

科技用書

聚醯胺樹脂

(耐隆NYLON)

篠原 康夫 編著
賴耿陽 譯編



3.6

46

ポリアミド樹脂

復漢出版社印行

科技用書

聚醯胺樹脂

(耐隆NYLON)

篠原 康夫 編著
賴耿陽譯編

復漢出版社印行

中華民國七十年一月出版

聚醯胺樹脂

原著者：篠原康夫

譯著者：賴耿陽

出版者：復漢出版社

地址：台南市德光街六五一號

郵政劃撥三一五九一號

發行人：沈岳林

印刷者：國發印刷廠

地址：台南市安平路五五六號

版權所有
翻印必究

平裝 B
精裝
一五〇元
一五〇元

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第〇四〇二號

序

本書的主旨，是在介紹**Nylon** 的工業應用技術，所有數據、資料、方法都具有真確權威，是一本實用的好書。

著者服務的東麗(Toray)株式會社為耐隆的總合製造廠，累積的資料和數據很多，散見於各類書籍、雜誌。但是每當應用時，常感內容不周、數據不夠或內容偏頗。

另一方面，也增加耐隆 12、單體成形(monomer casting)耐隆、透明耐隆等新耐隆，配合成形加工技術的進步，擴大新用途，新數據必然增加。

日本工業調查會約請敝公司將貴重的資料公開指導業界，故邀請公司內部多位幹員，合作執筆，依據出版社的企劃，內容以聚合物的性質、加工法、用途為主，製造方法非業界所絕對必要，又限於篇幅，只好割愛。

本書的標題為聚醯胺樹脂，即俗稱的耐隆，所以本書談的即是耐隆(**Nylon**, 尼龍)，簡此附註。

HW4667/01

聚醯胺樹脂(耐隆)／目次

第1章 耐隆樹脂的現況..... 1

- 1.1 歷史背景..... 1 1.5 需要的演進..... 11

第2章 耐隆樹脂的組成與基本性質..... 13

- | | |
|--|--|
| 2.1 組成的概要與特色... 13 | 2.2.5 強化材..... 19 |
| 2.1.1 主要的耐隆..... 13 | 2.2.6 發泡劑..... 25 |
| 2.1.2 共聚合耐隆..... 14 | 2.2.7 與其他樹脂的混合 26 |
| 2.1.3 N- alcoxymethyl
變性耐隆..... 15 | 2.3 耐隆的基本特性..... 26 |
| 2.1.4 其他的耐隆..... 16 | 2.3.1 融點(melting
point) 26 |
| 2.1.5 單體成形耐隆
(monomer cast-
ing nylon)..... 16 | 2.3.2 轉移點(transi-
tion point 28 |
| 2.2 品質改良用添加劑及
強化材..... 18 | 2.3.3 分子量、溶液粘度
、熔融粘度..... 28 |
| 2.2.1 安定劑..... 18 | 2.3.4 紅外線吸收光譜... 29 |
| 2.2.2 可塑劑..... 18 | 2.3.5 密度與結晶化度... 31 |
| 2.2.3 成形性改良用添加
劑..... 18 | 2.3.6 吸水性..... 32 |
| 2.2.4 摩擦摩耗特性改善
用添加劑..... 19 | 2.3.7 擴散、透過性..... 34 |
| | 2.3.8 熱膨脹性..... 34 |
| | 2.3.9 結晶化度所致諸性
質的變化..... 35 |

第3章 材料的性質..... 38

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 3.1 機械性性質..... 38 | 3.1.4 衝擊強度..... 51 |
| 3.1.1 拉伸性質..... 38 | 3.1.5 硬度..... 55 |
| 3.1.2 彎曲性質..... 47 | 3.1.6 疲勞特性..... 56 |
| 3.1.3 壓縮性質..... 47 | 3.1.7 潛變..... 59 |

