



# MCナイロン<sup>®</sup> 注型ナイロン素材

技術資料

## ISO9001 2015 認証取得

三菱ケミカルアドバンスドマテリアルズ(株)は全素材に対し、製造から営業各場所を含めた全社レベルで一般財団法人日本品質保証機構(JQA)の審査を受け、その品質システムがISO9001 2015に適合していることの認証を取得しております。



## ISO14001 2015 認証取得

三菱ケミカルアドバンスドマテリアルズ(株)平塚製造所は、三菱ケミカル(株)平塚工場の一部門としてISO14001 2015の認証を取得しております。

JQA-1800  
JQA-EM0798  
JQA-OH0020

## ⚠ 警告

1. MC801パイプ外周部の黒皮（スキン層）は、充てん剤の関係で導通しますので、絶縁性能を必要とされる場合は必ず黒皮を除去してご使用ください。
2. 食品衛生法に適合させるには、沸とう水に1.5時間（MC703HL、MC501CDR2/R6/R9は2.0時間）浸漬した後ご使用ください。  
MC703HLは、浸漬後に充てん剤が脱落する恐れがあります。
3. MC500ASR11を食品衛生法適合が求められる用途に使用しないでください。
4. MC703HLを油脂食品関連の用途に使用しないでください。
5. MC602STを酸系食品用途に使用しないでください。
6. MC501CDR2/R6/R9、MC500ASR11を発熱体、接点および端子等の電気部品として使用しないでください。

## ⚠ 注意

1. ナイロンには吸水性があり、寸法が増加しますので、設計の際にはこの「MCナイロン<sup>®</sup>技術資料」をご参照の上、十分ご注意ください。
2. MCナイロンの加工品を長期保管される際は、吸水による寸法変化にご注意ください。
3. 屋外での製品のご使用に際しては、当社までお問合せください。

この技術資料に記載の各種データは、ASTM等の規格などで定められている規定法で測定したデータ、一般に工学上認められている考え方より導きだした資料、および当社の経験等であり、十分に信頼できるものと信じます。しかし実際の使用において材料の寿命や、適正さを保証するものではありません。

POLYPENCO<sup>®</sup>、ポリペンコ<sup>®</sup>、ナイラトロン<sup>®</sup>、タイバー<sup>®</sup>はMITSUBISHI CHEMICAL ADVANCED MATERIALSの登録商標です。

MCナイロン<sup>®</sup>は、三菱ケミカルアドバンスドマテリアルズ(株)の登録商標です。

# 目 次

## 1 MC ナイロンの物性

1.1 概 要	1
1.2 機 械 的 性 質	1
1.3 熱 的 性 質	4
1.4 吸 水 性	6
1.5 耐 薬 品 性	8
1.6 電 気 的 性 質	11
1.7 摩 擦 特 性	13
1.8 摩 耗 特 性	14
1.8.1 テーバー摩耗試験	14
1.8.2 歯車試験機による摩耗試験	14
1.8.3 インペラー型摩耗試験	15
1.8.4 ASTM D-1242による摩耗試験	15
1.9 クリープ特性	16
1.10 耐 疲 労 性	17

## 2 MC ナイロンの設計

2.1 軸 受 の 設 計	18
2.1.1 MCナイロン軸受の特長	18
2.1.2 MCナイロン軸受設計の注意点	18
2.1.3 PV値の計算	18
2.1.4 PV値の使い方	19
2.1.5 軸受の肉厚	20
2.1.6 軸受の形状	20
2.1.7 軸受のすきま	21
2.1.8 軸受の取付け	21
2.1.9 スラスト軸受	22
2.2 歯 車 の 設 計	22
2.2.1 MCナイロン歯車の特長	22
2.2.2 平 歯 車	22
2.2.3 ハスバ歯車	24
2.2.4 カサ歯車	25
2.2.5 ウォームホイール	25
2.2.6 キー溝の強度	26
2.3 ライナーの設計	28
2.3.1 MCナイロンライナーの特長	28
2.3.2 強 度 計 算	28
2.3.3 ライナーの固定法	30
2.3.4 ボルトの選定および穴の補強	32
2.4 車 輪 の 設 計	33
2.4.1 MCナイロン車輪の特長	33
2.4.2 強 度 計 算	33
2.4.3 形 状	34

2.4.4	金属ハブ入りMCナイロン車輪の肉厚の決定	34
2.5	シーブの設計	35
2.5.1	MCナイロンシーブの特長	35
2.5.2	強度計算	35
2.6	ロール加工法	36
2.6.1	焼ばめロール加工法	36
2.6.2	圧入ロール加工法	37
2.7	融着固定法	37
2.7.1	融着固定法の特長	37
2.7.2	融着方法の概要	38
2.7.3	設計	38
2.8	接着法	40
2.8.1	エポキシ系接着剤	40
2.8.2	ぎ酸系接着剤	40
2.9	MCナイロンのはめ合い	41
2.9.1	穴（軸とはめ合う場合）	41
2.9.2	穴（ベアリングの外径が入る場合）	41
2.9.3	軸	42
2.9.4	キー溝の幅	42
2.9.5	歯車の精度	42
	MCナイロンのはめ合いについて	43

### 3 MCナイロンの加工法

3.1	機械切削加工法	44
3.1.1	概要	44
3.1.2	加工精度	44
3.1.3	旋削	44
3.1.4	平削り	46
3.1.5	フライス盤切削	46
3.1.6	穴あけ	46
3.1.7	切断	47
3.1.8	ネジ切り	47
3.1.9	研削仕上げ	48
3.1.10	ラッピング仕上げ	48
3.1.11	機械加工不良とその原因	49

### 4 試験機

50

# 1 MCナイロンの物性

## 1.1 概要

MCナイロンは、本質的には6ナイロンと呼ばれるポリアミド樹脂である。このためMCナイロンは通常の（押出成型・射出成形による）6ナイロン樹脂と類似した性質を示すか、同様の傾向をもっているが、一般的にみるとMCナイロンの方がそれらの6ナイロン樹脂より優れた性質を示し、実用的な特性をもっている。これはMCナイロンとそれらの6ナイロン樹脂との重合法および成形方法の相違に起因するものと考えられている。

MCナイロンの機械材料としての性質は一義的に定めることはできない。これは、通常のナイロン樹脂を含めたプラスチック材料の一般的な性質であるが、特に温度の上昇および水分の吸収によって性質が変化することが、金属材料と比べて大きく異なる点である。MCナイロンの物性を論ずるためには常にこれらの条件を考慮しなければならず、膨大な資料を必要とし、いかなる用途に対しても、設計に必要な資料をあらかじめ全部揃えることは大きな労力を要することになる。このため、プラスチック材料については代表的な条件での性質に基づいて概略的な設計を行い、実用試験をくり返した上で、本格的に使用されるという段階を踏むことが現在では一般的な方法となっている。

本章ではMCナイロンの代表的な条件における各種の基礎的な性質を示したが、特殊な条件での特性はケース・バイ・ケースに検討していくことが必要である。

以下、各項目別に、MCナイロンの物性を他材料と比較して示す。

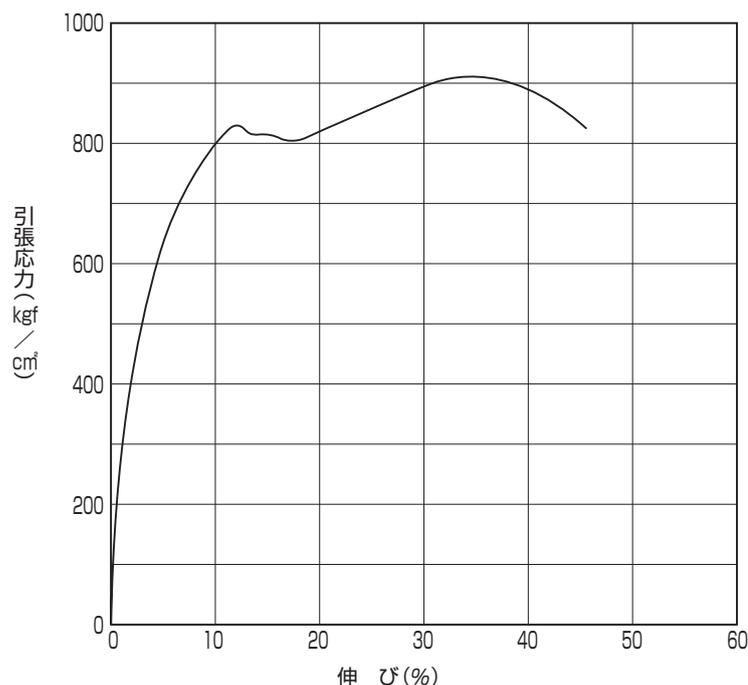
## 1.2 機械的性質

表1に、標準状態における機械的性質を他のエンジニアリングプラスチックおよび金属材料と比較して示す。

一般的に、荷重と変形量の関係は応力-ひずみ曲線によって代表される。

図1は実験によって得られたMC901の典型的な応力-ひずみ曲線である。

(図1) MC901の応力-ひずみ曲線の実験例 (20°C-絶乾)



(表1-1) 各種エンジニアリングプラスチックの機械的性質

項目	試験方法 ASTM	単位	M C ナ イ ロ ン								6ナイロン	66ナイロン	ポリベンコ アセタール コポリマー	タイパー 1000NA UHMW-PE	PTFE
			MC901 MC900NC	MC801	MC703HL	MC602ST	MC501CD R2	MC501CD R6	MC501CD R9	MC500AS R11					
比重	D-792	—	1.16	1.16	1.11	1.23	1.20	1.23	1.19	1.15	1.14	1.14	1.41	0.94	2.17
引張強度	D-638	MPa {kgf/cm <sup>2</sup> }	96 {980}	83 {850}	66 {670}	96 {979}	69 {700}	75 {760}	88 {897}	52 {530}	78 {795}	91 {925}	61 {620}	40 {408}	24 {245}
伸び	D-638	%	30	40	19	15	10	7	12	162	53	60	40	300	300
引張弾性率	D-638	MPa {10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> }	3,432 {35.0}	3,334 {34.0}	— —	— —	— —	— —	— —	— —	2,795 {28.5}	3,236 {33.0}	2,824 {28.8}	750 {7.6}	480 {4.9}
圧縮強度 (5%変形)	D-695	MPa {kgf/cm <sup>2</sup> }	95 {970}	93 {948}	75 {760}	115 {1,173}	98 {1,000}	93 {950}	106 {1,081}	33 {340}	88 {900}	94 {958}	76 {775}	20 {200}	— —
圧縮弾性率	D-695	MPa {10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> }	3,530 {36.0}	3,513 {35.8}	2,765 {28.2}	4,640 {47.3}	4,210 {42.9}	4,020 {41.0}	4,438 {45.3}	1,314 {13.4}	3,167 {32.3}	3,217 {32.8}	2,700 {27.5}	770 {7.9}	— —
曲げ強度	D-790	MPa {kgf/cm <sup>2</sup> }	110 {1,120}	110 {1,120}	92 {940}	140 {1,428}	118 {1,200}	118 {1,200}	132 {1,346}	45 {460}	116 {1,180}	135 {1,380}	89 {910}	22 {224}	— —
曲げ弾性率	D-790	MPa {10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> }	3,530 {36.0}	3,451 {35.2}	2,599 {26.5}	4,640 {47.3}	4,110 {41.9}	4,020 {41.0}	4,160 {42.4}	1,216 {12.4}	2,864 {29.2}	3,256 {33.2}	2,589 {26.4}	880 {9.0}	— —
アイソット衝撃値 (ノッチ付)	D-256	J/m {kgf·cm /2.54cm}	50 {13}	50 {13}	39 {10}	45 {12}	35 {9}	35 {9}	35 {9}	180 {47}	70 {18}	67 {17}	74 {19}	破断せず	158.7 {41}
ポアソン比	—	—	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	0.35	—	—
ロックウェル硬度	D-785	Rスケール	120	120	110	120	119	117	119	93	118	120	119	52	15
せん断強度	D-732	MPa {kgf/cm <sup>2</sup> }	70.9 {723}	64.8 {661}	52.4 {534}	— —	63.8 {651}	62.2 {634}	— —	47.1 {480}	54.4 {555}	66.2 {675}	54.9 {560}	21.3 {217}	— —
吸水率 (23℃水中、24時間浸漬) (23℃水中、飽和値)	D-570	%	0.8 6.0	0.8 6.0	0.6 8.0	0.5 5.5	0.4 5.2	0.5 5.7	0.6 6.2	1.6 7.0	1.1 9.2	0.6 8.0	0.22 0.7	<0.01 <0.01	<0.01 —

