

科學圖書大庫

金屬成形加工

譯者 吳家駒

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

金屬成形加工

譯者 吳家駒

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 石開朗

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十年九月十四日三版

金屬成形加工

基本定價 ~~4.80~~
4.40元

譯者 吳家駒 國立同濟大學工學院畢業

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大原彩色印製有限公司 台北市武成街三五巷九號

電話 9271575
9271576
9221763

電話 3813998

序 言

經由計畫性均稱發展，國家經濟獲得成就，冶金工業亦隨之不斷成長，在各種工業中成爲重要之一環。

對品質及可信度作目標性之提高，以及經由製造方法之合理化，包括在製造作業中添加新穎設備，使冶金產品之供應可能性改善，下游工業之需求亦有增加。

達成此項效能，經常需要增加理工人員，使能有效解決工作過程以及工程作業等之合理化問題，並需要獲得新穎之器材，方法及科技資料。

“金屬成形加工”之刊行，不僅工程技術人員工作之參考書籍，亦且同時對有效作業形成一項正確基礎，並對工作改進及提高合理化提供基本知識。

書中含有對研究發展機構中廣泛範圍之共同工作人員，以及從事生產及有關人員所需之高深實用資料，並可作爲大專院校有關實用教育之良好教材。

將有關資料作統一命名，並說明其實質內容，能對冶金有關工作者有所助益，進而對國家經濟改進。

“金屬成形加工”經由概要之編輯及詳細指示有關之參考文獻，保證能得廣泛而有效之應用，作爲良好之參考資料。

Erich Morkowilsch

前 言

大量製造方法不僅應用於冶金工業，亦且進入於金屬加工工業中，形成合理化技術，因之除從事成形工程之工程師、會計師及研究員等需對各種作業方法或工藝技術作研究發展外，其他機械、儀器、調節等工程師亦應作相應之研究，常可作為原有專門知識之有關補充。本書依字母次序將內容廣泛之實用資料編成字典型式。（譯者註：譯本依其作業相關性分章編譯。）

考慮學識範疇中之結構，書中編列定義性條文 795 條，可能作為對概念及細節思考之參考資料。另有說明性條文 317 條，用以補充說明迄今尚乏標準定義之成形技術。

在已知工作領域中限定範圍甚為不易。軋壓技術或製管方法應用於不同之工作範圍，但其內容有相同或相類之形式，因之不作重複敘述。本書編印之基本前提為對專家學者快速提供確實資料，並對各名詞說明其意義。對特別問題之求解，可在每章之末摘錄之參考文獻中獲得詳細之有關資料。

本書為成形技術之參考資料，但同時亦為知識文庫，經由解答方法及解答研究，可成為創新之基礎。作者根據實際工作經驗，認為本書預計能對複雜而完整之作業在不同工程知識領域中顯示效果。同樣情形亦將對德國科技知識及社會發展之一般性工作有所貢獻。

德國 VEB 出版公司以能出版基本工業專門書刊之立場，向優秀求新之共同工作者誌謝。

編輯委員會

目 錄

第一章 塑性成形原理

功之方程式(1) 成形(1) 強度假說(2) Widmanstätten 組織
~ (2) 擠流定律(2) 變形(3) 變形功(3) 變形強度(5) 變
形速度(7) 變形溫度(7) 變形阻抗(7) 軋壓作業之變形阻抗
(8) 變形效率(8) 體積守恆定律(9) 畸變說(10) 冷間變
形(11) 結晶回復(12) 重結晶(12) 變形應力(13) 剪應力
說(13) 熔析(14) 組織定向(14) 熱間變形(14)

