

電線電纜押出技術

——理論與實際——

溫天達 編著



高立圖書有限公司

電線電纜押出技術

——理論與實際——

盧八達 編著



高立圖書有限公司

版 權 所 有 • 翻 印 必 究

中華民國六十九年 12 月 15 日初版

中華民國七十二年 2 月 15 日二版

電線電纜押出技術

——理論與實際——

精裝定價：叁佰貳拾元正

編 著：溫天達

發行者：高立圖書有限公司

版權人：高阿輝

地 址：台北市襄陽路 13 - 2 號（三樓）

電 話：三六一五三三〇

郵政劃撥：一〇五六一四

內政部內版台業字第 1423 號

前 言

在分子時代的今天，電線電纜絕緣與被覆材料，幾乎完全引進了高分子材料，而材料加工方法則以押出為主。因此，就線纜的製造來說，押出實為一項最重要的工程。

線纜押出或有簡單易行者，但大部分均屬相當複雜而困難。材料略有變化，其加工特性常截然不同。材料相同而加工條件略有差異，有時對成品外觀與品質亦有重大影響。機器設備的影響也很大，設計上稍有不同，完成的線纜特性便有很大的差別。

目前有關線纜押出技術成書，尚不多見。已有書籍亦嫌過於疏簡，語多不全，不夠深入。編者有鑑于此，特利用深入淺出敘法，完成本書。全書計分4篇，從設備而實際押出技術，然後是問題點與其對策，最後特別介紹有關材料的流動特性，旨在幫助讀者對材料加工性與押出機的設計有更深一層的瞭解。押出實技一篇，對各材料特性與加工分別作相當程度的介紹，目的在讓讀者對於線纜用材料，能有概略認識。全書收集附圖三百餘幅，可收看圖識字的功效。

技術的“技”字，拆開來便是手支，術是方法，故技術者實乃用手去支配的一種方法。凡事離不開動手去做，也唯有不斷的動手去做，才能真正體會出箇中道理來。只有在不斷的經驗中，才能使技術進步，技術水準提高。本書只能提供有志于本行的讀者，有較正確的方向去做好線纜押出工作，實際技術的獲取，仍需從長期實驗或經驗中去求取寶貴的知識。當發生問題的時候，應依照品管的手法，首先尋找出問題的真正原因來，然後才能對症下藥，達到改善的目標。本書

作為線纜工廠技術訓練教材，可依員工素質程度的不同，作系統的重點取舍，俾能適合各種層次人才的訓練。

編者才疏學淺，兼以編訂時間倉促，錯誤或遺漏之處在所難免。尚祈諸先進不吝提供高見指正，俾便于有機會改訂的時候，作一次總檢討改善，使本書更富參考價值。實乃編者之幸，亦讀者之幸也。

1980 年 12 月

編者謹識

目 次

第 1 篇 押出設備	1
1.1 押出原理	1
1.1.1 押出成形的歷史	1
1.1.2 單螺桿押出機的原理	3
1.1.3 單螺桿押出機的基礎理論	4
1.1.4 線纜押出生產線	10
1.2 押出機	11
1.2.1 構成要素	11
1.2.2 驅動馬達	13
1.2.3 加料斗	13
1.2.4 螺 缸	15
1.2.5 螺 桿	22
1.2.6 機 頭	37
1.2.7 內外眼模	50
1.2.8 押出機螺缸與機頭內的壓力測定與調節	55
1.2.9 材料溫度、反壓、及押出量的關係	57
1.2.10 材料溫度的測定與控制	60
1.2.11 押出量的計算	61
1.2.12 SK 型押出機	67
1.3 押出機加料裝置	69

