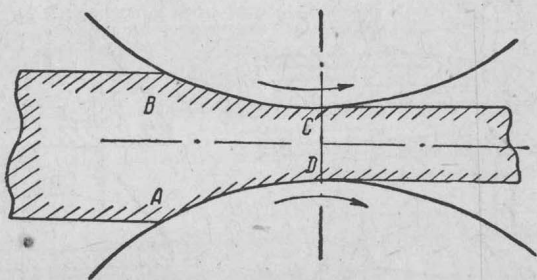


圖 1 在光軋上軋制的圖示

旋轉的軋軋借助於摩擦的作用，將軋件曳入由兩個軋軋所形成的軋隙 $ABCD$ 中。同時減小軋件厚度，而增加軋件的長度及寬度（一般在寬度上增加的程度不大）。

大量的圓形、方形和其他簡單形狀的斷面，鐵路運輸用的鋼軌，建築鋼材（具有各種不同斷面形狀的梁），鋼板，扁鋼和鋼帶，機器製造業用的複雜斷面型鋼（例如，汽車車輪，拖拉機履帶）及其他等都是用這種方法生產的。無縫管的軋制在苏联也得到很大的發展。

圖 2 所示為從實心圓坯獲得空心毛管的方法。軋軋使鋼坯呈螺旋形運動；並於坯料沿厚度受到壓縮的同時，也實現了金屬中部穿孔的準備。而穿孔本身是借助於頂頭 A （在頂桿 B 上）實現的。

鍛造和冲压也是金屬压力加工的重要形式。自由鍛造时借助於万能工具——固定在压力机或鍛錘上的錘头，进行坯料的压缩。而工具对坯料側表面的直接作用是沒有的（在自由鍛造时除去錘头以外，也可利用不直接固定在机器上的輔助工具）。自由鍛造的基本方式如圖 3 所示。自由鍛造时是使用軋制金屬（多用於鍛錘）或鋼錠（多用於压力机）作为坯料。在目前最大的鋼錠（达 200 吨或更大）的压力加工，只有用自由鍛造的方法来进行。

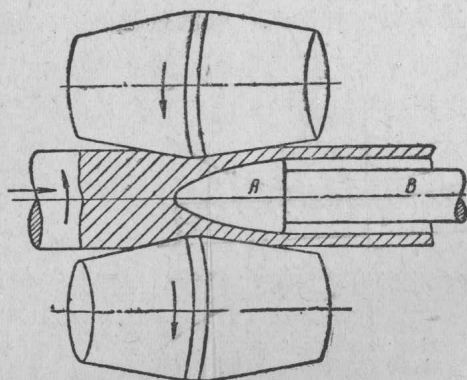


圖 2 在斜軋机上使圓坯穿成毛管的圖示

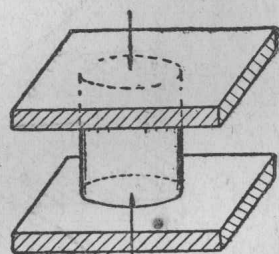


圖 3 自由鍛造圖示

冲压与自由鍛造的区别在于使用專門的工具——冲模。冲模常常具有極其复杂的形狀，它們是直接地放置或固定在机器上，並对金屬的側表面也起着作用。在压力的作用下，冲模的空間为金屬所充滿，因而得到所要求的形狀和尺寸的鍛件（圖 4）。

冲压金屬可以在热状态和冷状态下进行（热冲压和冷冲压）。热冲压所用的棒材多为圓形和方形。而在各种不同类型的冷冲压中，以板坯作为原料的板冲压为最普遍。但厚板坯的冲压也在热状态下进行。單个和小批的机器制造的生产是自由鍛造的特征；而冲压过程則是成批的和大规模的生产。

冲压广泛应用在机器制造业，特別是汽車拖拉机和航空工业，機車及机箱制造业，仪器制造业以及一系列的其他重要的工业部門。特別是板冲压，在日用品的生产中也得到广泛的应用。

(金屬器皿、匙子、汽爐、鐘表等的生产)。

其次，来研究金屬拉拔的方法（圖 5）。拉拔的實質，在於將已經軋成的金屬 A ，於特殊傳动裝置所产生的拉引力 P 的作用下，拉过模孔 B 。熱軋線材（也称作盤条）一般生产到直徑为 5—8 公厘。而再細的黑色和有色金屬線材則用拉拔的方法获得。線材用来制造在苏联国民經济中广泛应用的各种各样的制成品：各种电線、電纜、鋼繩、網、釘子、螺釘等等。