第二章 軋壓技術

- 2-1 軋壓製品..... 16
帶鋼(16) 亮鋼料(16) 鋼皮(16) 鋼軌(17) 再加工製品
(18) 型鋼(18) 半製料(19) 冷間軋壓之帶料(20) 輪圈
(20) 特型料(20) 桿鋼(21) 輕型型鋼(22) 鋼管(22)
軋壓鋼線(23)
- 2-2 基本原理..... 23
高度縮減(23) 高度縮減係數(23) 有效軋輥直徑(23) 成件率
(24) 熱間軋壓加寬(24) 熱間加寬計算方程式(25) 直接壓力
(28) 壓縮(28) 軋壓入軋條件(29) 面積縮減(30) 擠流限
界(30) 軋壓受壓面(30) 軋壓受壓長度(30) 間接壓力(31)
不規則環槽(31) 軋壓方法(31) 延伸率(32) 規則環槽(32)
熱間軋壓之摩擦係數(32) 延伸(33) 超前(33) 環槽型穴中變
形過程(34)
- 2-3 熱間軋壓..... 35
2-3-1 半製料及型料軋壓..... 35
八角形環槽(35) 大胚軋壓設施(35) 型穴斜度(40) 自動化

(40) 接觸長度(41) 帶鋼軋壓環槽(41) 圓形-蛋形環槽(42) 斷面受壓不均之影響(43) 鋼筋(45) U形鋼軋輥環槽(45) 胚錠(49) 扁胚軋壓設施(49) 箱形環槽(51) 寬緣型料軋壓設施(56) 塊胚軋輥槽成形(57) 錯縱軋列(59) 物料管制(60) 對角分界環槽成形(61) 雙T形軋輥環槽成形(61) 線材軋壓機組(63) 線材環槽成形(65) 線材軋壓設施(66) 扭紋(69) 三角形環槽成形(69) 方形-蛋形環槽成形(69) 扁鋼環槽成形(73) 三重式單槽延壓製造流程(76) 單槽延壓機(78) 廢頭(79) 連續軋壓設施(79) 精鋼軋壓設施(80) 完成軋壓機(84) 完成延壓(84) 預軋壓軋列(84) 基準長度(85) 火焰噴吹(85) 凸緣型料環槽成形(86) 型條環槽成形(87) 手工自由軋壓(88) 疊合軋列(88) 閉合環槽(89) T形環槽成形(89) 環槽成形圖解法(90) 粗鋼軋壓設施(91) 最大出現數(92) 軋壓設施組列(92) 半圓形環槽成形(99) 預軋壓環槽成形(99) 半製品軋壓設施(99) HV排列系統(100) 環槽(100) 環槽型穴(100) 環槽成形(100) 熱間型面(100) 小胚軋壓設施(100) 輕型型料環槽成形(100) 批量(100) 多條軋壓(100) 多列軋壓設施(102) 多桿軋壓(102) 多目標軋壓設施(104) 最大寬度法(105) 製造公差(106) 帶鋼軋壓設施(106) 中料軋壓設施(106) 中立線(110) 上壓力(110) 最佳軋條分段(110) 周期變化型面(112) 行星式軋壓設施(114) 塊胚軋壓設施(114) 拋光延壓(114) 型面各部成形作用(114) 型料軋壓設施(114) 軋列之製程控制(115) 製程計算機(116) 軋列程式控制(117) 方形環槽成形(118) 橫向擠流(119) 環隔(122) 菱形環槽成形(122) 菱形-方形環槽成形(125) 逆轉式軋壓設施(127) 有槽軌條環槽成形(127) 環結形成(127) 圓形環槽成形(127) 去角圓弧(130) 假式連續軋列(130) 軋條環槽成形(130) 衝擊(130) 細軋延壓(130) 迴環(131) 迴環計算(132) 連續軋壓之滑行(135) 蝶式環槽成形(136) 劈入環槽(136) 樑條熔接製造設施(136) 六角形環槽成形(136) 特型型料環槽成形(136) 特型型料軋壓設施(136) 振動(138) 桃形環槽成形(139) 樑板環槽成形(140) 軋桿區隔時間(140) 延壓(140) 延伸環槽系列(140) 軋壓能