1.3.1	加料斗加料器.....	69
1.3.2	加料斗攪拌器.....	70
1.3.3	真空加料斗.....	70
1.3.4	定量加料器.....	71
1.4	送線部分.....	72
1.4.1	導體或芯線的送出裝置.....	72
1.4.2	張力調整與矯線裝置.....	74
1.4.3	導體的預熱方法.....	76
1.4.4	行進中導體溫度的測定.....	80
1.4.5	引取速度與預熱溫度的關係.....	80
1.4.6	管型押出時的真空抽吸.....	80
1.5	引取部分.....	82
1.5.1	冷却水槽.....	82
1.5.2	絞輪、履帶、及拖引機的引取.....	83
1.5.3	卷取裝置.....	84
1.5.4	卷取部分附設的計測器.....	86
1.6	材料乾燥.....	86
1.6.1	押出用材料的乾燥.....	87
1.6.2	加料斗乾燥器.....	87
1.6.3	烤爐乾燥.....	88
1.6.4	真空乾燥.....	89
1.7	其它設備.....	89
1.7.1	自動換網設備.....	89
1.7.2	色母混合裝置.....	92

2.1	一般問題	94
2.1.1	依線纜徑別選定機種	94
2.1.2	按材料別選定螺桿	95
2.1.3	押出條件變動的影響	99
2.1.4	設定溫度與材料溫度差	101
2.1.5	材料品級不同對押出溫度的影響	102
2.1.6	熔融彈性	103
2.1.7	不穩定流動	104
2.1.8	收 縮	105
2.1.9	化學變化	106
2.1.10	厚絕緣或被覆押出的表面性與眼模廊	107
2.1.11	色母的着色	109
2.1.12	押出層中殘留應變的測定	109
2.1.13	螺桿回轉數與混練性	110
2.1.14	線速與眼模設計	112
2.1.15	活用濾網組	113
2.2	細線的高速押出	114
2.2.1	高速押出	114
2.2.2	高速押出材料的選用	115
2.2.3	薄絕緣高速押出時的導體預熱	116
2.2.4	高速押出用眼模	116
2.2.5	外眼形狀對押出外觀的影響	118
2.2.6	加壓眼模孔徑與押出外徑	119
2.2.7	內外眼距的影響	120
2.2.8	高速押出的溫度設定	122
2.2.9	高速押出後的冷却	122

2.3 被覆押出	123
2.3.1 被覆押出與押出機	123
2.3.2 被覆押出用機頭與濾網組	124
2.3.3 被覆押出用內外眼模	124
2.3.4 被覆押出的溫度設定	126
2.3.5 押出溫度對被覆層物性的影響	126
2.4 PE 押出	127
2.4.1 PE 的構造式	127
2.4.2 PE 的製造程序	127
2.4.3 高壓 PE 與中低壓 PE 的不同點	128
2.4.4 結晶度——分子的排列	130
2.4.5 電氣特性	132
2.4.6 PE 的三項特性	132
2.4.7 高壓 PE 與中低壓 PE 的混合	134
2.4.8 被覆用黑 PE	135
2.4.9 押出條件與品質	137
2.4.10 PE 材料的乾燥	139
2.5 PVC 押出	140
2.5.1 PVC 的性質	140
2.5.2 PVC 品級的選擇	142
2.5.3 交連 PVC (IRV)	143
2.5.4 PVC 混合膠與 PVC 線纜的製造	144
2.5.5 影響加工的因素	145
2.5.6 PVC 用螺桿	145
2.5.7 PVC 押出用眼模	145
2.5.8 押出溫度的設定	145

2.5.9	半硬 PVC 押出應注意事項	146
2.5.10	PVC 粉末押出	146
2.5.11	粉末材料的製造	147
2.5.12	粉末 PVC 的押出	148
2.6	發泡押出	148
2.6.1	發泡的目的	148
2.6.2	發泡度的測定方法	151
2.6.3	押出發泡法	152
2.6.4	押出發泡的製造工程	155
2.6.5	發泡押出用押出機	155
2.6.6	押出條件	155
2.6.7	氣泡生成的過程	158
2.6.8	押出條件的影響	160
2.6.9	外眼形狀的影響	161
2.6.10	厚發泡層的冷卻	162
2.6.11	發泡絕緣周期性的不良	163
2.7	交連 PE 押出	163
2.7.1	交連 PE 材料	163
2.7.2	連續押出加硫	164
2.7.3	押出機內發生的早期加硫	167
2.7.4	絕緣層內的氣泡	167
2.7.5	眼模口積渣或吐沫	168
2.7.6	加熱變形的不良	169
2.8	高壓線纜的押出	169
2.8.1	塑膠絕緣高壓線纜的押出	169
2.8.2	多層同時押出及其優點	170