3.2 電氣性質·····	62	3.4.3 應力裂紋·····	74
3.2.1 絕緣破壞強度·····	62	3.4.4 衛生試驗·····	74
3.2.2 體積固有電阻·····	64	3.5 耐候性·····	77
3.2.3 介質性質·····	66	3.6 耐熱性·····	80
3.2.4 其他電氣性質·····	68	3.7 燃燒性·····	83
3.3 熱性質·····	68	3.8 特殊耐隆的性質·····	86
3.4 化學性質·····	70	3.9 摩擦摩耗特性·····	88
3.4.1 耐藥品性·····	70	3.9.1 abrasion ·····	90
3.4.2 耐熱水性·····	73	3.9.2 friction與wear ·····	90

第4章 成形及二次加工····· 99

4.1 加工上的重要特性·· 99	特性·····	128
4.1.1 吸水性····· 99	4.3.3 押出成形條件··	128
4.1.2 熱的性質····· 100	4.3.4 圓棒及厚板的成	
4.1.3 粘度····· 101	形·····	129
4.2 射出成形····· 102	4.3.5 離心鑄造·····	130
4.2.1 成形機的選定·· 102	4.3.6 管的成形·····	131
4.2.2 品級的選定····· 104	4.3.7 單絲·····	132
4.2.3 流動性····· 104	4.3.8 帶 (sheet) ·····	132
4.2.4 成形條件與物性 107	4.3.9 膜 (film) ·····	132
4.2.5 再生使用····· 110	4.3.10 電線包覆·····	133
4.2.6 成形不良與其對	4.4 吹入成形 (blow	
策····· 113	molding) ·····	134
4.2.7 成形周期····· 115	4.4.1 品級的選擇·····	134
4.2.8 尺寸精度與尺寸	4.4.2 成形機·····	137
安定性····· 117	4.4.3 螺桿形狀·····	137
4.2.9 模具設計····· 124	4.4.4 眼模·····	138
4.2.10 其他····· 126	4.4.5 出膜膨脹 (die	
4.3 押出成形····· 127	swelling) ·····	138
4.3.1 螺桿形狀····· 127	4.4.6 夾切部的強度··	139
4.3.2 熔融粘度與押出	4.4.7 模具的設計·····	140

4.4.8 成形品的透明性	140	- spraying	
4.4.9 應用例	141	coating)	155
4.4.10 二層吹入成形	141	4.7 旋轉成形	155
4.5 冷間加工	141	4.8 燒結成形	156
4.5.1 基本研討	142	4.9 接合法	158
4.5.2 輥軋	143	4.9.1 接着 (adhesion)	158
4.5.3 深壓拉	143	4.9.2 摩擦接合 (spin	
4.5.4 鍛造	145	welding)	160
4.5.5 擠出	145	4.9.3 超音波接合 (ul-	
4.5.6 抽製	146	trasonic weld-	
4.5.7 滾製	147	ing)	162
4.5.8 鉸鏈的成形	147	4.9.4 高周波熔接 (	
4.6 利用粉末的包覆加		high-frequency	
工	148	welding)	163
4.6.1 耐隆粉末的製法	149	4.9.5 熱風熔接 (hot-	
4.6.2 流動床浸漬包覆	149	jet welding)	163
4.6.3 靜電包覆 (elec-		4.9.6 熱板熔接 (hot-	
trostatic		plate welding)	163
coating)	154	4.10 塗裝及印刷	164
4.6.4 熔射包覆 (flame		4.11 機械加工	164

第5章 應用例與設計的觀念 167

5.1 軸承類	167	5.2.3 齒面的摩擦與摩	
5.1.1 容許 pV 值	167	耗	173
5.1.2 餘隙 (clearance)	168	5.2.4 噪音	175
5.1.3 軸承形狀	169	5.2.5 齒輪設計上的注	
5.1.4 材料的改質	169	意事項	176
5.1.5 用途例	170	5.2.6 用途例	177
5.2 齒端	170	5.3 管	178
5.2.1 破損的形式	170	5.4 風扇、螺旋槳	180
5.2.2 齒的彎曲強度	171	5.5 螺栓、螺帽、扣件	182

5.6	膜 (film)	183	具.....	197
5.7	接着劑的用途.....	190	5.8.5	農機具..... 198
5.8	應用例.....	194	5.8.6	鐵道車輛用..... 198
5.8.1	汽車.....	195	5.8.7	雜貨、運動用具 198
5.8.2	電器.....	196	5.8.8	一般機器..... 199
5.8.3	紡編織機.....	197	5.8.9	其他..... 200
5.8.4	建材、土木、家			