\* 上記の測定値は絶乾時の代表的なもので、保証値ではありません。参考値としてご利用ください。

(表1-2) 各種金属材料の機械的性質

項目	単位	銅	黄銅	砲金	青銅	燐青銅	アルミ 青銅	亜鉛 合金	アルミ 合金	鉄合金 鑄物	ステンレス スチール	構造用炭素 鋼 (S45C)
比 重	—	8.89	8.47	8.7	8.8	8.8	7.6	6.6	2.79	7.2	7.93	7.86
引 張 強 度	MPa {kgf/cm <sup>2</sup> }	195< {1,988<}	275< {2,804<}	245< {2,498<}	195< {1,988<}	195< {1,988<}	490< {4,997<}	284< {2,896<}	425< {4,333<}	216< {2,203<}	520< {5,303<}	686< {6,995<}
伸 び	%	35<	40<	15<	15<	5<	20<	3.5	20	20<	40<	17<
引 張 弾 性 率	GPa {10 <sup>4</sup> kgf/cm <sup>2</sup> }	117 {119}	103 {105}	103 {105}	83 {85}	110 {112}	105 {107}	89 {91}	71.5 {73}	101 {103}	197 {201}	200 {204}
降 伏 点 強 度	MPa {kgf/cm <sup>2</sup> }	200< {2,039<}	185< {1,887<}	165< {1,683<}	—	118< {1,203<}	—	137< {1,397<}	275< {2,804<}	207< {2,111<}	206< {2,101<}	490< {4,997<}
硬 度	ブリネル	112	150	110	107	—	120	82	105	235	160	201~269

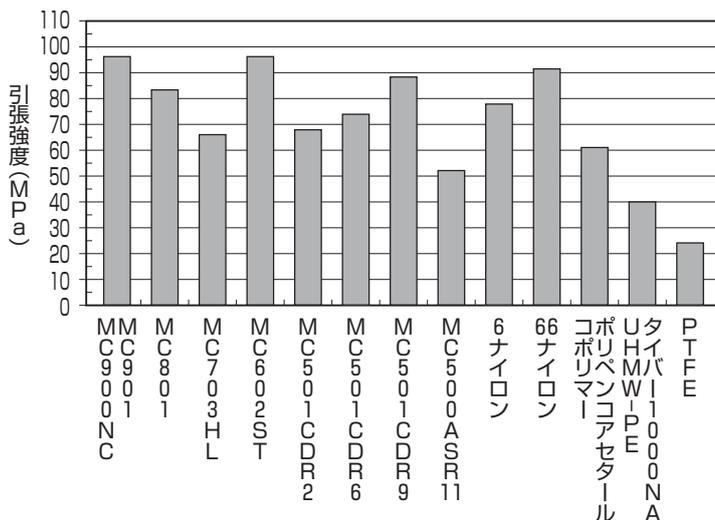
\* 上記の測定値は保証値ではありません。参考値としてご利用ください。

図2は各種エンジニアリングプラスチックの引張強度を図示したものであり、図3は圧縮強度の温度による変化を示したものである。MCナイロンは熱可塑性樹脂としては引張強度が大きく、かつ比較的広い温度範囲でかなりの強度を示すが、温度の上昇とともに明確に強度の低下がみられる。

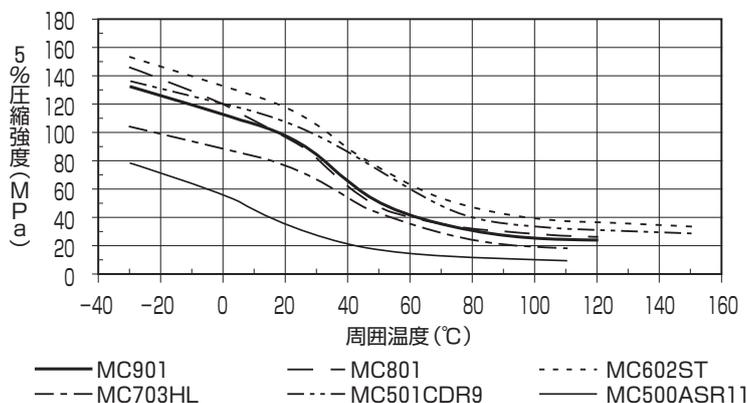
機械材料としての重要なファクターの一つは弾性率であるが、MCナイロンの弾性率は、やはり強度と同様の傾向で、温度の影響を受ける。一般的な傾向としては通常の6ナイロン樹脂と似ているが、MCナイロンは通常の6ナイロン樹脂より高結晶であるために、温度の影響を受けやすい非結晶部分が少なく、後に述べる吸水に対する影響とともに、改善された性質を示すようになっている。

図4は、圧縮弾性率の温度による変化を示したものである。

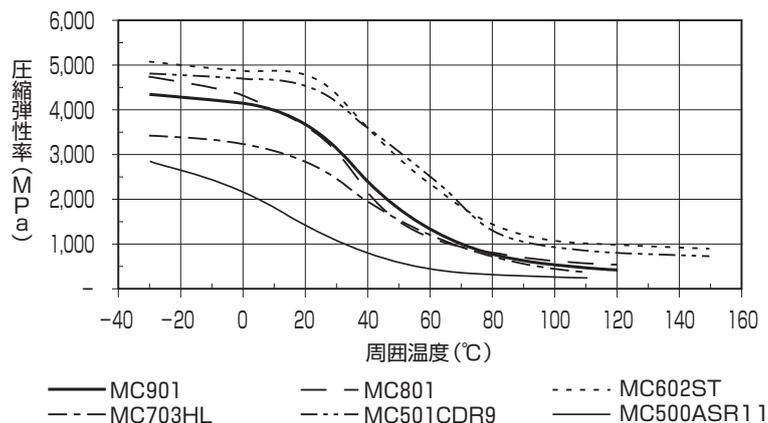
(図2) 各種エンジニアリングプラスチックの引張強度



(図3) MCナイロンの温度に対する圧縮強度変化



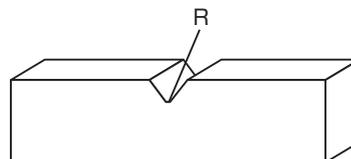
(図4) MCナイロンの温度による圧縮弾性率変化



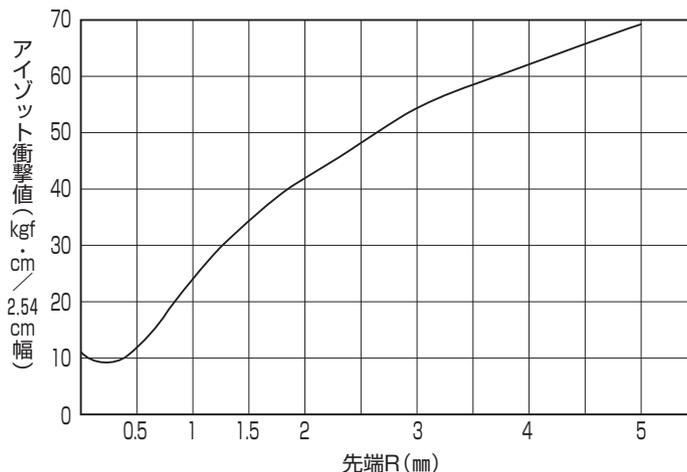
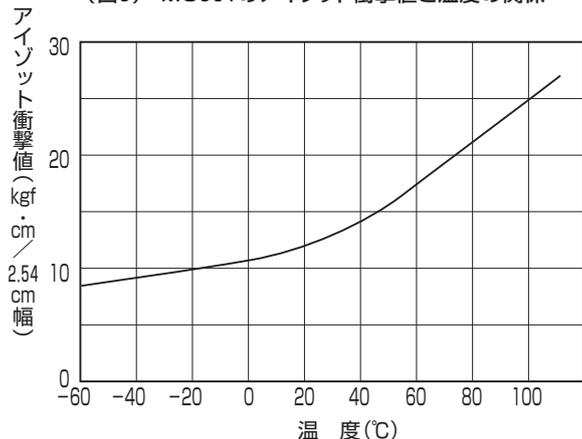
MCナイロンは、高結晶性のポリマーであるため、常温付近での耐衝撃性は低く、特にノッチ・センシティブである。(実用上は、ノッチが入らないように設計すれば、むしろ衝撃吸収用の材料として使われる。)この耐衝撃性は、温度が上昇するに従い向上する。その傾向を図5に示す。

また、ノッチ付衝撃試験におけるノッチ先端のRと衝撃強度との関係を図6に示す。このデータから分かるように、コーナーをとるときはR3以上にするのが望ましい。

(図6) MC901のアイゾット衝撃値とノッチ先端Rの関係



(図5) MC901のアイゾット衝撃値と温度の関係

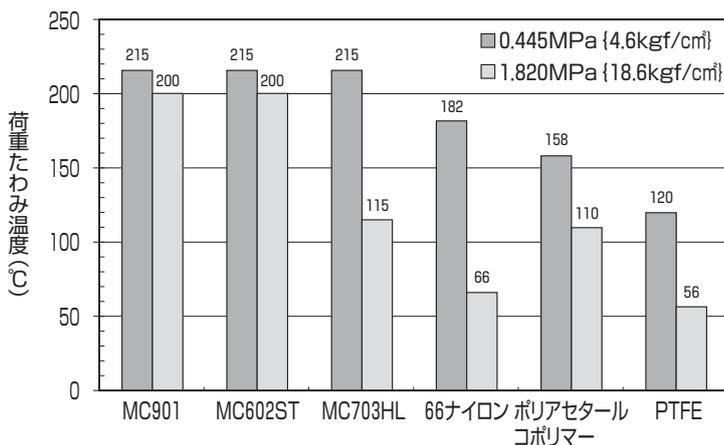


### 1.3 熱的性質

熱的性質は、プラスチック材料を金属材料と比べる場合に特に重要な性質である。

図7は各種エンジニアリングプラスチックの荷重たわみ温度を図示したものである。

(図7) 各種エンジニアリングプラスチックの荷重たわみ温度 (ASTM D-648)



MCナイロンの熱的性質の特長は、耐熱温度が高いこと、および図7にみられるように荷重たわみ温度が高いことであるが、特にMC901 およびMC602STは単に荷重たわみ温度が他のプラスチックより高いというだけでなく、荷重の高低によるたわみ温度の差の小さいことも注目すべき特長である。

表2に一般的な熱的性質を示す。

(表2-1) 各種エンジニアリングプラスチックの熱的性質

項目	試験方法 ASTM	単位	M C ナ イ ロ ン								6ナイロン	66ナイロン	ポリベンコ アセタール コポリマー	タイパー 1000NA UHMW-PE	PTFE
			MC901 MC900NC	MC801	MC703HL	MC602ST	MC501CD R2	MC501CD R6	MC501CD R9	MC500AS R11					
熱伝導率	C-177	W/(m・k) {kcal/(hr・m・°C)}	0.23 {0.2}	0.23 {0.2}	—	0.44 {0.38}	0.51 {0.44}	0.71 {0.61}	—	—	0.23 {0.2}	0.25 {0.21}	0.23 {0.20}	0.41 {0.35}	0.23 {0.20}
線膨張係数	D-696	$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	9.0	9.0	9.0	6.5	8.0	7.5	8.6	11.0	11	9.0	9.0	20.0	10.0
比熱	—	kJ/(kg・K) {cal/(g・°C)}	1.67 {0.4}	1.67 {0.4}	—	—	1.67 {0.4}	1.67 {0.4}	—	—	1.67 {0.4}	1.67 {0.4}	1.46 {0.35}	1.84 {0.44}	—
荷重たわみ温度 1.820MPa {18.6kgf/oil}	D-648	°C	200	200	115	200	200	200	200	75	—	66	110	46	56
0.445MPa {4.6kgf/oil}	D-648	°C	215	215	215	215	215	215	215	150	—	182	158	80	120
連続使用温度	—	°C	120	120	110	150	120	120	150	105	100	120	95	80	260
融点	—	°C	222	222	221	222	215	215	218	212	219	—	165	136	—
燃焼性	(UL94相当)	—	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	(HB)	—

\* 上記の測定値は絶乾時の代表的なもので、保証値ではありません。参考値としてご利用ください。

\* 燃焼性は、UL94に準拠した評価試験で得られた結果および原料メーカーのデータに基づき類推しております。素材としてのイエローカードはありません。

(表2-2) 各種金属材料の熱的性質

項目	単位	銅	黄銅	砲金	青銅	燐青銅	アルミ 青銅	亜鉛 合金	アルミ 合金	鉄合金 鋳物	ステンレ スチール	構造用炭素 鋼 (S45C)
熱伝導率	W/(m・k) {kcal/hr・m・°C}	391 {336}	117 {101}	75.3 {64.8}	71.2 {61.2}	50.2 {43.2}	50.2 {43.2}	113 {97}	165 {142}	52.3 {45}	16.3 {14.0}	29.3 {25.2}
線膨張係数	$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	1.77	1.629	1.8	1.72	1.68	1.7	2.74	2.26	1.2	1.73	1.21
比熱	kJ/(kg・K) {cal/g・°C}	0.380 {0.09}	0.385 {0.09}	0.381 {0.09}	0.343 {0.082}	0.377 {0.09}	0.41 {0.098}	0.4187 {0.10}	0.913 {0.21}	0.5 {0.12}	0.5 {0.12}	0.49 {0.116}
融点	°C	1,083	905	1,200	1,200	1,215	1,225	381	650	1,210	1,425	1,435