2.8.3	半導體材料應具備的條件	172
2.8.4	內導黏着導體與陷入絞線間隙的對策	172
2.8.5	外導與絕緣層的接着特性	173
2.8.6	押出層內的氣孔	174
2.9	尼龍押出	175
2.9.1	尼龍的種類	175
2.9.2	尼龍的特性	175
2.9.3	尼龍的吸濕問題	177
2.9.4	尼龍的乾燥	177
2.9.5	尼龍的配色	183
2.9.6	尼龍押出線的印刷	184
2.9.7	線纜用尼龍材料的選擇	185
2.9.8	尼龍用押出機	187
2.9.9	螺桿的設計	188
2.9.10	頸部與機頭	190
2.9.11	真空抽吸	190
2.9.12	內外眼模	190
2.9.13	押出溫度設定	192
2.9.14	細線的被覆	194
2.9.15	大線的被覆	198
2.9.16	編絞線的被覆	199
2.9.17	厚層尼龍的押出	199
2.10	PP押出	202
2.10.1	PP的開發	202
2.10.2	PP的分子構造	202
2.10.3	PP的性質	203

2.10.4 乙丙烯共聚物的特長	211
2.10.5 PP線纜的押出	213
2.10.6 PP與HDPE絕緣電線的成本比較	215
2.11 TEFLON押出	215
2.11.1 TEFLON的種類	215
2.11.2 TEFLON的特性	216
2.11.3 TEFLON的押出	217
2.11.4 TEFLON用押出機	228
2.11.5 TEFLON押出用螺桿	229
2.11.6 蜂巢板與濾網	230
2.11.7 絕緣押出	230
2.11.8 被覆押出	235
2.11.9 押出技術	236
2.11.10 特殊技術	241
2.11.11 TEFLON的着色	243
2.11.12 押出機中材料的清除	244
2.11.13 材料的回收再利用	245
2.12 橡膠押出	245
2.12.1 押出機的特性	245
2.12.2 押出標準作業	248
2.12.3 押出前後工程	249
2.12.4 押出溫度的設定	250
2.12.5 螺缸的溫度控制	251
2.12.6 押出連續加硫	251
2.12.7 現場簡便押出性試驗法	252
2.13 押出機構與品質問題	253

2.13.1 眼模的影響·····	253
2.13.2 熱的影響·····	253
2.13.3 螺桿回轉數的影響·····	253
2.13.4 螺桿構造與螺桿冷卻的影響·····	254
2.13.5 螺缸與螺桿的作業條件·····	255
2.13.6 混練效果與成品品質·····	259

第3篇 押出問題點與其對策····· 263

3.1 表面粗糙·····	263
3.1.1 表面性與材料的選擇·····	263
3.1.2 混練不良引起的粗糙·····	264
3.1.3 引落過度引起的表面粗糙·····	264
3.1.4 眼模形狀不良與眼模部剪切過激的影響·····	265
3.1.5 熔融破壞造成的粗糙·····	265
3.1.6 彈性紋引起的表面粗糙·····	265
3.1.7 材料吸濕引起的粗糙，其它·····	266
3.2 表面的缺點·····	266
3.2.1 押出表面所生疙瘩與小坑·····	266
3.2.2 表面生瘤與異種膠粒的混入·····	267
3.2.3 押出表面（特別是導電層）的刮傷·····	267
3.3 氣孔與發泡·····	268
3.3.1 導體附有水分或揮發性成分與導電層吸濕引起的發泡·····	268
3.3.2 使用已吸濕材料引起的發泡·····	269
3.3.3 厚層押出冷卻收縮引起的發泡·····	270
3.3.4 熔融材料中空氣混入引起的發泡·····	270