量(141)	樑條軋列(141)	三重式軋列(141)	重設置(141)
重調整(141)	循環軋壓(142)	泛用行星式軋壓設施(142)	向上壓力(142)
四軋輥制(142)	預軋壓機座(143)	預延壓(143)	軋輥磨損原因(143)
軋輥分界線(143)	軋壓作業(143)	鑲環軋輥(143)	輕型半製品軋壓設施(144)
熱間儲存(145)	交變二重式軋列(145)	角料環槽成形(145)	拉裂(147)
Z形型料環槽成形(147)	熱間軋壓之引拉(147)		
2-3-2	板料及寬帶軋壓	148	
扁胚(148)	雙層摺疊(149)	砂鋼皮(149)	細軋薄板軋壓
(150)	細軋薄板軋壓設施(151)	粗軋板料軋壓(153)	粗軋板料軋壓設施(154)
疊合軋壓(155)	薄板膠合(155)	細軋板料冷軋軋軋壓法(156)	中間厚度差(156)
層板(156)	板邊綳折(156)	毛板(157)	Steckel軋壓設施(157)
胚條(158)	板胚(158)	熱軋寬帶之軋壓(158)	熱軋寬帶軋壓設施(159)
細軋板料熱軋軋軋壓法(161)			
2-3-3	精煉鋼之軋壓	162	
精煉鋼(162)	精煉鋼軋輥環槽成形(162)	精煉鋼軋壓設施(162)	精煉鋼成形狀態(163)
2-3-4	軋壓件疵病	163	
再熱疵病(163)	胚件疵病(164)	退火疵病(164)	廢邊(165)
軋壓疵病(165)	軋壓件疵病(166)		
2-4	鋼及非鐵金屬之冷軋成形	166	
軋輥變平(166)	去角成弧(167)	冷軋帶料之軋壓(167)	帶料拉力(169)
帶料軋壓之絞盤質量(170)	有色金屬之軋壓(170)	箔(171)	冷軋帶料軋壓設施(172)
冷間軋壓率(173)	輕金屬之軋壓(174)	軋出稜線(175)	非鐵金屬之軋壓(175)
軋輥斜凹(176)	尖角形成(177)		
2-5	原始成形及特殊軋壓方法	177	
電解製箔(177)	鑄造軋壓(177)	Hazelett-擠鑄法(178)	液態冶金(178)
Grah鑄式軋壓設施(178)	十字頭式軋壓設施(179)	粉末冶金製件軋壓(179)	輪箍軋壓設施(181)
車輪軋壓設施(181)	搖滾軋壓設施(181)	軋壓寬帶之特殊軋壓設施——由鑄環成形(183)	擠鑄法(184)

2-6	橫向軋壓及鍛造軋壓.....	186
	橫向軋壓(186) 直線運動成形軋軋之橫向軋壓機(187) Holub 橫向軋壓機(187) 製造車軸之橫向軋壓機(188) 肋管(189) 鍛造軋壓(189)	
2-7	冷軋型料.....	193
	冷彎型料(193) 冷間型料成形(193) 冷彎型料成形設備(194) 冷彎型料成形法(194)	
2-8	軋壓設施之機具.....	194
2-8-1	軋壓機座及其構件.....	194
	軋軋調整(195) 軋壓機座之指示裝置(196) 安全墊機(196) 壓力軸桿(197) 組合安裝件(198) 環節連桿(199) 平衡機 (199) 軋列主驅動元件(200) 鑿合軋壓機座(201) 側轉器材 (202) 傾側機座(202) 連接軸桿(202) 底板(203) 軸桿座 架(203) 迴環導承(203) 移動桿(204) 預力軋壓機座(204) 軋壓操縱機構(204) 機座中軋軋組列(205) 軋軋塔敷(207) 軋軋應力(208) 軋壓機架(208) 軋軋調換器具(211) 軋軋材 料(212) 軋軋軸頸軸承(214) 軋壓機座(216) 軋壓設施用聯 軸器(216) 軋壓軋軋(217) 傾側升降台(219)	
2-8-2	軋壓軋列之驅動.....	218
	比功(219) 轉動力矩(219) 有效力矩(221) 單獨驅動之連續 式軋壓設施(221) 集合驅動之連續式軋壓設施(222) 重疊式變速 機構集合驅動之連續式軋壓設施(222) Ilgner 換流機(223) 功 率-時間圖(224) 汞整流器(224) 飛輪(224) 雙動驅動(225) 軋軋驅動電動機(226) 軋壓力(226)	
2-8-3	軋列內機械器材.....	227
	冷卻(227) 推移器材(227) 校正器材(228) 推出器(228) 帶料絞盤(228) 板料摺疊機(229) 翻板機(229) 大胚切割機 (230) 大胚迴轉器材(230) 大胚推壓器(230) 大胚傾側器 (230) 大胚拉出器(231) 高壓噴水設備(233) 軋壓件成品儲 整(233) 斷裂原因(234) 線材盤圈機(233) 廢邊校正機 (234) 絞盤(234) 軋壓工場補助機組(237) 地面輸送帶 (238) 起重機(238) 圓刀剪機(238) 冷卻架, 熱件架(238) 修整(240) 校正(240) 校正機(241) 滾子輸送帶(241) 鋸	