\* 上記の測定値は、保証値ではありません。参考値としてご利用ください。

## 1.4 吸水性

ナイロン樹脂は一般的に吸水性があって機械的な性質や耐摩耗性を低下させるという欠点があるが、MCナイロンは、この欠点が次の二つの点でかなり改良されている。すなわち、

- 1) 飽和吸水量が通常の6ナイロン樹脂等より少なくなっている。
- 2) 吸水速度が遅くなっている。

図8にMCナイロンの有効厚さと一定吸水率に達するまでの時間の関係を示す。

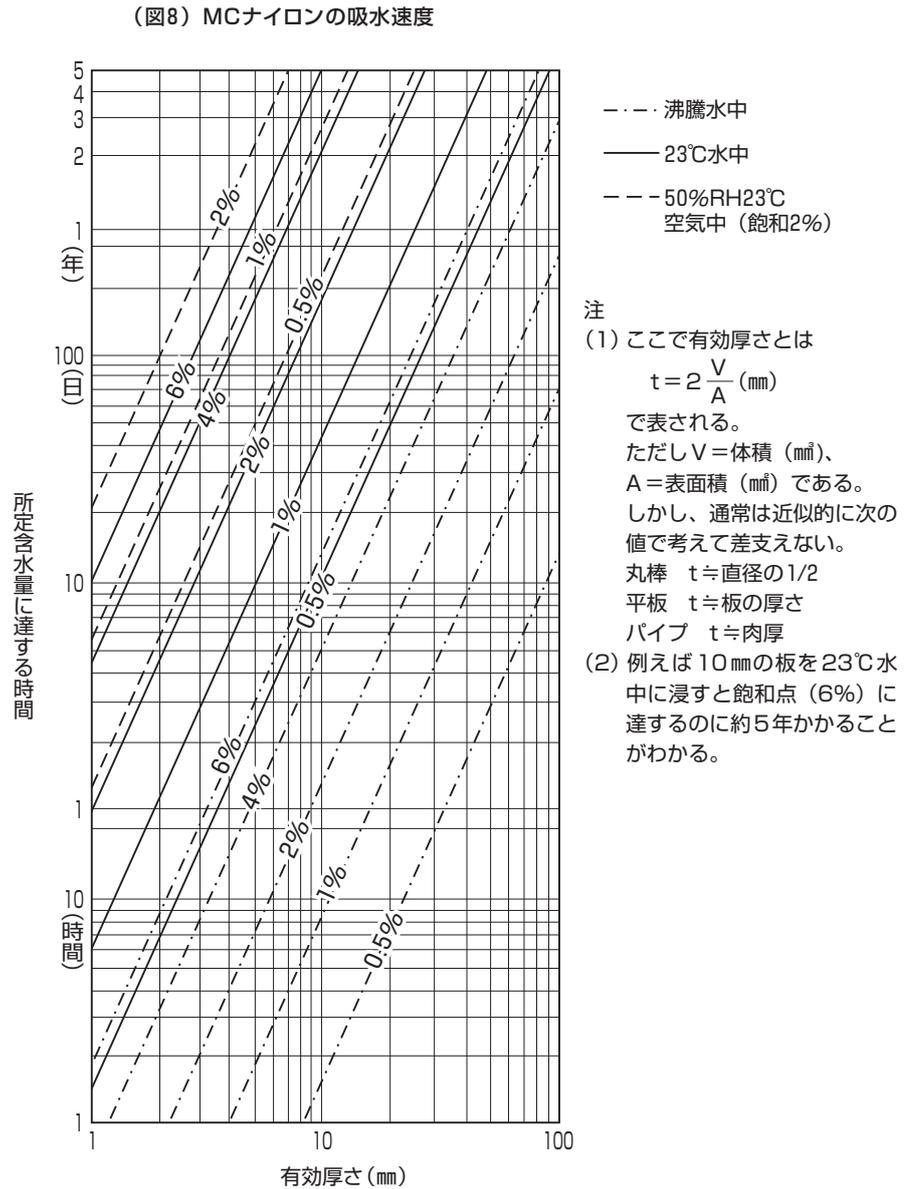


表3に各種ナイロン樹脂の吸水率を示す。

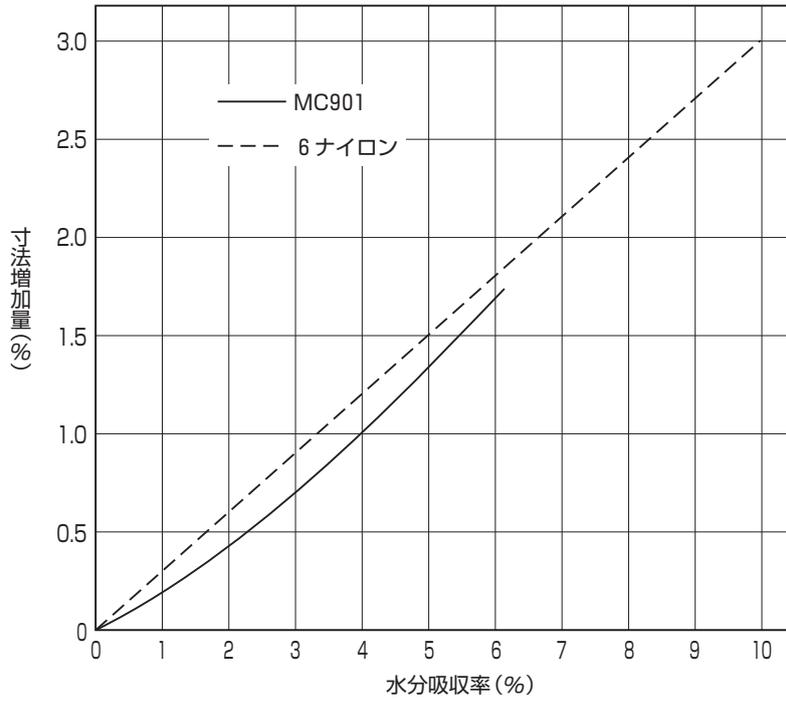
(表3) 各種ナイロン樹脂の吸水率 (ASTM D-570、他)

	MC901	MC801	66ナイロン	6ナイロン
23°C水中、24時間浸漬	0.8	0.8	0.6	1.1
23°C水中、飽和値	6.0	6.0	8.0	9.2
室温、室内放置	2.5~3.5	2.5~3.7	-	-

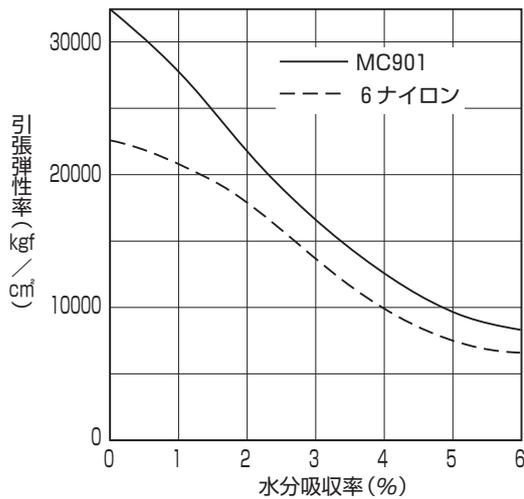
P.7の図9、図10、図11、図12、図13はそれぞれMC901における寸法変化、引張弾性率、引張強度、圧縮弾性率、圧縮強度に対する吸水の影響を示したものである。実際上は、吸水速度が遅いために、あまりトラブルは発生しない。ただし肉薄品の場合は吸水による寸法変化を考慮する必要がある。高い強度を要求されない部品ならば、寸法精度を上げるために、あらかじめ飽和させておいてから仕上げの機械加工を行うこともある。

なお、油、潤滑油に対しては問題ない。

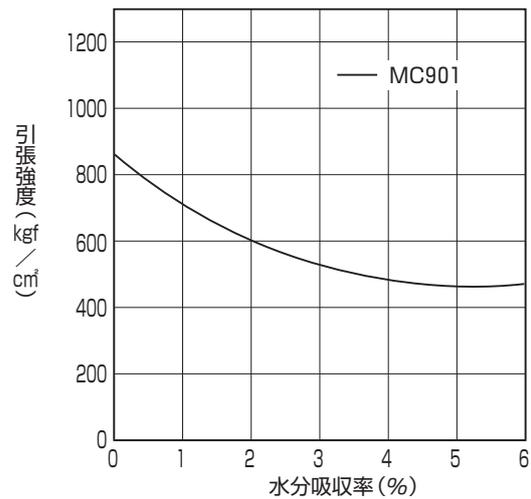
(図9) MC901の水分吸収率と寸法増加量 (23°C)



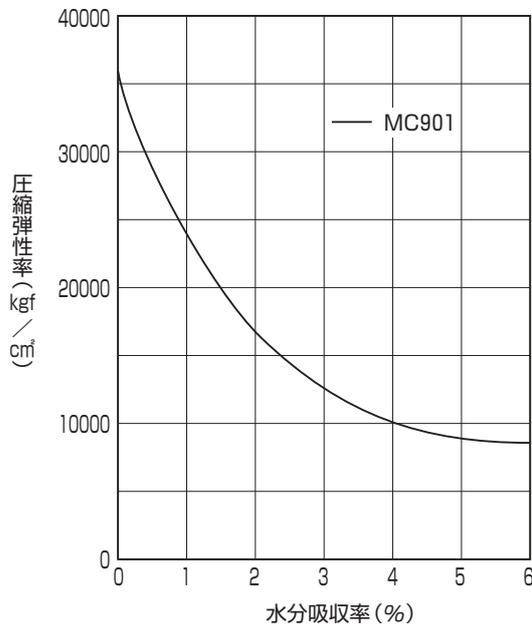
(図10) MC901の水分吸収による引張弾性率の変化 (23°C)



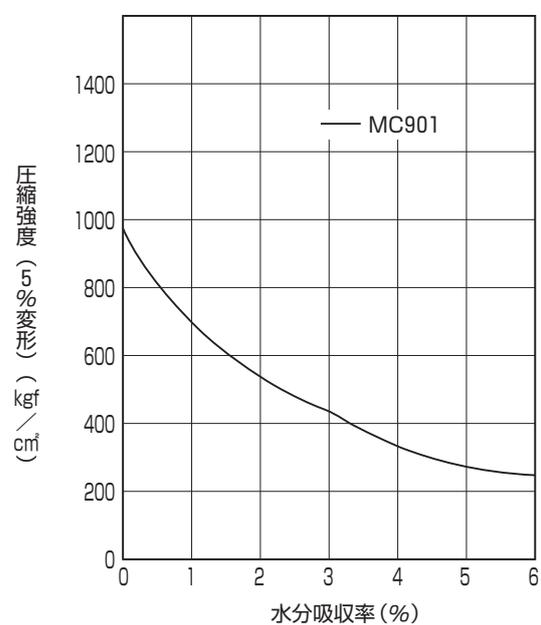
(図11) MC901の水分吸収による引張強度の変化 (23°C)



(図12) MC901の水分吸収による圧縮弾性率の変化 (23°C)



(図13) MC901の水分吸収による圧縮強度の変化 (23°C)



## 1.5 耐薬品性

MCナイロンの耐薬品性は通常のナイロン樹脂とほとんど同じである。一般的に有機溶剤に強く酸に弱い。MCナイロンの各種薬品に対する使用可否を表4に示す。その特性をまとめると下記のとおりである。

1. 多くの無機酸には常温、低濃度でも無条件には使用できない。
2. 無機アルカリには、常温においてかなりの濃度まで使用できる。
3. 無機塩の水溶液にはかなりの温度、濃度まで使用できる。
4. 有機酸（ぎ酸を除く）には、無機酸よりかなり安定である。
5. エステル類、ケトン類には、常温において安定である。
6. 芳香族には常温において安定である。
7. 鉱物油、植物油、動物油脂には常温において安定である。

(表4) MCナイロンの耐薬品性

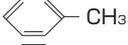
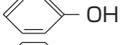
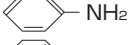
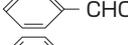
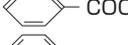
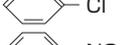
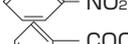
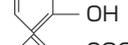
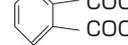
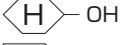
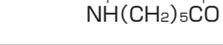
### A 無機化合物