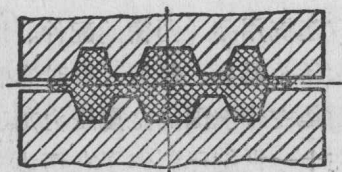


圖 4 齒輪冲压圖示

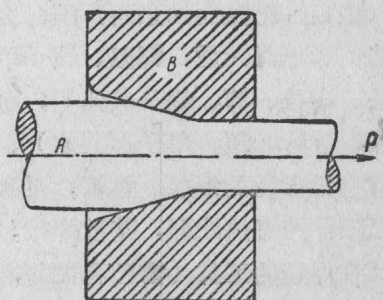


圖 5 棒材拉拔圖示

为了获得精确的尺寸、潔淨的表面和一定的硬化現象，棒狀的軋制品（圓的和其他形狀的断面）也进行拉拔加工。最后，大量軋制出来的鋼管經過拉拔，以改变其壁厚和直徑。

如果以压力 P 作用於封閉在筒 B （圖 6）內的鋼坯或鋼錠 A 的末端，則金屬將通过模孔 C 而流出得到模孔的出口断面的形狀。这样的金屬压力加工形式称为通过模孔的挤压。它們广泛地应用於有色金屬和合金的加工，而部份的用於鋼的加工。用通过模孔的挤压方法可获得各种不同断面形狀的棒材以及管子。

鍛造是金屬压力加工最古老的形式。原始形式的鍛造大約是与人类掌握金屬同时出現的。在古老的世界里（埃及、羅馬、东方的国家），除了各种鍛成的物品以外，所知道的尚有一些由錘扁的条材切成的产品和拉延的綫材产品（拉拔）。在黑海北岸古代游牧民族的異常細致的制成品的古物中間有着具有鍛制和拉拔的最微細部份的金珠宝首饰（藏于列宁格勒博物館）。在古老的

格魯吉亞，鍛造和拉拔的採用也是很著名的。古代的俄國，在日常生活中、在農業中以及作為武器用的物品中，都採用了鐵的和銅的鍛製品。俄國在第九世紀已經生產了鍛成的鐵鐮刀；而鍛制的大鐮刀的生產是在十一世紀〔17〕。鍛制的鋤頭、犁頭和斧頭的製造（耕耘土地、砍伐森林）更具有重大的意義。當時俄國軍人廣泛的使用鍛成的鐵制的武器，而與此同時盎格魯——沙克遜人還是利用石斧作為武器（於1066年在加斯金哥斯時的會戰）。用很高技藝鍛制的東西，不僅有古代俄國的武器（劍、斧及其他）、甲冑（盾、鋼盔、鎖子甲及其他）和手使的勞動工具（斧頭、鋤頭、剪、鋸及其他）；而且有建築用品（門窗的配件、柵欄、折葉、鎖、釘子及其他）、藝術品、器具、器皿（有時它們有非常奇怪的形狀）等等。更有趣的是古代俄國的金屬壓力加工已經伴隨有熱處理，甚致銲接。而在十一世紀已制作了切邊上具有焊鋼的工具（雷巴科夫著，“古老俄國的手工業”，1948）。

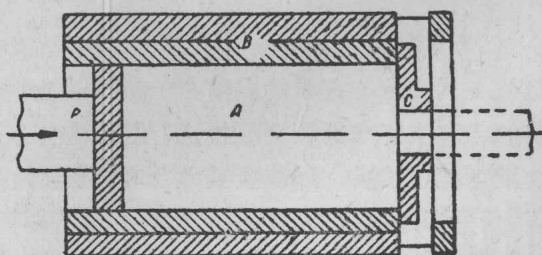


圖 6 通過模孔擠壓圖示

除了手工鍛造以外，在最古老的年代里就採用了在心棒（圓頂木塊）上以衝擊（打出）這種形式的板材的沖壓和後來的旋壓過程以及精壓、刻槽、等等。

在十二世紀就已經應用鍛造和沖壓等各種方法製造煮食物用的大鍋，煎熬食鹽用的鍋子，鏈條等等。在莫斯科近郊的都拉區制鐵手工業十分發達，那里的鐵匠們從古代就改善了自己的手藝，豐富了經驗。