1 耐隆樹脂的現況

1.1 歷史背景

有醯胺結合 ($-\text{CONH}-$) 的高分子化合物通稱為聚醯胺 (polyamide)，天然界有蠶絲蛋白質 (fibroin)、羊毛角蛋白質 (ceratin)，合成線狀聚醯胺即俗稱的耐隆 (Nylon，尼龍)。杜邦 (du Pont) 公司把耐隆定義為「聚合物鏈的主要部份由醯胺基反覆，而且結合 alkylene (次烴基) 者集合多數成線狀合成高分子物質」，耐隆為一般名詞，與該製品的形狀無關，因而，不論形狀為纖維狀、膜狀、成形加工品，都稱為耐隆。

工業化是由 du Pont 開始，起先供纖維用，後來發現其優秀的性質，第2次大戰中用為塑膠（主為電線包覆材料），最初以耐隆 66 為主體，後來開發耐隆 6，現在以此2種類為主。

日本在戰前，東洋 Rayon 完成耐隆 6 的合成—聚合，但因二次大戰而遲延發展，戰後 1951 年才開始正式生產。日本 Rayon 在 1954 年與 Inveta (瑞士) 技術合作，開始生產耐隆 6。

都供纖維用，1950 年代後半才開始供塑膠用，現在，宇部興產、旭化成、三菱化成、東洋紡也加入生產，很多纖維製造廠，單體製造廠都進軍塑膠行列。

歐洲也從纖維用開始，1950 年代才開始用為塑膠用，主要的製造廠有 BASF (西德)、Bayer (西德)、ICI (英國)、AKZO (舊 AKU，荷蘭)、ATO (法國) 等。

最近，隨塑膠產業的興盛，塑膠用耐隆也增加生產，改善品質、開

表 1.1 塑膠用耐隆的品級一覽表

東麗〔Amilan〕（日本）

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	CM 1007	低粘度，良流動性，適合薄物成形
	CM 1017	中粘度，一般射出成形用，快速循環
	CM 1021	“，押出成形（膜，單絲，圓棒，帶）用
	CM 1026	“，耐熱性
	CM 1023	“，添加MoS ₂
	CM 6014 V-0	難燃性，UL 94的V-0級
	CM 1011 G-30	玻璃纖維30%
	CM 1011 G-45	玻璃纖維45%，高衝擊，高剛性
	CM 1001 R	充填無機質
66	CM 3001 N	中粘度，一般成形用
	CM 3006	“，耐熱性
	CM 3003	“，添加MoS ₂
	CM 3001 G-30	玻璃纖維30%
610	CM 2001	一般成形用
	CM 2006	耐熱性
12	CM 830	低融點，熱熔接着用
共 聚 合	CM 4000	酒精可溶性
	CM 4001	“，膜用
	CM 8000	“，溶液安定性大
特殊混合	CM 2402	電線包覆用，耐生，候性大

宇部興產〔UBE nylon〕（日本）

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	1013 B	中粘度，射出，押出成形用
	1013 NB	“， “，微結晶快速循環
	1013 NU	“，耐熱性
	1022 SV	難燃性
	1011 GC	添加玻璃纖維
	1011 GB	“
66	2020 B	中粘度，射出成形用
	2020 U	“，耐熱性
	2020 GC	添加玻璃纖維

Unitica〔Unitica nylon〕（日本）

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	A 1022	低粘度，射出成形用，薄物成形用

	A 1030 H A 1030 NO A 1030 GF A 1050	中粘度，一般成形 難燃性 添加玻璃纖維 高粘度，中空成形用，桿，管，帶
--	--	--

旭化成〔Leona〕（日本）

種 類	類 型	特 色， 用 途
66	1200 S 1300 S 1500 1402 S FR 200 1300 G 1432 G	低粘度，射出成形，薄肉成形 中粘度，一般成形用 高粘度，押出成形用 中粘度，耐熱性 難燃性 添加玻璃纖維 "，耐熱性