薬品名	化学式	温度 ℃	濃度 %	使用可否
塩酸（塩化水素酸）	HCl	23	2	B
//	//	23	10	C
硫酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	23	2	C
発煙硫酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /SO <sub>3</sub>	23	UD	D
硝酸	HNO <sub>3</sub>	23	0.1	B
//	//	23	5	C
リン酸	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	23	3	C
水酸化ナトリウム	NaOH	23	50	A
水酸化カリウム	KOH	23	10	A
//	//	80	50	C
アンモニア水	NH <sub>4</sub> OH	23	10	A
アンモニア（気体）	NH <sub>3</sub>	23	UD	B
塩化ナトリウム（塩）	NaCl	23	10	A
塩化カリウム	KCl	23	10	A
塩化カルシウム	CaCl <sub>2</sub>	23	SS	B
//	//	100	SS	C
塩化アンモニウム	NH <sub>4</sub> Cl	23	10	A
次亜塩素酸ナトリウム	NaClO	23	5	B
硫酸ナトリウム	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	23	10	A
チオ硫酸ナトリウム	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23	10	A
重亜硫酸ナトリウム	NaHSO <sub>3</sub>	23	10	A
硫酸銅（Ⅱ）	CuSO <sub>4</sub>	23	SS	A
過マンガン酸カリウム	KMnO <sub>4</sub>	23	1	C
炭酸ナトリウム	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	23	SS	A
塩素ガス（乾燥）	Cl <sub>2</sub>	23	UD	C
硫化水素（気体）	H <sub>2</sub> S	23	UD	B
過酸化水素	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	23	1	C
オゾン	O <sub>3</sub>	23	UD	C
水	H <sub>2</sub> O	60	UD	A
//	//	100	UD	B
水蒸気	//	> 100	UD	C
清浄液類（石けん液類）	-	23	UD	A

B 有機化合物

薬品名	化学式	温度 ℃	濃度 %	使用可否
ぎ 酸	HCOOH	23	2	B
//	//	23	UD	D
酢 酸	CH <sub>3</sub> COOH	23	5	A
//	//	23	10	B
酪 酸	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	23	20	A
乳 酸	CH <sub>3</sub> CH(OH)COOH	23	90	C
オレイン酸	C <sub>13</sub> H <sub>33</sub> COOH	23	UD	A
シユウ酸	(COOH) <sub>2</sub>	23	10	B
クエン酸	HOOC(OH)C(CH <sub>2</sub> COOH) <sub>2</sub>	23	10	B
メチルアルコール(メタノール)	CH <sub>3</sub> OH	23	UD	A
エチルアルコール(エタノール)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	23	96	B
ブチルアルコール(ブタノール)	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	23	UD	A
エチレングリコール	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub>	23	UD	A
//	//	100	UD	C
グリセリン	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>2</sub>	23	UD	A
酢酸メチル	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	23	UD	A
酢酸エチル	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	23	UD	A
酢酸ナトリウム	CH <sub>3</sub> COONa	23	45	A
アセトン	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	23	UD	A
メチルエチルケトン(MEK)	CH <sub>3</sub> COC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	23	UD	A
ホルムアルデヒド(水溶液)	HCHO	23	30	B
アセトアルデヒド	CH <sub>3</sub> CHO	23	40	A
エーテル(ジエチルエーテル)	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	23	UD	A
アセトアミド	CH <sub>3</sub> CONH <sub>2</sub>	23	50	A
エチレンジアミン(ジアミノエタン)	CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	23	UD	B
アクリロニトリル	CH <sub>2</sub> =CHCN	23	UD	A
四塩化炭素(テトラクロロメタン)	CCl <sub>4</sub>	23	UD	A
塩化エチル(クロロエタン)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	23	UD	B

SS：飽和溶液 UD：原液もしくは希釈していないもの

薬品名	化学式	温度 ℃	濃度 %	使用可否
ベンゼン		23	UD	A
トルエン		23	UD	A
フェノール(石炭酸)		23	5	C
アニリン		23	UD	B
ベンズアルデヒド		23	UD	B
安息香酸		23	20	B
クロロベンゼン		23	UD	A
ニトロベンゼン		23	UD	B
サリチル酸		23	SS	A
ジブチルフタレート(フタル酸ジブチル)		23	UD	A
シクロヘキサン		23	UD	A
シクロヘキサノール		23	UD	A
テトラヒドロフラン		23	UD	A
ε-カプロラクタム		120	UD	D
石油エーテル	—	23	CA	A
普通ガソリン	—	85	CA	A
軽油	—	23	CA	A
潤滑油	—	23	CA	A
油脂類(植物系、鉱物系)	—	23	CA	A
亜麻仁油	—	23	CA	A
シリコン油	—	23	CA	A
食用油脂	—	23	100	A
牛脂	—	23	100	A
牛乳	—	23	CA	A
酒精(ワイン、蒸留酒、酒類)	—	23	CA	A
フルーツジュース	—	23	100	A

SS：飽和溶液 UD：原液もしくは希釈していないもの CA：汎用市販品

【使用可否の表示】

- A 使用差支えない。十分な耐性がある。
  - B 使用できる。長期に使用すると若干の性質低下、膨潤が起こる。表示以上の温度、濃度では安全でない。
  - C 使用は勧められない。短時期であれば耐性がある。
  - D 使用できない。急速に侵されるか、溶解する。
- 注) 上記評価はあくまでも参考データですので、サンプルによる実使用条件下での予備試験をお勧めいたします。

## 1.6 電氣的性質

MCナイロンは通常の6ナイロン樹脂に類似しており、吸湿の影響を受けるので高い電気絶縁性を求められる用途には適さないが、その一方、プラスチックの中では静電気を帯びにくい材料である。

一般的に体積固有抵抗が $10^8 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であれば、静電気を帯びにくいといわれている。MC501CDシリーズは体積固有抵抗が $10^2 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ で、静電気を帯びにくい特長をもつ導電・帯電防止グレードである。

表5にMCナイロンおよびその他のエンジニアリングプラスチックの電氣的性質を示す。また図14および図15 (P.12) にはMCナイロンの水分吸収率による絶縁破壊電圧および体積固有抵抗の変化を、図16 (P.12) には絶縁破壊電圧の試料厚さ特性を示す。

試料厚さが増すと1mm厚さあたりの絶縁破壊電圧が低くなるが、これは試料内部の蓄熱のためと考えられている。

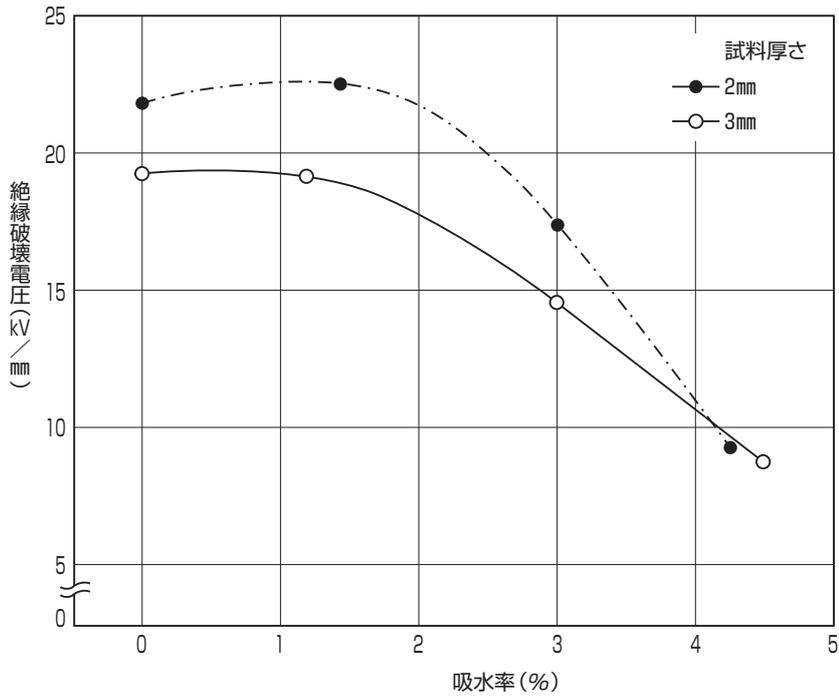
(表5) 各種エンジニアリングプラスチックの電氣的性質

項目	試験方法 ASTM	単位	M C ナ イ ロ ン							
			MC901 MC900NC	MC801	MC703HL	MC602ST	MC501CD R2	MC501CD R6	MC501CD R9	MC500AS R11
絶縁破壊電圧	D-149	kV/mm	20	18	23	24	非絶縁	非絶縁	非絶縁	非絶縁
体積固有抵抗	D-257	$\Omega \cdot \text{m}$ { $\Omega \cdot \text{cm}$ }	$10^{13}$ { $10^{15}$ }	—	—	—	$1 \sim 10^2$ { $10^2 \sim 10^4$ }	$10^4 \sim 10^6$ { $10^6 \sim 10^8$ }	$10^6 \sim 10^8$ { $10^8 \sim 10^{10}$ }	$10^8 \sim 10^{10}$ { $10^{10} \sim 10^{12}$ }
誘電率 ( $\epsilon$ ) 60Hz 10 <sup>3</sup> Hz 10 <sup>6</sup> Hz	D-150	—	3.7 — 3.7	— 3.7 3.7	— — 3.4	— — 3.6	— — —	— — —	— — —	— — —
誘電正接 ( $\tan \delta$ ) 60Hz 10 <sup>3</sup> Hz 10 <sup>6</sup> Hz	D-150	—	0.02 0.02 0.02	— 0.02 0.02	— — 0.03	— — 0.03	— — —	— — —	— — —	— — —

項目	6ナイロン	66ナイロン	ポリベンコ アセタール コポリマー	タイバー 1000NA UHMW-PE	PTFE
絶縁破壊電圧	16-20	18	20	45	16-24
体積固有抵抗	$10^{10} \sim 10^{13}$ { $10^{12} \sim 10^{15}$ }	$10^{11} \sim 10^{13}$ { $10^{13} \sim 10^{15}$ }	$>10^{12}$ { $>10^{14}$ }	$10^{14}$ { $10^{16}$ }	$10^{16}$ { $>10^{18}$ }
誘電率 ( $\epsilon$ ) 60Hz 10 <sup>3</sup> Hz 10 <sup>6</sup> Hz	3.9-5.0 4.0-4.9 4.0-4.7	4.1-4.6 4.0-4.5 3.5	3.7 3.7 3.7	— — 2.3	2.0-2.1 2.0-2.1 2.0-2.1
誘電正接 ( $\tan \delta$ ) 60Hz 10 <sup>3</sup> Hz 10 <sup>6</sup> Hz	0.06-0.10 0.06-0.11 0.04-0.13	0.014 0.02 0.02	0.001 — 0.007	— — 0.0005	0.0005 0.0005 0.0005

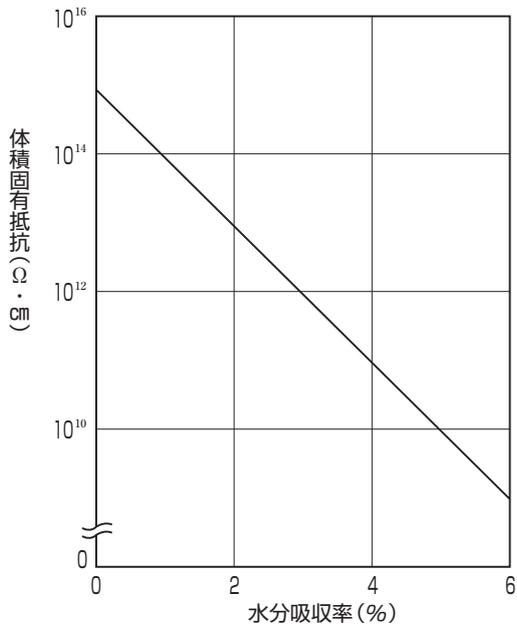
\* 上記の測定値は絶乾時の代表的なもので、保証値ではありません。参考値としてご利用ください。

(図14) MC901の水分吸収による絶縁破壊電圧の変化

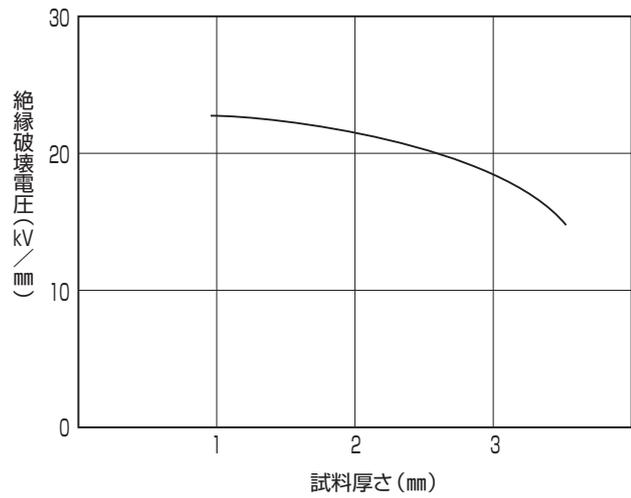


電極：φ 25 mm 平円板  
 荷重：500gf  
 電圧上昇速度：1,000V/sec.  
 油中：油温 25～27℃

(図15) MC901の水分吸収による体積固有抵抗の変化 (25℃)