3.3.5	材料熱分解造成的氣泡	270
3.3.6	發泡引起的押出層破裂	271
3.4	外徑的變動	271
3.4.1	壓扁引起的外徑變動	271
3.4.2	縱向外徑變動	272
3.5	特性不良	273
3.5.1	老化前後抗張特性的不良	273
3.5.2	回縮與熱纏繞的不良	273
3.5.3	導電層的導電性不良	274
3.5.4	與導體的密着不良	274
3.5.5	剝離性的不良（剝離力太大）	275
3.5.6	加硫不足引起的特性不良	275
3.6	押出狀態的異常	276
3.6.1	內外眼積渣	276
3.6.2	押出量的減少	276
3.6.3	押出量的脈動	277
3.6.4	押出壓力太高的場合	278
3.6.5	押出機內的熱分解	279
3.6.6	燒焦的防止	280
3.6.7	一貫押出時的內導電層外傷防止，其它	281
3.6.8	尼龍押出被覆的裂口	281
3.6.9	尼龍熔融變色（呈粉紅）的防止	282

第4篇 材料的流動特性 283

4.1	各材料流動特性圖編排順序	283
4.2	尼龍材料	285

4.3	PE 材料	292
4.4	PVC 材料	323
4.5	PP 材料	347

附 錄	350
-----------	-----

I	橡膠的素練作業	350
---	---------------	-----

II	橡膠的混練作業	354
----	---------------	-----

III	橡膠的加硫作業	359
-----	---------------	-----

IV	橡膠加工的準備與切斷作業	364
----	--------------------	-----

V	單位換算表	366
---	-------------	-----

第1篇 押出設備

1.1 押出原理

1.1.1 押出成形的歷史

最早期的押出機是用來押出麵條或粉絲的，其後才演進到橡膠電線的押出，當時所用為在螺缸前端設模孔的撞桿（RAM）式押出機，直至1866年才開發橡膠用的螺桿押出機，1939年才正式開發電熱空冷式押出機，是為今日單螺桿押出機的原始型。

(1) 押出機開發的歷史

1866年DE WOLFE開發橡膠電線押出用螺桿式押出機。

1939年PAUL TROESTER開發電熱空冷式押出機， $L/D=10$ ，為近代單螺桿押出機的雛型。

1930年間，ROBERTO COLOMOBO及CARLO PASQUETTI開發熱可塑性樹脂押出用雙螺桿押出機。

1948年BASF開發利用押出機作為射出成形機的預可塑化裝置。

1950年開發排氣（VENT）式押出機。

1959年B. MAXWELL及A. SCALORA應用WEISSENBERG效應開發押出機整體可回轉搖動運動的ROTATRUDER。

1962年R. F. WESTOVER利用滑動泵（PUMP）原理開發HYDRODYNAMIC EXTRUDER。

1963年T. ENGEL以回轉圓板與螺缸組合開發了ROTOMELTER。

2 電線電纜押出技術

1963年R. F. WESTOVER利用4組撞桿(RAM)式押出機與SHUTTLE VALVE組合而開發撞桿(RAM)式連續押出機。

1966年ARAGON PRODUCTS INC.的M. EGAR開發前端驅動式押出機。

1968年STERLING EXTRUDER CORP.開發具有ROTOR及STATOR螺桿的TRANSFERMIX押出機。

(2) 押出技術開發的歷史

1847年應用撞桿(RAM)式押出機押出GUTTA-PERCHA。

1870年硝酸纖維素的濕式押出。

1870年間，橡膠的乾式押出。

1915年CASEIN的濕式押出。

1924年醋酸纖維素的濕式押出。

1934年醋酸纖維素的乾式押出。

1936年乙基纖維素的押出。

1937年MMA的押出。

1939年醋酸鉻酸纖維素的押出。

1939年PVC的押出。

1940年BLOW FORMING開始。

1940年PS的押出。

1941年PE的押出。

1944年尼龍的押出。

1948年ABS的押出。

1949年100吋以上寬膜的押出。

1950年TFE樹脂的押出。

1957年POLYCARBONATE的押出。

1958年POLYACETAL的押出。