機(242) 剪機(243) 肘柱滾子台(244) 地下輸送帶(244)	
2-9 軋軋加工.....	244
弧面磨削裝置(244) 車刀(244) 環槽車床(245) 盒形刀架	
(245) 爪形刀架(245) 夾緊刀把(245) 靠模車床(245)	
靠模抵觸裝置(246) 靠模裝板(246) 層疊刀架(246) 扶架	
(247) 車床床面(247) 數值制御車床(247) 圓頭車刀(247)	
平面夾盤(248) 尾座平面夾盤(248) 棘輪進刀機構(248) 軋	
軋車削用模板(248) 粗車車床(249) 承座(249) 車床車頭變	
速箱(249) 車床尾座(250) 車刀接架(250) 車刀架(250)	
軋軋車床(251) 軋軋磨床(252) 軋軋圖(252)	

第三章 無縫管

3-1 無縫管.....	253
錐軋軋壓設施(253) 錐盤軋壓設施(254) 衝底壓床(254) 軋	
肩軋壓設施(254) 轉盤導承軋壓設施(254) 心軸(255) 三軋	
軋孔設施(255) Kock-三軋斜式軋壓設施(255) Ehrhardt-	
衝孔壓機(255) 筒形胚料(255) 筒胚壓機(255) 軋光段	
(255) 軋光軋壓設施(255) 筒套(256) 定心軋壓機座(256)	
定心壓機(256) 杯形軋軋錐形成孔機(256) 連續管料軋壓設施	
(256) 管料軋壓設施用模尺(259) 衝孔衝頭(259) 衝孔壓機	
(259) 成孔軋軋(260) 成孔軋壓設施(261) 鬆脫軋壓設施	
(261) 管胚(261) 定寸軋壓設施(261) 特細管(262) 凸輪	
軋壓設施(262) 鍍包管(262) 斜式軋壓設施之橫擠段(263)	
縮減軋壓設施(263) 製管之研究試驗(265) 製管法(267) 製	
管用衝擠模(267) 反向軋軋(267) 錐盤裝置(267) 離心鑄管	
(267) 斜式軋壓設施(268) 軋肩軋壓設施(270) 瑞典式軋壓	
設施(270) 錐盤軋軋軋列(270) 衝擠機(275) 衝柱(276)	
衝桿(277) 衝柱軋壓設施(277) 延伸軋壓設施(279) 圓槽軋	
壓設施(279) 熱間凸輪軋軋軋壓設施(280) 套箍軋軋(282)	
管壁偏移(282) 熱擠製管(283)	
3-2 有縫管.....	283
火炬熔接前之帶料加熱(283) 熔接製管前帶料預加工(283) 電	
子輻射熔接製管(283) 電熔接製管(283) 火炬熔接製管(284)	