(図16) MC901の試料厚さによる絶縁破壊電圧の変化



JIS C2110  
 交流：50Hz  
 油温：25℃  
 電極 (上、下)：φ 25 mm 平円板

## 1.7 摩擦特性

MCナイロンを含めて、通常のナイロン樹脂は一般的に摩擦特性が優れている。特に自己潤滑性があるため不完全給油、場合によっては無給油の状態でも使用できる。

表6にMCナイロンの静摩擦係数および動摩擦係数を示す。低粘度の潤滑油を塗布した時は摩擦係数は0.05に低下する。

(表6) ライナー型試験機によるMCナイロンの静・動摩擦係数

	静摩擦係数		動摩擦係数	
	無潤滑	潤滑	無潤滑	潤滑
MC901	0.15~0.17	0.06~0.08	0.13~0.15	0.05~0.07
MC801	0.14~0.16	0.06~0.08	0.12~0.14	0.05~0.07
MC703HL	0.13~0.14	0.05~0.07	0.11~0.13	0.04~0.06
MC602ST	0.18~0.21	0.07~0.09	0.17~0.19	0.06~0.08

### 測定条件

相手材：S45C

面粗度：Ra0.1 $\mu$ m相当

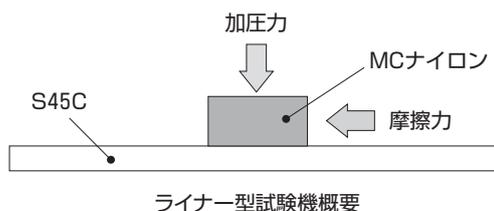
面圧：100kgf/cm<sup>2</sup>

速度：5m/min

潤滑：無潤滑

：潤滑（汎用グリス）

環境：23℃室温環境内



## 1.8 摩耗特性

あらゆる機械材料の中で、MCナイロンは最も耐摩耗性が優れているものの一つであることが、実用試験および各種試験により立証されている。次に数例を示す。

### 1.8.1 テーパー摩耗試験

擦傷性（ざらつき摩耗の一種）試験の一種である。図17で示すように回転する試験片の上に自由に回転する2個の摩耗輪（砥石車）を接触させてある。砥石車には一定の荷重がかけられており、試験片の回転によって試験片表面は、一定の荷重を受けつつ、砥石面と接触し、図17に示すようなリング状の摩耗を生じる。表7に各種材料のテーパー摩耗試験の結果（摩耗量）を示す。

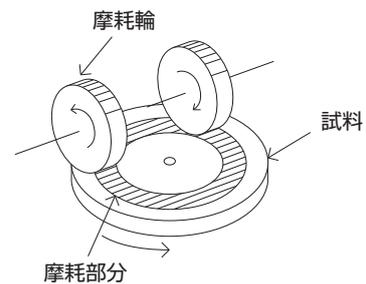
(表7) テーパー摩耗試験（試験法：JIS7204）

材 質	摩耗比率
MC901	1
MC703HL	0.8
MC602ST	1.1
66ナイロン	1.6
布基材フェノール	6.7
石綿基材フェノール	10.5
ポリアセタール	3.2
高密度ポリエチレン	2.5
砲金	8.3
硬質ウレタンゴム	1.5~2

※ MC901の摩耗量を1とした場合の比率

測定条件 環境温度：20±2℃ 湿度：60±5%  
 摩耗輪：CS-17  
 荷重：1,000gf  
 回転数：1,000回

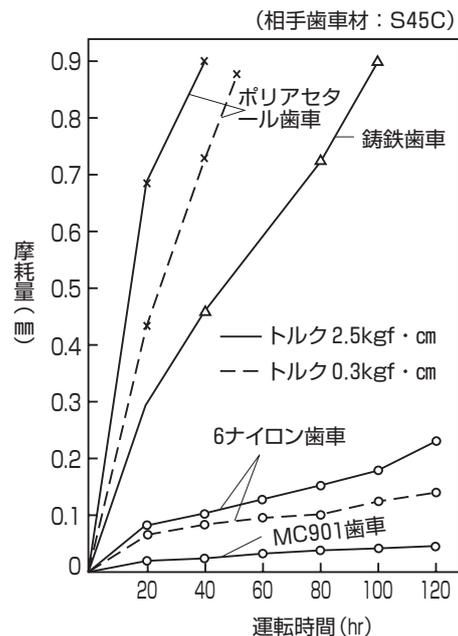
(図17) テーパー摩耗試験概略図



### 1.8.2 歯車試験機による摩耗試験

図18は、ネジ歯車用動力吸収式歯車試験機を用いてMCナイロンその他の材質の摩耗量を測定した結果である。MCナイロンが耐摩耗性に優れていることが分かる。

(図18) 各種材料製ネジ歯車の摩耗試験結果

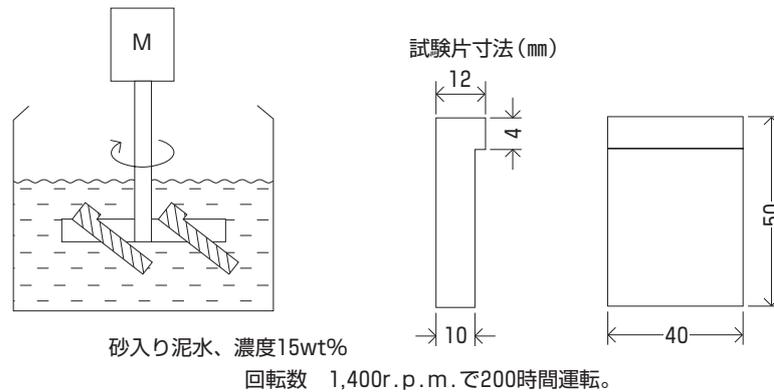


プラスチック製ねじ歯車の負荷特性について—高梨・白石  
 東北大学科学計測研究所報告  
 第17巻 第1号

### 1.8.3 インペラー型摩耗試験

図 19 に示す方法によって摩耗試験を行った。試験結果は表 8 に示すとおりである。

(図19) インペラー型摩耗試験概略図



(表8) 各種材料のインペラー型摩耗試験

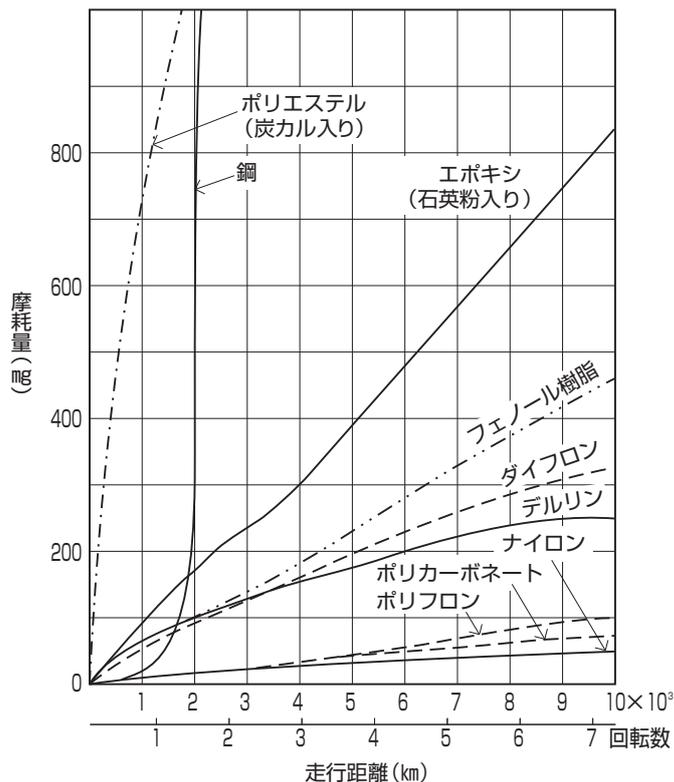
材 質	摩 耗 比 率
MC901	1
ポリアセタール	4
66 ナイロン	1.4
ポリプロピレン	3.3
ポリウレタン	1.5
鋼 (SS400)	1.8

注1. MC901の摩耗量を1とした場合の比率。

注2. 試験装置および条件は図19に示す。

### 1.8.4 ASTM D-1242による摩耗試験

(図20) 各種材料の摩耗特性

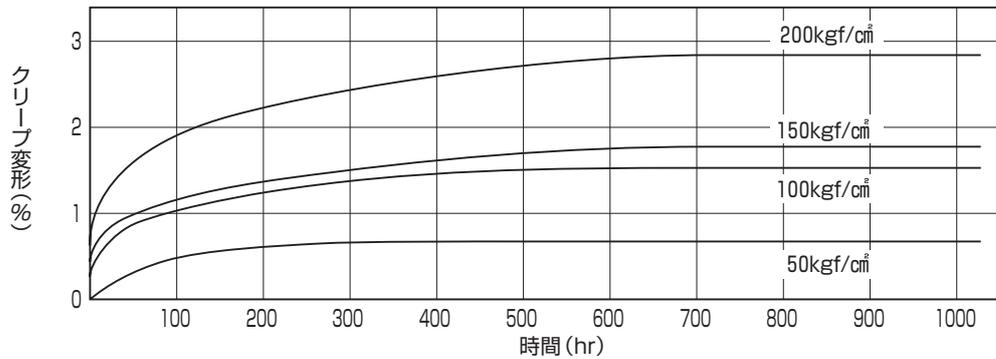


回転板：表面焼入れ鋼板  
 相対すべり速度：平均0.35 m/sec.  
 圧力：0.12 kgf/cm<sup>2</sup>  
 摩耗剤：アルミナ粉末（平均170メッシュ）  
 （山口章三郎、弗素化学3,3）  
 （1964-7）より

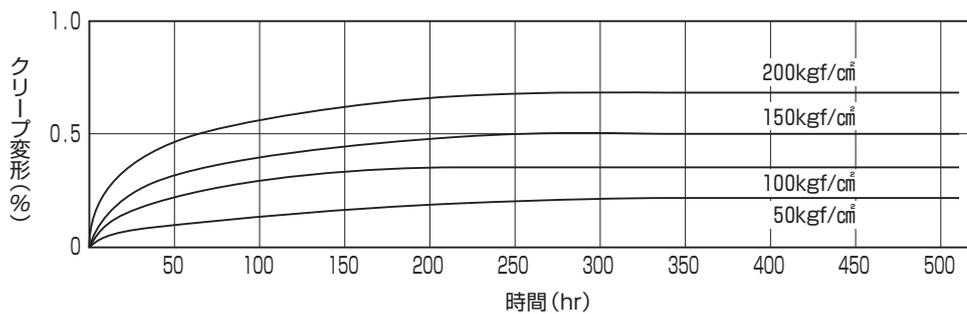
## 1.9 クリープ特性

クリープ特性は、時間的なファクターの入った重要な機械特性である。すなわちクリープは、一定荷重のもとに時間とともにひずみが増加する現象である。MC901の引張クリープを図21に、温度を変えた時の圧縮クリープを図22、図23、図24 (P.17) に示す。この図に示すように、大部分の変形は100時間内で顕著に現われ、400時間を越えるとほとんど変形しない。

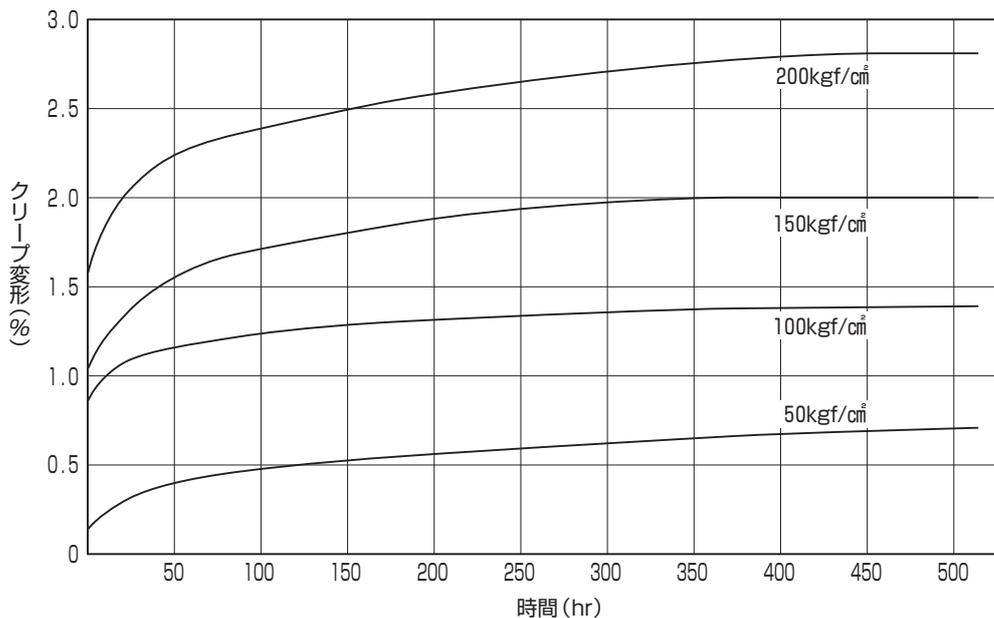
(図21) MC901の引張クリープ(温度20°C)