從十七世紀建造了一系列制鐵工廠起，鍛造事業得到了很大

發展（都拉或果罗旬卡——1632年，科斯特羅馬——1644年，卡希拉——1653年，奧洛涅茨——1674年以及其他）。十七世紀在俄羅斯就有了軍火工廠生產鍛制的火繩槍和大砲，並大量供應國外〔18〕。這時期的鍛鐵場上已採用水車傳動的錘頭。在1700年一個俄國軍火匠Н.傑米多夫把軍火生產帶到烏拉爾，因而從那時起烏拉爾一帶制鐵工業就很快地發展了起來。

1800年開始在俄羅斯出現了熱模鍛（槍的零件），並且在十九世紀前四分之一年代的末期已經能模鍛出許多種可以互換的（標準的）槍上保險栓的另件，而當時國外只能模鍛槍上的扳機〔18〕。

鍛造和沖壓的進一步發展與鍛造，而尤其是沖壓製品種類的擴大、同樣構件需要量的增加以及較大尺寸鍛件的需求有着密切關係。自從出現蒸汽錘和空氣錘、曲拐壓力機、摩擦壓力機和水壓機之後鍛造手工業就轉變了曾經長期為輔助性和後備性的工業生產的道路。

偉大十月社會主義革命以前鍛造沖壓生產一直處在落後的狀態。

現在蘇聯建立了高生產率的、技術先進的鍛造沖壓生產，並且，缺少了鍛造沖壓生產那末任何的機器製造部門以及一系列其他工業部門都將不可想像了。

拉拔過程在很遠的古代就有所見聞。在一世紀里羅馬人就用拉拔的方法製造了細金絲、銀絲和銅絲。

古代俄羅斯在九——十世紀拉拔過程已稱著於世。並且基輔諾夫戈羅德、契爾尼戈夫以及其他城市的手工業者已經廣泛應用拉拔的方法製造有色金屬絲。隨後不久在俄羅斯就開始拉拔鐵絲了。當時拉拔金屬絲的設備是拉拔台，在拉拔台的一端固定有拉絲板，另一端裝有木絞盤，木絞盤的卷鼓上裝着拉拔用的鉗子。這種拉拔機用人工或馬來帶動。早在這以前就以人工直接通過小模孔拉拔金屬絲了。

十七世紀中葉在俄羅斯採用水力發動機傳動拉拔機。當時的

拉拔車間就有了鉗式的和鼓式的拉拔机床，並且在鉗式拉拔机上生产直徑8—9公厘以下的金屬絲，而在鼓式拉拔机上生产直徑2—2.5公厘以下的金屬絲。制造金屬絲的原材料是熟鐵坯料。十九世紀初由於發明了電報而增加了拉絲的需要量。由於發明了蒸汽机，就有可能制造用蒸汽机傳動的拉拔机床。以后就开始采用电动机傳動了。

虽然拉拔生产在俄罗斯發展很早但只是在偉大十月社会主义革命以后才得到了大力地發展，目前在苏联工業中拉拔生产已佔有显著的地位。

軋制的出現迟於鍛造和拉拔。

有关軋制文献最早的記載是屬於十五世紀的（列奧那尔多和文奇1495年合作的圖画）。在十六世紀曾軋制鉛扁条（作大風琴用的喇叭管和窗戶上的配件）以及在手工工作台上冷軋（展平）制造錢幣用的扁条。

后来出現了由馬來傳動和水車傳動的軋制机和“剪切”机。最初鋼板、型鋼和銅板都是用錘子鍛成的。用槓桿剪断机把金屬板剪成扁条和棒条，后来这工序用圓盤剪断机（剪切机）进行。圓盤剪断机是在十七世紀中叶發明的。棒条和金屬板的切边用於拉拔綫材。

俄罗斯最早的原始軋制設備出現於十七世紀，当时主要用於生产扁鐵和小型鐵。最早的軋机叫压軋机，用来压軋扁鐵。第一架板材軋机在1782年建於烏拉尔契尔莫茲工厂。然而有意义的是十九世紀初俄罗斯軋鋼車間的产品就已經供应世界市場，並且得到很高評價。例如軋制后經過錘击而制成的有名的烏拉尔屋頂鐵皮在質量上（抗腐蝕性）是無与倫比的。俄罗斯第一批鋼軌是於1843年在維克松工厂生产的。当时裝甲板只用錘子鍛，显然生产率極低。1859年軋鋼能手B.C. 比雅托夫軋出了第一批裝甲鋼板。1860年这个發明被送到英国去征求意见，得到了的是否否定的回答。但是1861年英国某一姓勃婁恩的人就是用这个方法第一个得到了生产裝甲鋼板的專利权。