三菱化成〔三菱化成 nylon〕日本

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	1010 C 1020 C 1010 CH 1010 N 1010 G 30	低粘度，射出成形，流動性良好 中粘度，一般成形用 低粘度，耐熱性 難燃性 添加玻璃纖維

東洋紡〔東洋紡 nylon〕（日本）

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	T 802 T 822 T 422 T 808 T 402 T 442	快速循環，流動性良好 中粘度，一般成形用 耐熱性 難燃性 添加玻璃纖維 "

du Pont〔Zytel〕（美國）

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	211	$\eta_r = 3.4$ ，含有 Mo，一般成形用
66	101 101 L 131 103 E	射出，押出，中粘度，一般機械零件用 射出成形，加脫模劑，潤滑劑 "，微結晶耐隆，薄肉要求剛性的零件 熱安定性大（150°C以下可連續使用 2,000 小時）

	113 105 121 408 42 51 SE 1 7010 - 33 7030 - 33 7040 - 33 121 7110 408	熱安定性大，電氣特性優秀 耐候性 (屋外暴露 7 年間強度也只下降 15 %) 耐加水分解性 (沸水中，可連續使用 4,000 小時) 有最高強韌性 押出成形用，圓棒，管，複雜形狀的押出品 難燃性 (UL 規格 group 1) 玻璃短纖維，抗拉強度大 103 中用玻璃短纖維強化 " " "
610	31 33	射出，押出，吸水率少尺寸安定性，精密零件 熱安性，特別是電線被覆用
612	151 7710	射出成形，低吸濕性，尺寸安定性 151 中用玻璃短纖維強化
共 聚 合	63 61 63	電線包覆用，耐熱，耐候劑添加 可溶於酒精，帶，膜，織物處理劑，接著劑 " " "
共 聚 合	69	比 63 有彎曲性，低融點 (141°C)
特殊混合	3606	電線包覆用，添加耐熱・耐候劑

Allied Chemical [Plaskon] (美國)

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	8200 8200 C 8200 H S 8200 H S - 1 8200 P 8201 8201 H S 8201 P 8202 C 8202 H S 8202 H S - 1 8200 M S 8203 8203 C 8205 8205 H S 8205 M S 8206 8211 8226	一般射出成形用 "，微結晶性， α 耐隆 "，耐熱性 "，"，電纜用 "，含有水溶性成分 8%，柔軟性大 押出成形用 "，耐熱性 "，含有水溶性成分 8%，柔軟性大 射出成形用，流動性良好， α 耐隆 "，耐熱性大 耐熱性大，電纜用 添加 8200 + MoS ₂ ，尺寸安定性 高粘度 "，微結晶性， α 耐隆 超高粘度 "，耐熱性 "，添加 MoS ₂ 高粘度，柔軟性，單絲用 超高粘度，押出用 8206 + 可塑劑，超柔軟性

	8229 X P 361 8203	8206 的超高粘度 中粘度，良流動性，微結晶性 玻璃纖維 6%，高剛性，耐 creep 性，高 HDT
--	-------------------------	--

Dart Industries [Nylafil] (美國)

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	G-3/30	玻璃纖維 30 %
	G-13/40	" 40 %
	G-3/30/MS/5	" 30 % + MoS ₂ 5 %
	G-13/40/MS/5	" 40 % + MoS ₂ 5 %
66	G-1/30	玻璃纖維 30 %
	G-10/40	" 40 %
	G-1/30/MS/5	" 30 % + MoS ₂ 5 %
	G-10/40/MS/5	" 40 % + MoS ₂ 5 %
	G-1/30/TF/12	" 30 % + "teflon" 12 %
	G-1/30/TF/22	" + " 22 %
	G-1/30/TF/44	" + " 44 %
610	G-2/30	玻璃纖維 30 %
	G-12/40	" 40 %
	G-2/30/MS/5	" 30 % + MoS ₂ 5 %
	G-12/40/MS/5	" 40 % + MoS ₂ 5 %

The Polymer [Nyratron, MC] (美國)

種 類	類 型	特 色， 用 途
66	Nyratron G S	內加 MoS ₂ ，一般成形用
	G S-51	"，"，內加玻璃纖維
6	MC 901	單體模鑄耐隆，一般用
	MC 904	"，耐衝擊性
	Nyratron GSM	MC 901 + MoS ₂