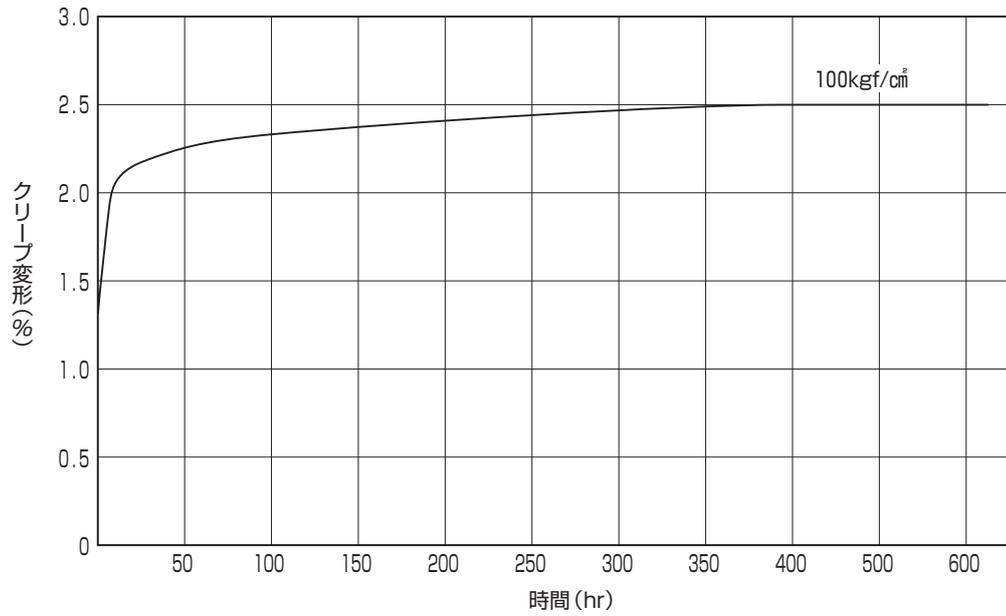
(図22) MC901の圧縮クリープ(温度20°C)



(図23) MC901の圧縮クリープ(温度50°C)



(図24) MC901の圧縮クリープ(温度80℃)



### 1.10 耐疲労性

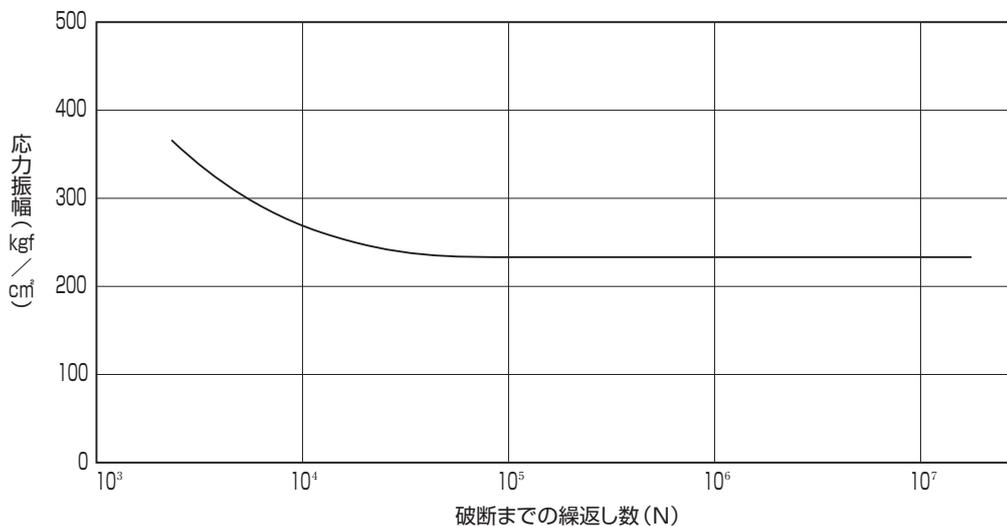
MCナイロンは実際の使用状況下では耐疲労性の高い材料としての評価が定着している。しかし、耐疲労性試験においては、MCナイロンは吸水率の高い材料のため試験方法により疲労限度がバラつき、また小さく出る傾向がある。

図25にMC901の曲げ疲労試験の一例を示す。

#### 測定条件

- 試験機 : 東洋精機製、荷重一定平面曲げ疲労試験機
- 試験速度 : 1800r.p.m.
- 試験片形状 : ASTM D671 B法 (タイプ1)
- 環境温度 : 20℃ ± 1℃

(図25) MC901の曲げ疲労曲線



## 2.1 軸受の設計

### 2.1.1 MCナイロン軸受の特長

- (1) 自己潤滑性、耐摩耗性に優れ、熱可塑性プラスチックの中では高いPV値を示している。
- (2) 固形の異物が滑り面に侵入しても優れた耐摩耗性をもっている。
- (3) 焼付きを起こさず、ジャーナルに傷を付けにくい。
- (4) 金属に比べ比重が小さく（砲金の約1/8）取扱いが簡単である。
- (5) 耐薬品性に優れている。

この章に記載されている資料は数年にわたる実用試験の結果得られたもので、実際にはここに示されているよりもはるかに過酷な条件のもとで使われている例も少なくない。

### 2.1.2 MCナイロン軸受設計の注意点

MCナイロン軸受を設計するにあたって最も注意すべき点は次のとおりである。

- (1) 軸受の単位面積あたりの圧力（P）と表面速度（V）の積、すなわちPV値がMCナイロンの許容PV値以下であること。
- (2) 適正なクリアランス（軸受のすきま）をとること。

### 2.1.3 PV値の計算

- 表面速度：V

スリーブ軸受の場合には式（1）を用いる。

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{100} \dots\dots\dots (1)$$

ただし V：表面速度 m/min.  
D：軸受の内径 cm  
n：軸の回転数 r.p.m.

- 単位面積あたりの圧力（面圧）：P

$$P = \frac{W}{D \cdot L} \dots\dots\dots (2)$$

ただし P：単位面積あたりの圧力 kgf/cm<sup>2</sup>  
W：総荷重 kgf  
D：軸受の内径 cm  
L：軸受の長さ cm

すなわち、軸受にかかる総荷重を軸受の投影面積で割ったものを面圧とする。

## 2.1.4 PV値の使い方

表9に各種エンジニアリングプラスチックのPVa値を示す。PVa値とは、23℃の周囲温度のもとで特定の潤滑状態において連続運転される場合の許容PV値である。したがって、23℃をのぞく場合や連続的に使用されない場合には、この表のPVa値を基本値として修正を加える。

連続給油の場合は、潤滑油の量および種類によって多少変わるが、PV値は大幅に向上し面圧が140 kgf/cm<sup>2</sup>以下で周囲温度が38℃以下であれば、砲金より優れた性能をもっている。

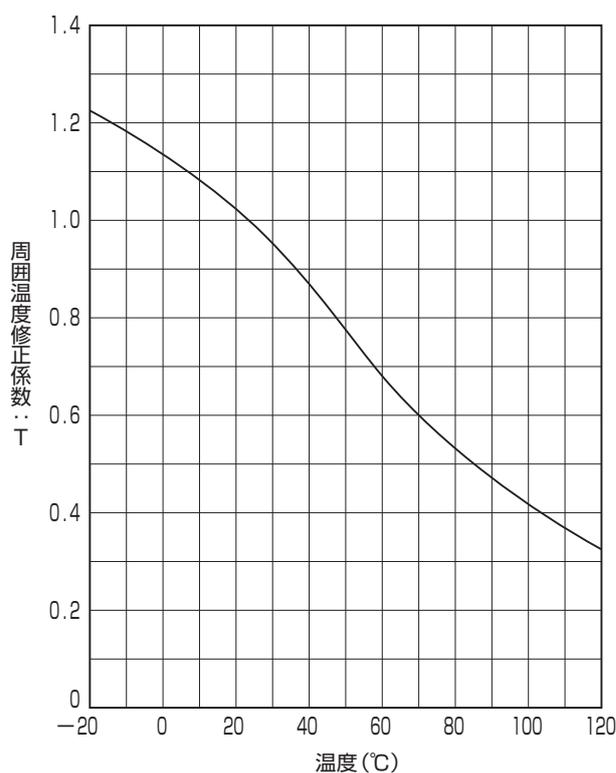
(表9) PVa値

材 質	無潤滑	周期的潤滑	許容面圧
MC901 およびMC801	65kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	340kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	140kgf/cm <sup>2</sup>
MC703HL	500kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	500kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	112kgf/cm <sup>2</sup>
MC602ST	65kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	340kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	140kgf/cm <sup>2</sup>
66ナイロン	57kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	240kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	—
テフロン	21kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	27kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	—
ポリアセタール	55kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	215kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min	—

### ○ 周囲温度修正係数：T

周囲温度とは環境温度であって、運転によって発生する摩擦熱による軸受の温度上昇は含まない。温度の高い場合は熱により軸受材が軟化するので、耐荷重は小さくなる。図26に周囲温度と温度修正係数Tとの関係を示す。

(図26) 周囲温度修正係数



○ 作動時間修正係数：C

連続使用でなく間けつ的に使用される場合には、休止時間の分だけ発熱量は少なくなり、一方放熱は常に行われているので、軸受の温度上昇は小さくなる。したがって、作動時間が休止時間に比べ短い場合には、許容PV値を高くすることができる。図27に間けつ的に使用される場合の作動時間と修正係数Cとの関係を示す。しかし、1回の作動時間が10分以上の長さになる場合は連続とみなす。

(図27) 作動時間修正係数

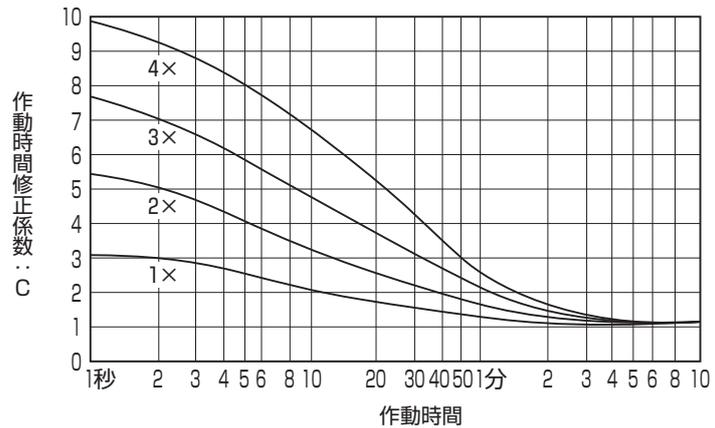


図27の各曲線の1×、2×等は、休止時間の作動時間に対する倍数を示す。例えば休止時間が作動時間の2倍ある場合は2×の曲線を用いて係数を求める。また倍数が端数、例えば3.5となるような場合は、低めの曲線3×の曲線を用いるようにする。

○ 許容PV値：PV

$$PV = PVa \times T \times C$$

ただし PVa：表9 (P.19) の値

T：図26 (P.19) の値

C：図27の値

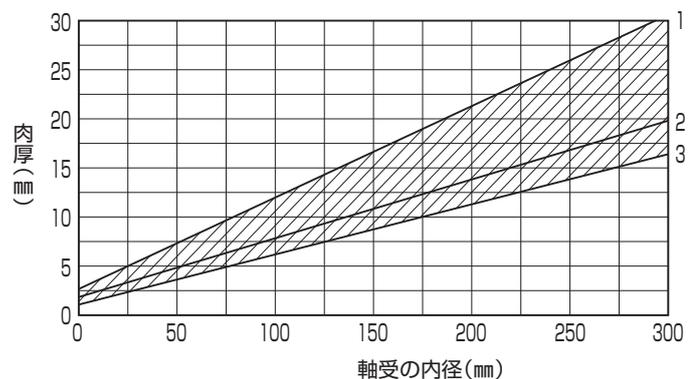
通常室温の時は、 $T = 1.0$ であり、連続使用される場合は、 $C = 1.0$ となるので、表9から求められるPVa値をそのまま採用すれば良い。

### 2.1.5 軸受の肉厚

現用の金属軸受をMCナイロンに取替える場合には、そのまま金属軸受と同じ肉厚で製作する。しかし新たに設計する場合には、使用条件、および軸受の内径によって肉厚を決めることが望ましい。図28にその関係を示す。直線2が標準の肉厚である。

許容PV値の限界付近で運転される場合は、肉厚を小さくし(直線3)、衝撃荷重のかかる場合には、肉厚を大きくとるようにする(直線1)。

(図28) 軸受の肉厚



注：1：衝撃荷重を受ける軸受の肉厚      2：標準軸受の肉厚  
3：許容限界PV値の軸受の肉厚

### 2.1.6 軸受の形状

軸受の長さとの関係は摩擦係数に著しい影響があり、最も良好な特性を示す割合は1：1の時である。軸受の長さが内径の2～3倍以上になると、回転状態が悪く、軸の振動が起き軸受の一部が高温になる場合がある。しかしあまり軸受を短くするとハウジングに強固にはめ合うことが難しくなる。

## 2.1.7 軸受のすきま

軸受破損の原因の約半数は、すきまが不十分なことから起きている。軸受のすきまは砲金軸受に比べ大きくとる。砲金軸受の場合には、すきまが大きすぎると軸の振動やスコーリング（摺動面の傷付き・顕著な摩耗）を発生する可能性があるが、MCナイロンの場合には金属に比べ弾性があり、スコーリングを起こすこともなく振動を減衰させる働きをもっているため、金属と全く異なった挙動を示す。