俄罗斯冶金工業的巨大高漲开始於上世紀的九十年代，这首先与加紧建筑鐵路有密切联系，建筑鐵路需要有大量金屬制造鋼軌、火車头、車廂。在十年內（1890—1900年）共鋪設鐵路兩万一千俄里以上。

在这个时期出現了大批南方工厂，这与烏拉尔工厂的落后技术相比确是大大地前进了一步。

1913年鋼的生产量最大，当时在黑色冶金工厂已有300多个軋鋼机。但是每架軋鋼机的平均年产量只有一万二千吨左右；机械化程度極低，所有型钢和鋼板都用小鋼錠生产，因而生产率很低。

在第一次世界大战期間生鉄、鋼和鋼材的生产大大降低，而在外国武裝干涉和国内战争的年代里几乎全部停頓。

肯定了工業化對於苏联未来和建設共产主义社会的决定性意义之后，共产党領導了苏維埃人民沿着建設强大的生产生产資料的工業，尤其是建設黑色冶金工業和發达的机器制造工業的道路前进。

就在1928年鋼的产量就达到並超过了战前的水平，而在第二和第三个五年計劃期間黑色和有色冶金工業已有長足进步（1940年苏联生产的鋼材几乎比1913年多到五倍以上）。在上述几个五年計劃期間許多高生产率的軋鋼机都在那些巨大的冶金工厂里投入了生产；例如，馬格尼托高爾斯克、庫茲涅茨克、馬克耶夫卡和查波羅什鋼厂。

第二次世界大战中断了苏联人民的和平劳动，但是在东部建立起来的第二个煤炭和冶金工業基地，保證了全部的金屬生产。从南部轉移来的企業很快投入了生产，並且新的生产能力正在迅速成長。其結果有21架軋鋼机投入了生产。东部軋制品的产量增加了57%。

1946到1950年恢复和發展国民經济的五年計劃是黑色冶金工業繼續發展綱要的重要部份，計劃規定的一千七百八十万吨鋼材的产量，在1950年曾經超額地完成了。

在几个五年計劃期間与軋制生产發展的同时，金屬压力加工的其他方式，尤其是鍛造冲压生产也得到巨大發展。

建立苏維埃机器制造業的新部門，首先是重型和运输机器制造業、造船工業、汽車拖拉机制造和航空工業需要建造一系列用先进技术装备起来的巨大的鍛造冲压車間和工厂。在重型机器制造工厂（諾沃—克拉斯托尔斯克，烏拉尔机器制造厂以及其他），由於这些車間的建造保證了任何大型鍛件的供应。掌握了一系列新鋼种的鍛造法，提高了鍛件質量和精确度。

冲压生产由原始單槽冲压方法生产数量不大、加工留量多、公差大的簡單形狀鍛件的狀況轉到能大批和大量生产有精确度和光潔表面的鍛件和零件。

苏維埃科学在金屬压力加工方面有着丰富的历史。

偉大的俄罗斯学者 M.B. 罗蒙諾索夫曾經發表过關於金屬压力加工的有独創性的觀念。最初的軋制生产方面的巨大的科学研究工作是从俄罗斯开始的（И.А. 契梅著，軋制鋼軌鋼梁的自动试压試驗，1883年矿山雜誌第一期）。

对金屬压力加工方面的科学作过重大貢獻的俄罗斯学者有：Д.К. 契尔諾夫，Р. 統柯夫，А.П. 伽夫李連柯，В.Е. 格魯姆-格爾瑞馬依洛，А.Ф. 罗德捷維奇-別列維奇，Н.С. 維列沙金，Н.С. 庫爾納科夫，Н. 古托夫斯基，С.Н. 彼得罗夫，А.П. 維諾格拉多夫，А.Ф. 戈洛文，Л.С. 列依边左，К.Ф. 涅依馬依也尔，К.Ф. 格拉切夫，С.П. 波列茨金，Н.А. 索包列夫斯基，В.Н. 魯德巴赫，П.С. 依斯托明，П.Т. 叶美尔雅年柯，А.Е. 海因以及其他許多学者。

苏联所进行的深入和广泛的金屬塑性加工方面知識的巨大和有成就的工作与其他理論与实用科学的發展有密切的关系。苏維埃科学的第一个重要成就是它深入到与金屬压力加工有关的許許多多实际問題之中。