I C I [Maranyl] (英國)

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	F 103	低粘度，射出成形用
	F 104	F 103 + 耐熱性
	F 106	中粘度，耐熱性
	F 113	F 103 + 微結晶性
	F 114	普通粘度
	F 123	F 103 + 滑劑，流動性良好
	F 124	流動性良好

	F 140 F 160 F 170 F 500 F 190 F 191	高粘度，射出押出成形用 超高粘度，押出成形用 "，" "，" 玻璃纖維 25 % 玻璃纖維比 F 190 少
66	A 100 A 101 A 102 A 108 A 150 A 190 A 198	普通粘度，射出成形用 A 100 + 耐熱性 普通粘度，微結晶性，添加滑劑 "，MoS ₂ + 添加石墨 高粘度 玻璃纖維 35 % "，石墨
610	B 100 B 101 B 102 B 102 C B 190	普通粘度 "，耐熱性，電纜用 高粘度，耐熱性，耐熱性，電纜用 "，" 內加玻璃纖維
共 聚 合	L A 38 L A 29 L A 145 D A	m. p. 170°C, 6/610 m. p. 195°C, 66/610 耐熱性，電纜用 m. p. 180°C, 66/610 高粘度 m. p. 160°C, 6/65/610，可溶於酒精，管用

BASF [Ultradid] (西德)

種 類	類 型	特 色， 用 途
6	B 3 B 3 K B 4 B 4 K B 6 B 3 G	射出成形用 "，微結晶性 高粘度，押出成形用 "，"，微結晶性 "，吹入成形用 內加玻璃纖維
66	A 3 A 3 K A 4 A 4 K A 3 G	射出成形用 "，微結晶性 高粘度，押出成形用 "，" 微結晶性 內加玻璃纖維
610	S 3 S 3 K S 4 S 4 K	射出成形用 "，微結晶性 高粘度，押出成形用 "，" 微結晶性
共 聚 合	1 C 6 A	低融點，可溶於酒精，包覆用 " " "

Bayer [Durethan] (西德)

種 類	類 型	特 色, 用 途
6	KB 25 F	低粘度, 薄物射出成形用
	BK 28 F	中粘度, 一般射出成形用
	KB 28 SK	" , 微結晶性, 快速循環性, 射出成形用
	BK 28 M	" , 含有水溶性成分, 柔軟性大
	BK 28 W	" , 耐候劑添加, 電線包覆用
	BK 31 F	普通粘度, 射出・押出用
	BK 31 SK	" , 微結晶性
	BK 31 W	" , 添加耐候劑, 電線包覆用
	BK 31 M	" , 含有水溶性成分, 柔軟性大
	BK 31 G	" , 添加石墨, 尺寸安定性大
	BK 31 Z	" , 添加MoS ₂ , 耐摩耗性大
	BK 40 F	高粘度, 膜, 成形物, tube, pipe 用
	BK 40 SK	" , 微結晶性
	BK 40 M	" , 含有水溶性成分
	BK 50 F	超高粘度, 押出成形用、成形物, tube, pipe 用
	BK 64 F	" , " , " , " , "
	BKV 30	玻璃纖維 30 %
	BKV 30 H	" , 熱安定性大
	BKV 30 Z H	" , " , 添加MoS ₂
	BKGV	玻璃纖維 25 %
共 聚 合	BK 40 T	高粘度, 透明性大, 吹入成形用
	BK 40 R	" , 添加可塑劑, 柔軟性大, 押出成形用

Hüls [Vestamid] (西德)

種 類	類 型	特 色, 用 途
12	L 1500	低粘度, 流動性良好, 薄物成形用
	L 1600	" " "
	L 1700	" " "
	L 1801	中粘度, 一般成形用
	L 1901	普通粘度, 耐衝擊性
	L 2101	" "
	L 2121	可塑劑添加, 柔軟性, 耐衝擊性
	L 2122	" " "
	X 1988	微結晶性, 快速循環
	L 1960	添加石墨
	L 1950	添加MoS ₂
	L 1980	難燃性
	L 1940	耐熱・候性
	L 1970	帶電防止性
	L 1700 M	低粘度, 膜, 單絲, 電線包覆用
	L 1801 F	" " " "