軸受のすきまは4つの要因によって決まる。

$$\text{すきま} = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) \text{ mm}$$

ただし  $a_1$  : 基本軸すきま : 図29に示す。

$a_2$  : 肉厚すきま (肉厚、周囲温度によって決まる。)

図30からKを求め、肉厚にかけて $a_2$ を求める。すなわち

$$a_2 = K \cdot t$$

ただし  $t$  : 軸受の肉厚 mm

$a_3$  : 圧入の場合のみ考えれば良い。 $a_3$ の大きさは、図31に示す圧入のしめしろと同じ数値をとる。

すなわち圧入をすると、しめしろとほぼ同じ量が軸受の内容の減少となるからである。

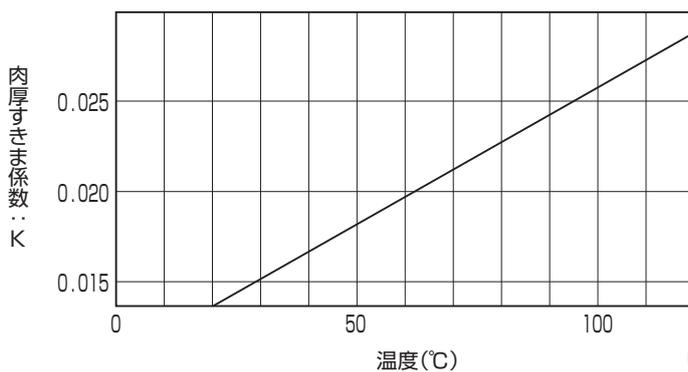
$a_4$  : 吸湿すきま : 湿度100%または水の中で使う場合には、吸湿によるすきまの減少を補正する。

$$a_4 = 0.055t$$

ただし  $t$  : 軸受の肉厚 mm

※ハウジングを用いず軸受のみで軸を保持する場合は、上記の $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ の項目は除外して良い。

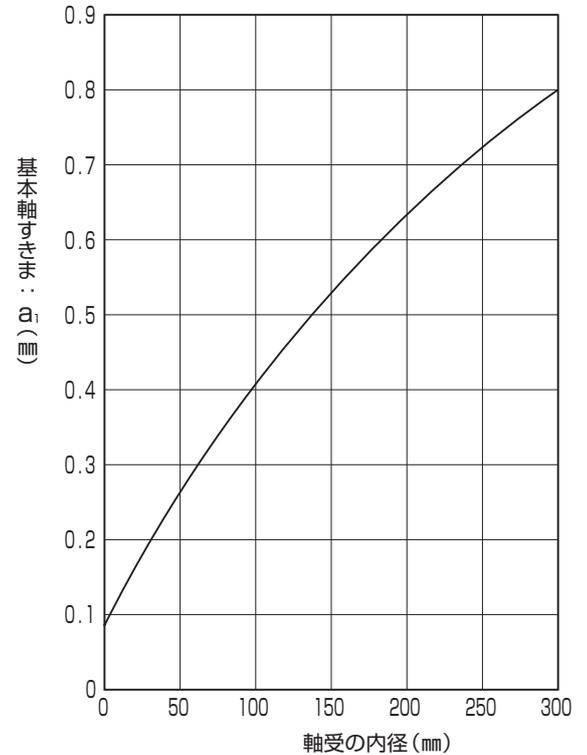
(図30) 肉厚すきま係数



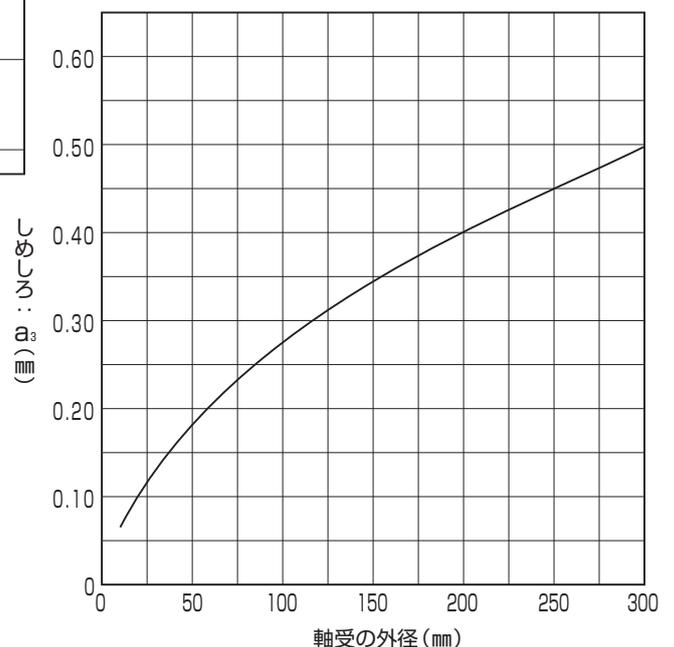
## 2.1.8 軸受の取付け

軸受のハウジングへの取付けは、一般に圧入で行われる。そのしめしろは基準値を図31に示す。周囲温度の高い場合には密着が弱くなるので、ボルト等を用いて機械的に固定することが望ましい。

(図29) 基本軸すきま



(図31) しめしろ



## 2.1.9 スラスト軸受

スラスト軸受としてMCナイロンを用いる場合にも、平軸受と同様にPV値の計算を必要とする。PおよびVの計算は式(3)、(4)により行う。PVa値はラジアル軸受の場合と同じで表9(P.19)のPVa値を利用する。

$$P = \frac{W}{A} \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし P：単位面積あたりの圧力      kgf/cm<sup>2</sup>  
 W：スラスト面にかかる荷重      kgf  
 A：スラスト軸受の面積              cm<sup>2</sup>

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{100} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし D：スラスト面の最大外径      cm  
 n：軸の回転数                          r.p.m.

## 2.2 歯車の設計

### 2.2.1 MCナイロン歯車の特長

- (1) 自己潤滑性があり、条件によっては無潤滑運転が可能である。
- (2) 騒音を減少させる。
- (3) 軽量で耐食性に優れている。
- (4) 大型の歯車の製作が可能である。

MCナイロン歯車の最大速度は、当社値では25m/sec.である。また、連続使用温度はMCナイロン単体の場合で120℃前後である。

### 2.2.2 平歯車

#### (1) 圧力角および歯形

インボリュート歯形20°並歯が、強度および摩耗の点から最も良い。20°低歯は高荷重を伝達することはできるが、摩耗が早い。また14.5°のものは強度上歯元が弱い等の欠点がある。その他の圧力角、歯形のものも実際に使用されているが、20°並歯に比べ利点となるところが少ないので、新しく設計する場合には一般的に20°並歯が良い。

#### (2) バックラッシュ

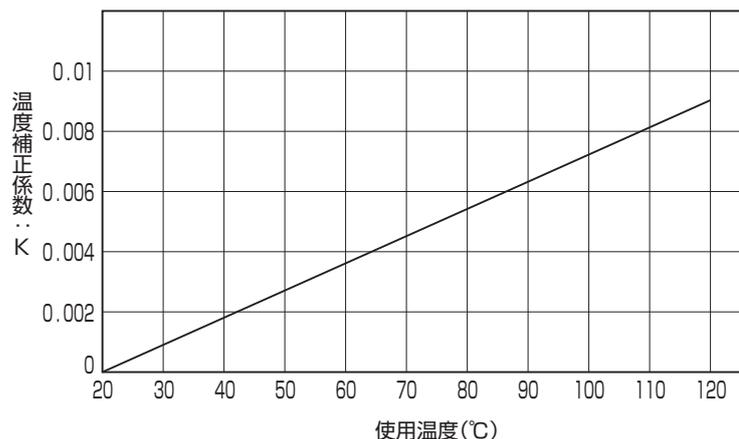
バックラッシュはMCナイロン歯車の性能に及ぼす影響が大きいため、特に小さすぎないようにしなければならない。

通常MCナイロン歯車のバックラッシュ量は、モジュールの6%～10%が適当である。しかし、歯数の多い場合や使用温度が高い場合は、次式により求める。

$$\Delta \delta = 0.06 \times m + (K \times D \times \tan \alpha)$$

- △δ：バックラッシュ量      mm
- m：モジュール                  mm
- K：温度補正係数              図32に示す
- D：ピッチ円直径              mm
- α：圧力角                          °

(図32) 温度補正係数



(3) 相手歯車の材質および歯面の仕上がり状態

MCナイロン歯車とかみ合う相手歯車の材質は鋼が最も良く、歯面の粗さは6S以上に仕上げたものが良い。歯面の仕上げが悪いと、MCナイロン歯車の摩耗が比較的早くなり、寿命が短くなる。鋼をのぞく材料では、熱伝導の良い金属材料が良く、プラスチックとのかみ合いはあまり良くない。特に、MCナイロン同士の間合せによる高荷重の伝達は避けるようにする。

(4) 潤滑

MCナイロンは優れた自己潤滑性をもっているため、無潤滑でも使用できるが、より高い性能を出すためには潤滑をする方が良い。潤滑としては、循環式のもの潤滑作用をすると同時に歯車の温度上昇を防ぎ最も良い。無潤滑で使用する場合には、潤滑剤を使用する時に比べ伝達動力は小さくなる。(「(5) 強度計算」参照)

(5) 強度計算

Lewisの式からピッチ円の接線方向に作用する力は

$$P = \frac{m \cdot y \cdot B \cdot \sigma \cdot f}{10} \dots\dots\dots(1)$$

となり、歯車の伝達トルクは

$$T = P \frac{D}{2} = \frac{m \cdot y \cdot B \cdot D \cdot \sigma \cdot f}{20} \dots\dots\dots(2)$$

となる。

したがって、伝達馬力は

$$H = \frac{m \cdot y \cdot B \cdot D \cdot n \cdot \sigma \cdot f}{1,432,000} \dots\dots\dots(3)$$

となる。

ただし、各記号は次のとおりである。

- |                      |          |            |                                     |
|----------------------|----------|------------|-------------------------------------|
| P : ピッチ円の接線方向に作用する荷重 | kgf      | D : ピッチ円直径 | cm                                  |
| m : モジュール            | mm       | H : 伝達馬力   | HP                                  |
| y : 歯形係数             | 表 10 に示す | n : 回転数    | r.p.m.                              |
| B : 歯幅               | cm       | f : 速度係数   | 表 11 (P.24) に示す                     |
| T : 伝達トルク            | kgf・cm   | σ : 許容荷重   | 図 33 (P.24) に示す kgf/cm <sup>2</sup> |

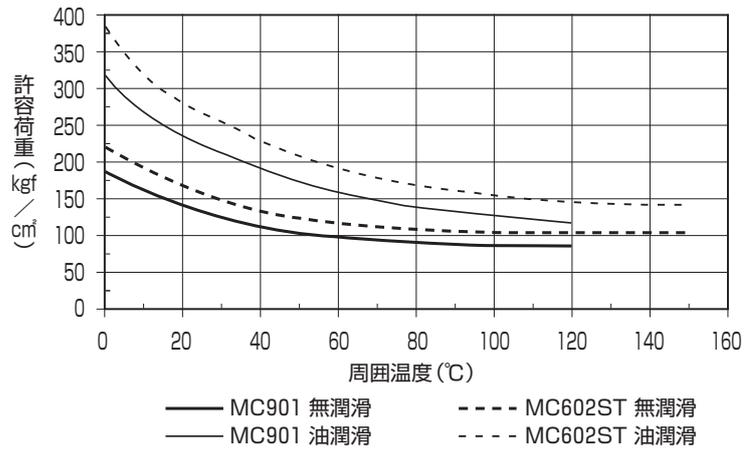
(表 10) 歯形係数 (y)

歯 数	歯 形		
	14.5°	20° 並歯	20° 低歯
12	0.355	0.415	0.496
14	0.399	0.468	0.540
16	0.430	0.503	0.578
18	0.458	0.522	0.603
20	0.480	0.544	0.628
22	0.496	0.559	0.648
24	0.509	0.572	0.664
26	0.522	0.588	0.678
28	0.535	0.597	0.688
30	0.540	0.606	0.698
34	0.553	0.628	0.714
38	0.556	0.651	0.729
40	0.569	0.657	0.733
50	0.588	0.694	0.757
60	0.604	0.722	0.774
75	0.613	0.735	0.792
100	0.622	0.757	0.808
150	0.635	0.779	0.830
300	0.650	0.801	0.855
Rack	0.660	0.823	0.881

(表 11) 速度係数 (f)