電熔接製管 (285)	熔接管之環槽成形 (286)	熔接管之後接加工 (286)	有縫管 (286)	管熔接設備 (286)	管之熔接 (286)	離縫管胚 (287)	管熔接法 (287)	螺旋接縫熔接法 (287)	對頭熔接製管 (287)	電阻熔接製管 (287)	
3-3	冷加工管										287
	冷鍛製管 (287)	冷間凸輪軋軋軋壓設施 (287)	冷間擠拉製管 (290)	酸洗處理 (294)	精密鋼管 (294)	型管 (294)	製管行星式軋壓設施 (295)	冷間軋壓製管滾柱式軋壓設施 (296)			
3-4	製管修正設施										299
	配件 (299)	接套螺紋切削機 (299)	迴轉校正頭式校正機 (299)	管切割機 (299)	管端銑床 (300)	管螺紋切削機 (300)	管拋光機 (300)	管檢驗機 (301)	管校正機 (301)	管研磨機 (301)	
	管之結合 (302)	管結合件 (302)	製管修正設施 (302)	斜式軋軋校正機 (302)							

第四章 · 鍛與壓

4-1	自由鍛										304
	鍛件冷卻 (304)	鍛縮 (304)	軸頸鍛製 (305)	瞬間形狀 (305)	鍛製成件量 (305)	鍛件胚料 (305)	鍛件加工放大量 (306)	鍛寬 (306)	鍛件燃燒切割 (307)	偏析 (308)	電熱頓粗 (308)
	精密鍛製 (309)	鍛屑 (310)	除屑處理 (311)	成形序列 (311)	自由鍛件 (314)	自由鍛 (315)	自由鍛製肩階軸 (315)	自由鍛用手工具 (316)	鍛切 (316)	鍛製中空圓筒 (317)	衝孔 (317)
	量板 (318)	試料 (318)	平衡接桿 (318)	鍛製環件 (319)	胚料質量 (321)	砧塊 (321)	鍛製盤件 (322)	光鍛 (322)	鍛胚 (322)	鍛製空心軸 (323)	十字形鑄裂 (323)
	鍛件 (323)	鍛製 (323)	鍛件疵病 (323)	鍛製溫度 (324)	鍛製用材料 (324)	鍛工用鉗 (325)	鍛製桿件 (326)	頓粗 (326)	延伸 (326)	鍛件扭轉 (327)	鍛製變形率 (328)
	中間形狀 (329)										
4-2	模鍛										329
	廢邊切除 (329)	廢邊切除工具 (331)	鍛製完工溫度 (332)	鍛模強度 (332)	鍛模準確度 (332)	開敞式鍛模 (333)	鍛擊面 (335)	模鍛件胚料 (335)	鍛模製作基準線 (335)	彎曲 (335)	

(412) 鍛擊壓機(412) 鍛鎚機(413) 鍛工用起重機(413)
鍛機(413) 螺桿壓機(414) 衝壓桿(416) 輸送帶(416) 操
作裝置(417) 雙手操縱開關(417) 雙機架自由鍛鎚機(417)
雙機架上壓鎚機(418) 精鍛機(420)