說明苏联金屬压力加工方面科学的現狀时还必须指出，就在不久以前各种不同形式的压力加工过程还在單独地进行研究而沒有总的理論分析。在頗大程度上苏联学者的著作証明了这些过程可以看成並非是彼此孤立的，而是同一个塑性变形过程在一定条

件下进行的个别情况。根据总的塑性理論的运用就有新的可能来进一步研究各种压力加工过程。

研究反应在各种压力加工过程中的个别条件使苏联学者能够深入發展关于这些过程的理論。

在軋制过程方面进行过大量的研究工作，而总的理論主要是苏联学者發展的。

苏維埃科学的巨大成就，尤其明显地表现在証实了軋制时实现超压縮的可能性和增加中間退火之間的总延伸量的可能性。

苏維埃科学在研究管子生产过程和与此相近的某些过程中所获得的成就具有重大的意义。在苏联所进行的研究和發表的各种著作中有关于斜軋和橫軋过程、自动軋管机上的軋制、皮尔格式週期軋制过程、焊接管成形、在压力机上挤压等方面的宝贵資料。

苏联在拉拔过程的試驗研究工作和拉拔理論的数学分析方面也有很大的發展。

根据塑性理論，在苏联最先研究了鍛造和冲压的基本过程，拟定了实际的計算方法以及上述各过程的許多个别情况的分析。

研究金屬在加工前、加工时以及加工后的状态方面苏維埃科学也获得了重大成就。要善於指出与所有压力加工方式有关的某些基本原理而不要停留在一些宝贵的个别結果之上。

第一个重要的結論就是关于根本沒有一种金屬具有完全稳定的性質（脆性或塑性），金屬的性質显著地随着加工条件的改变而不同的理論。这个結論促使我們探求各个加工过程的最有利条件和确定控制这些条件的一般規律。

过去旧的理論認為金屬的結構和性質仅仅决定於最后加工工序的条件，与这一旧理論不同的是，苏联的實踐数据証明必須把工艺过程相互联系起来进行全盤考虑。

現在苏联各工厂的共同特征是严格要求遵守規定的制度和全部生产工序的規程。綜合性生产工序的进行方式和工艺操作規程的拟制是極其慎重細致的，在这项工作中考虑到全部主要过程的

規程对成品質量的影响。

同时确定在某一定过程中金屬 **變形抗力** 的正确概念是具有巨大意义的，它是決定於許多因素的一个复杂的数值，變形抗力在不久以前还被許多人用来和强度極限相比拟。也曾使 **金屬可塑性** 的概念得到了明确，其意义就是金屬获得永久变形而不破裂的性能。有关这两个重要指标的試驗資料积累很多。

在金屬压力加工的許多情况下並非全部金屬同时受到工具的作用。在苏联最先注意到在工具以外的部份金屬（物体的外端）与处在变形区中的金屬之間的**互相作用**。許多現象和后果与該相互作用有联系，它們是分析各相应加工过程时所必須考慮到的。

有关不均匀变形的綜括性的分析是重要成就之一。曾对許多复杂的現象进行过研究，如：軋件受压缩程度不同的部份的相互作用，延伸的均衡問題，强迫横变形，等等。

由於有不均匀变形存在因而研究了金屬沿接触表面的滑动，並且与变形物体側边表面翻平現象作了比較。對於鍛造和軋制时工具与加工物体黏結的新問題所作的實驗与理論研究有極大意义，这样的研究在这些过程的原理中得到了反映。

苏联学者研究了在平軋上軋制时的横变形与縱变形以及在孔型中軋制时的各种复杂条件，这應該認為是一个長足的进步。

在建立应力与变形一般理論方面苏維埃科学也佔居首位。根据这个普遍的理論研究金屬在压力加工方面的各种理論問題也是很重要的。

同时應該指出具有相当的曲綫精确記錄的鍛造和軋制时接触表面上应力分佈的一系列的研究；在世界實踐中这些最先的研究也被推广到在孔型中的軋制，同时也曾研究了不均匀变形件条的影响。

對於变形功各种公式的綜合分析並作出总的結論以及部份的解答（其中包括从前某些有名的零星的公式）是一个有价值的成就。

應該指出由於确定了压力和功的問題，苏維埃科学在研究接触面上摩擦的現象和工艺滑潤的影响方面取得了巨大成就。也应