	L 1901 E	一般押出成形用, 管, 吹管成膜
	L 1901 F	" " "
	L 1990 M	" " "
	L 2101 E	高粘度, 押出成形用, 管, 吹入成形用
	L 2101 F	" " " "
	L 2121 E	添加可塑劑, 管用
	L 2122 E	" "
	L 1930	添加玻璃纖維
	L 1931	"

AKZO [Akulon] (荷蘭)

種類	類型	特 色, 用 途
6	K 2	低粘度, 射出成形用
	K 2 S	" , " , 添加滑劑, 流動性良好
	K 2 G	" , " , 微結晶性
	K 2 S G	" , " , " , 流動性良好
	K 2 - Z G	" , " , 含有水溶性成分
	K 10	" , " , 柔軟性, 耐衝擊性
	K 10 S	" , " , " , " , 流動性良好
	K 10 - Z G	K 10 + 含有水溶性成分
	M 2	中粘度, 射出, 押出用
	M 2 S	" , " , 添加滑劑
	M 2 G	" , " , 微結晶性
	M 2 A	" , " , 耐熱性, 電纜用
	M 2 W	" , " , " "
	M 10	普通粘度, 押出用
	M 10 S	" , " , 柔軟性, 耐衝擊性
	M 10 G	" , " , 微結晶性
	M 10 - Z G	" , " , 含有水溶性成分
66	B 2	高粘度, 押出, 吹入成形用
	K 2 - 52	玻璃纖維 30 %
	R 2	中粘度, 射出成形用
	R 2 L G	" , " , 流動性良好
	R 2 L G W	" , " , 耐熱, 候性

Emser Werke [Grilon (nylon 6), Grilamid (nylon 12)] (瑞士)

種類	類型	特 色, 用 途
6	A 22	低粘度, 薄片成形用
	A 22 G	" , " , 添加滑劑
	A 22 H	" , " , 耐熱性
	A 22 S	" , " , " , 耐候性
	A 25	中粘度, 射出成形用

	A 25 G	中粘店，射出成形用，添加滑劑
	A 25 H	"，"，耐熱性
	A 25 S	"，"，"，耐候性
	A 25 E	"，含有水溶性成分，單絲用
	A 25 P	"，柔軟性
	A 25 Graphited	"，添加石墨
	A 25 MoS ₂ filled	"，添加MoS ₂
	A 30	普通粘度，射出，押出成形用
	A 30 G	"，"，添加滑劑
	A 30 H	"，"，耐熱性
	A 30 S	"，"，"，耐候性
	A 30 W 10	"，添加可塑劑
	A 30 WU	"，"耐候性，電纜用
	F 35	高粘度，押出成形用
	F 35 G	"，"，添加滑劑
	F 35 H	"，"，耐熱性
	F 35 S	"，"，"，耐候性
	R 40	超高粘度，吹入成形用
	R 50	"，"
	R 50 H	"，"，耐熱性
	R 70	"，"，"
	R 70 H	"，"，"
	PGF 108	玻璃纖維 25 %
	PV- 3	添加玻璃纖維
	PV- 3 H	"，耐熱性
12	L 18 G	低粘度，薄物射出成形用
	L 20 G	中粘度，一般成形用
	L 20 W 20	"，可塑劑添加，柔軟性，耐衝擊性
	L 20 W 40	"，"，"，"
	L 18	低粘度，膜，單絲，電線包覆用
	L 22 G	中粘度，一般押出成形用，管，膜
	L 25-6059	高粘度，大口徑管，吹入成形用
	L 25-6086	"，"，"
	L 25-6092	"，"，"
	L 25 W 20	"，添加可塑劑，柔軟性
	L 25 W 40	"，"，"
	LV 3 H	添加玻璃纖維，高強度，尺寸安定性

Organico〔Rilsan〕(法國), 日本Rilsan〔Rilsan〕(日本)

種 類	類 型	特 色, 用 途
11	BMF KMF BMN BMV	低粘度, 流動性良好, 薄物成形用 " , " , " 中粘度, 一般射出成形用 普通粘度, 耐衝擊性