第五章 亮鋼皮及鋼絲之延拉

電樞捆帶紮線(423) 尖端機(423) 延拉件彈性變形(423) 延
拉工具開孔擴大(423) 延拉發熱(423) 亮鋼材之製造(423)
延拉工具之開孔(426) 碳化硼(426) 盤元(426) 線規(426)
線材校正機及切切斷機(426) 盤之紮緊機(426) 線材熔接機
(426) 線材絞盤機(426) 線材延拉機(426) 擠壓孔件(429)
衝擊機具(429) 始延拉鏈條(430) 彈簧鋼絲(430) 起重鋼纜
用線(430) 型線(430) 反拉(430) 硬質合金工具(430) 打
包線材(430) 冷鍛線材(430) 凹穴形成(430) 針用線材
(430) 濕延拉(430) 特種熱處理鋼(430) 輪胎墊襯鋼絲
(431) 迴轉延拉工具(432) 去皮機(432) 磨光鋼材用磨床
(432) 撥線效用(432) 撥線裝置(432) 熔接線材(432) 鋼
纜纜線(432) 預力混凝土線材(432) 輪胎鋼絲(432) 延拉鋼
絲(433) 桿料延拉機(434) 織機用線材(435) 深延伸(435)
平盤延拉(435) 閥用彈簧鋼絲(435) 桿料及線材之熱間延拉
(435) 延拉件尖端錐角(435) 延拉鐵(435) 延拉疵病(435)
延拉速度(435) 延拉錐孔(435) 延拉錐(435) 延拉模(435)
延拉環(436) 延拉絞盤(436) 延拉塊(436) 延拉溫度(436)
延拉過程(436) 延拉軋壓(438) 延拉工具(438) 延拉工具座
(439) 延拉道(439) 延拉程序(440)

第六章 加熱爐及熱處理

燒蝕(441) 調質硬化(441) 迴轉爐(441) 貫通加熱爐(442)
深入加熱(442) 加熱(443) 耐火材料(443) 鋼之退火(444)
退火加熱曲線(444) 退火加熱爐(444) 鋼之硬化(444) 熱罩
退火爐(445) 移行爐膛加熱爐(445) 衝程式爐條頸加熱爐
(445) 工業用爐(446) 感應電爐(447) 箱形退火爐(447)
摩根加熱爐(447) 爐之操作(447) 緣面脫碳(447) 防護氣

(447) 推入加熱爐(447) 坑爐(448) 坩鍋式退火爐(449)
隧道式加熱爐(449) 工業用爐之效率(449) 熱處理(449) 加
熱爐(449)

第七章 計量及調節器材

Alfa 錶(451) 驅動調節(451) 管理計量設施(452) 寬度計
量法(453) 厚度計量法(454) 線材延拉開孔熱電元件(454)
轉動力矩計量法(454) 轉數計量法(455) 力計量法(456) 長
度計量法(456) 爐之調節(457) 表面精度計(458) 輪廓計
(458) 操縱及調節設施(458) 溫度計量方法(459) 衡量方法
(459) 行程及角度計量方法(461) 微距計量(461)

第八章 潤滑技術

乳化(462) 乳化液潤滑(462) 潤滑器材(463) 潤滑劑(463)
延拉用潤滑劑(463) 延拉用潤滑基材(464) 潤滑(465) 模鍛
潤滑(466) 潤滑技術(467) 潤滑方法(467)

第九章 表面預處理

廢水處理(471) 浸漬處理-去銹(471) 浸漬處理所生疵病(472)
浸漬劑(472) 線材清洗(472) 脫脂(474) 脫脂劑(474)
消除燒疵(474) 熔接前基材處理(474) 表面預處理(474) 惰
性化(475) 鐵銹(476) 溶液浸漬(476) 省料浸漬(476)
省料浸漬添加劑(476) 沖洗(476) 噴擊處理(476) 預除疵
(476) 預防護(476) 燒疵(477) 噴擊材料(477)

第十章 表面處理

發棕處理(479) 電鍍(479) 鍍硬鉻(479) 侵蝕(480)
蝕防護(480) 鍍着合成材料層(481) 在熔槽中浸漬鍍著金屬層
(482) 冶金(483) 表面處理(483) 磷酸鹽處理(483) 鋼
材上鍍着金屬(484) 真空金屬熱鍍(484) 金屬精煉(484) 鍍
銅(485) 鋼線鍍鋅(485) 鋼線鍍錫(485)

第十一章 材料試驗

機械性材料試驗(486) 金相性材料試驗(487) 工藝性冷間試驗
(487) 工藝性熱間試驗(489) 工藝性材料試驗(490) 非破壞
性材料試驗(490)

第一章 塑性成形原理

功之方程式 為計算物體變形所需功之基本方法。下列方程式示變形功。

$$W_0 = k_r \cdot V \cdot \ln \frac{h_0}{h_1}$$

其中

k_r 變形強度

V 變形物體之總體積

h_0 及 h_1 變形前及變形後之高

使用此方程式計算所得之功為無損失之淨功，為不計壓力面摩擦及內摩擦之純變形所需之功。上列方程式亦得應用於軋壓作業中。如未知 h_0/h_1 之值，而軋壓寬度變化不大者，則可用 A_0/A_1 作近似值代入（ A_0 及 A_1 為軋壓前及軋壓後之斷面積）。

理論上言，上列方程式僅適用如圖 1-1 所示，以垂直力作直角方向之軋粗。

考慮外摩擦及內摩擦之實際變形功，於計算時使用變形阻抗 k_{wm} 代替平均變形強度 k_{rm} ，或應用變形效率 η_r 計算之。

$$W = k_{wm} \cdot V \cdot \ln \frac{h_0}{h_1}$$

$$W = \frac{W_0}{\eta}$$

成形 利用固體之塑性變形性，保持其質量及材料之成分，作成形加工。成形包括下列各種方法：

1. 原材成形

例如：鑄造、澆結、射出成型等；

2. 塑性成形

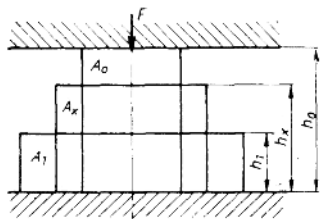


圖 1-1 直角方向軋粗

2 金屬成形加工

例如：鍛造、衝壓、延壓、延拉等；

3. 切削

例如：切割、車削、磨削、放電加工、電化學加工等；

4. 結合

例如：鉚接、螺釘結合、熔接、膠合等；

5. 鍍着

例如：熔鍍、煙鍍、電鍍等；

6. 材質變化

例如：硬化、脫碳、氮化等。

有關成形尚有下列意義需要說明：固體塑性成形由於滿足擠流條件之應力狀態所引起（參閱擠流定律）

於塑性變形中，在固體上同時存在之變形範圍稱為變形帶。

發生於變形帶中之變形所需之應力由於外力或外力矩之作用，此種外力或外力矩經由變形工具由外加荷於變形工料之上。

當變形時，主運動及進入運動形成工件 - 變形工具系內之相對運動。

主運動於變形帶中形成塑性變形，而進入運動作為變形帶變形狀態之導承。主運動及進入運動進一步更分為移動及轉動二類，其間可以同型或異型互相作用。

各別之變形方法彙列圖 1-2 中。

變形方法分為 5 類，即壓變形、拉壓變形、拉變形、彎變形及剪變形，根據變形帶中存有之應力決定。另有依照主運動之型類及力之作用情形分類。圖 1-3 示以簡圖表示此 5 類變形工作之方法。

強度假說 為形成塑性變形之條件假說，應用此項強度假說可對變形時所引起擠流之變形強度計算，或以此決定合成應力，用以計算強度。最多應用之強度假說為剪應力說及畸變說。

Widmannstätten 組織 為混合結晶之合金凝固組織，在混合結晶中含有較高濃度，形成松針狀結晶經由正常化（施行回火）可以消除之。

擠流定律 變形量之對數值與應力差異數成比，擠流定律以式表示適用。

$$\varphi_1 : \varphi_2 : \varphi_3 = (\sigma_1 - \sigma_m) : (\sigma_2 - \sigma_m) : (\sigma_3 - \sigma_m)$$

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ 為三主軸向變形量之對數值；

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 為三主軸向應力（變形應力）；

σ_m 為主應力之算術平均；

$(\sigma_1 - \sigma_m), (\sigma_2 - \sigma_m), (\sigma_3 - \sigma_m)$ 為應力差異數