潤滑状態	周速度 m/sec.	係数
油潤滑	12以下	1.0
	12をこえる	0.85
無潤滑	5以下	1.0
	5をこえる	0.7

(図33) MC901 MC602STの許容荷重



### 2.2.3 ハスバ歯車

平歯車に準じて設計を行い、強度計算については「2.2.2 平歯車」(P.23)の式(1)、(2)、(3)を用いる。ただし、ハスバ歯車の場合の強度設計は歯直角断面の仮想平歯車について行い、モジュールおよび歯形係数については式(4)、(6)について補正の上、計算する。

$$m = m_s \cos u \quad (4)$$

ただし  $m$  : 歯直角のモジュール  
 $m_s$  : 軸直角のモジュール  
 $u$  : ねじれ角

ピッチ円直径は式(5)となる。

$$D = N \cdot m_s \quad (5)$$

ただし  $D$  : ピッチ円直径 cm  
 $N$  : 実際の歯数

次に歯形係数を求める際には実際の歯数によらず、式(6)によって得られる修正歯数を用いて、表10(P.23)より求める。

$$N' = \frac{N}{\cos^3 u} \quad (6)$$

ただし  $N'$  : 修正歯数  
 $N$  : 実際の歯数  
 $u$  : ねじれ角

## 2.2.4 カサ歯車

「2.2.2 平歯車」(P.23)の計算の際に用いた式(2)、(3)に「 $(L_p-B)/L_p$ 」をかけてトルク、および馬力を算出する。

ただし  $L_p$ : 円すい母線の長さ cm

$B$ : 歯幅 cm

(図34)

したがって、カサ歯車の伝達トルクおよび馬力の計算式は次のようになる。

$$T = \frac{m \cdot y \cdot B \cdot D \cdot \sigma \cdot f}{20} \cdot \frac{L_p - B}{L_p} \dots\dots\dots (7)$$

$$H = \frac{m \cdot y \cdot B \cdot D \cdot n \cdot \sigma \cdot f}{1,432,000} \cdot \frac{L_p - B}{L_p} \dots\dots\dots (8)$$

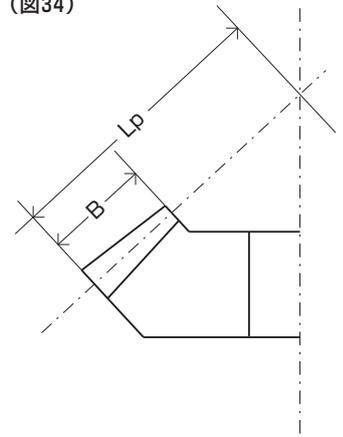
ただし、ピッチ円直径(D)およびモジュール(m)は歯の外端の数値を用いる。また、歯形係数(y)を求める場合は、式(9)による計算上の歯数を用いて表10より求める。

$$N' = \frac{N}{\cos x} \dots\dots\dots (9)$$

ただし  $N'$ : 計算上の歯数

$N$ : 実際の歯数

$x$ : ピッチ円すい角 °



## 2.2.5 ウォームホイール

ウォームおよびウォームホイールの組合せでは、一般にウォームの方が安全であり、ウォームホイールの歯について強度計算を行えば十分である。ウォームホイールの歯元の曲げ強度の計算は、ハスバ歯車と同じ式を用いて行う。ハスバ歯車のねじれ角(u)のかわりにウォームホイールの進み角(γ)を代入する。

ウォームおよびウォームホイールの組合せは、相対すべり運動が大きいため発熱しやすい。そのため強度の低下、異常摩耗を起こす場合があるので、すべり速度を一定限度内におさえないといけない。

(表 12) 材質とすべり速度の関係

ウォームの材質	ウォームホイールの材質	潤滑条件	すべり速度
MCナイロン	MCナイロン	無潤滑	7.5m/min.以下
鋼	MCナイロン	無潤滑	60m/min.以下
鋼	MCナイロン	初期潤滑	90m/min.以下
鋼	MCナイロン	連続潤滑	150m/min.以下

すべり速度は式(10)によって計算される。

$$V_s = \frac{\pi d_1 n_1}{1000 \times \cos \gamma} \dots\dots\dots (10)$$

ただし  $V_s$ : すべり速度 m/min.

$d_1$ : ウォームのピッチ円直径 mm

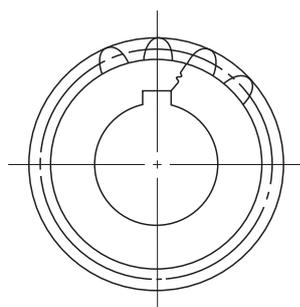
$n_1$ : ウォームの回転数 r.p.m.

$\gamma$ : 進み角 °

## 2.2.6 キー溝の強度

キー溝の強度が問題になるケースがあるので、十分な注意を払う必要がある。歯車が破損する場合は、図35のようにキー溝の角と歯底にかけて破断面が現れるケースが多い。

(図35)



### (1) キー溝の強度計算 (図36)

キー溝にかかる面圧は式(11)にて計算する。

$$T = \frac{71620H}{N}$$

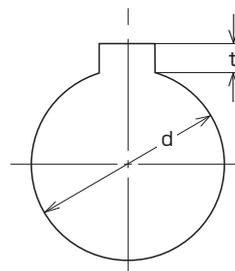
$$T = \frac{d}{2} \cdot P \cdot \ell \cdot t$$

$$\therefore P = \frac{143240H}{d \cdot \ell \cdot t \cdot N} \dots\dots\dots (11)$$

- ただし P: キー溝にかかる面圧      kgf/cm<sup>2</sup>  
 H: 伝達馬力                              HP  
 N: 歯車の回転数                        r.p.m.  
 T: トルク                                 kgf・cm  
 d: 軸受の内径                            cm  
 t: キー溝の深さ                         cm  
 ℓ: キー溝の長さ                        cm

MC901の最大許容面圧は、200 kgf/cm<sup>2</sup>である。  
 MC602STの最大許容面圧は、240 kgf/cm<sup>2</sup>である。

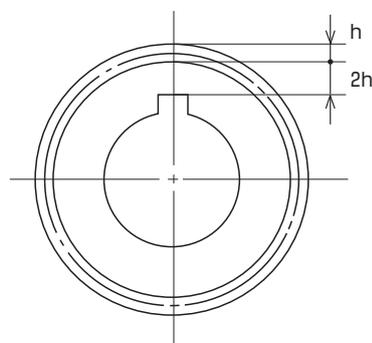
(図36)



### (2) ボスの厚さ (図37)

歯底からキー溝の頂部までの寸法は、歯たけの2倍以上を原則とする。

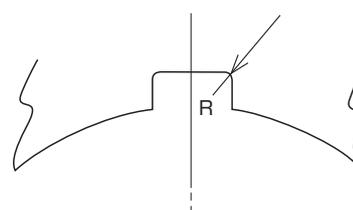
(図37)



### (3) キー溝の形状 (図38)

キー溝のコーナーには、必ずRをつけること。Rの大きさは0.5~3.0Rが必要である。

(図38)



#### (4) 歯車の取付法

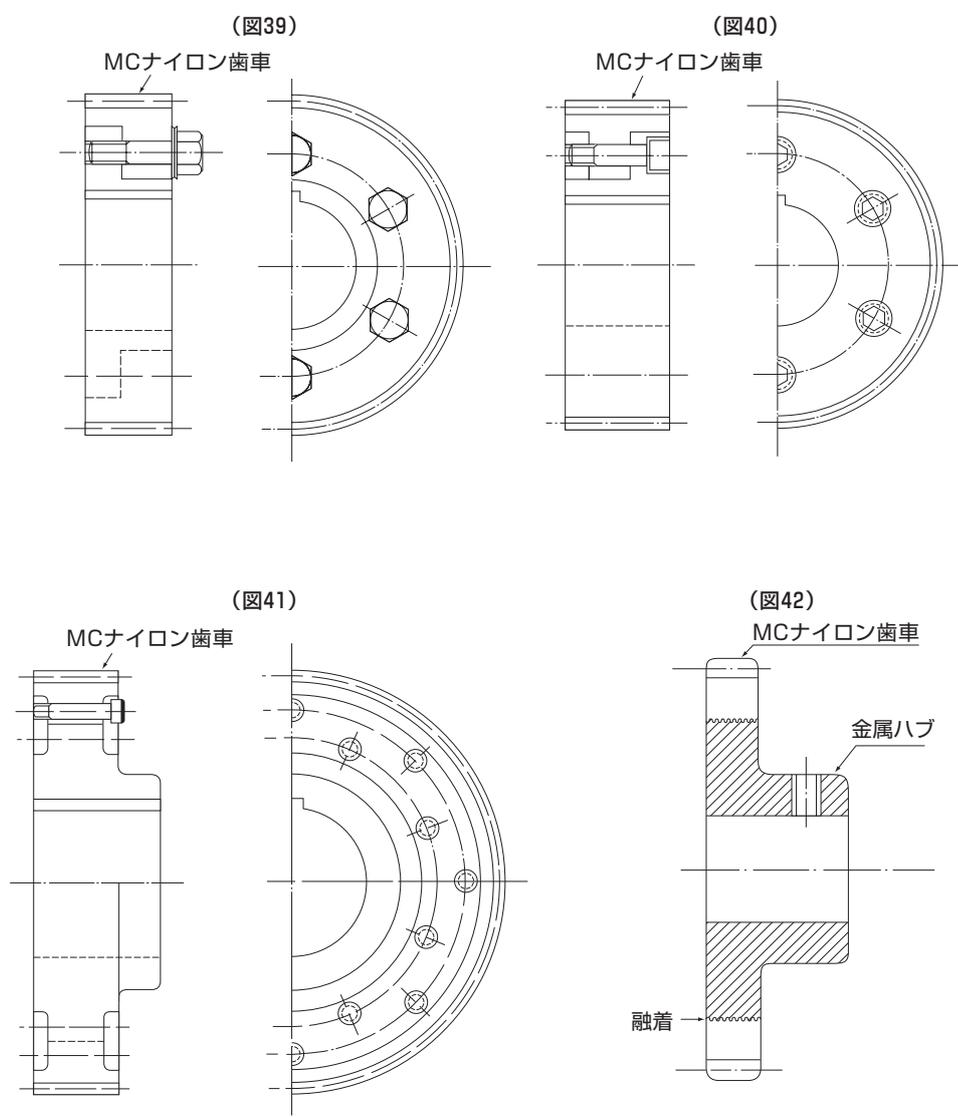
全体をMCナイロンで製作しキーを用いて軸に固定する方法が、最も簡単で多く使われる。キー溝のコーナーにはできるだけRをつけることが望ましい。

また次のような場合にはゆるみやすいので、金属製のハブを用いてMCナイロンの歯車を固定する。

- (a) 周囲の温度が高い場合
- (b) 歯車の径が大きい場合
- (c) 大きな衝撃がかかる場合

金属製ハブの一般的な取付法を図39、40、41に示す。図39は最も簡単な方法で、金属製ハブを切り欠き、MCナイロン歯車をはめ込んでボルトで固定したものである。図40はタッピングをした金属製リングでMCナイロン歯車をはさみ、またボルトの頭が出ないように六角孔付ボルトで固定したものである。図41はMCナイロン歯車を両面から金属製リングではさみ、取付ボルトをMCナイロン歯車とハブと交互に配列したものである。この方法は、大型の歯車を製作する場合によく利用される。

図42は当社で開発した「融着固定法」によるMCナイロン歯車と金属ハブの固定法である（P.37「2.7 融着固定法」参照）。その他、固定法として、圧入、ロックボルトによる方法等があるが、荷重の高いところでは信頼性が低いので避ける方がよい。





(b) PV値

高速高荷重で摺動する場合には、熱の発生が予想されるので、PV値についても検討を行う。PV値とは、面圧とすべり速度をかけ合わせた値をいう。面圧（圧縮応力）は前述の式（1）によって計算する。

例えば図43において

$$W = 10,000 \text{ kgf}$$

$$l = 10 \text{ cm}$$

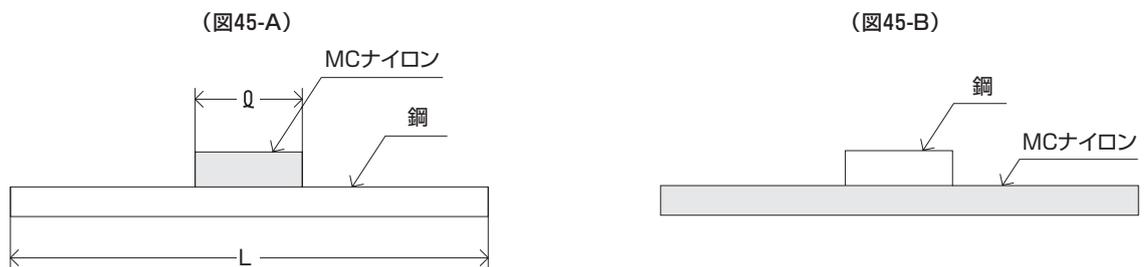
$$\omega = 5 \text{ cm}$$

であり、すべり速度  $V = 10 \text{ m/min.}$  とすると

$$PV = \frac{W}{l \cdot \omega} \cdot V = \frac{10,000}{10 \times 5} \times 10 = 2,000 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{m/min.}$$

となる。

MCナイロンライナーの許容PV値は、MCナイロンと鋼の組合せ方（図45）および潤滑条件により表13のとおりである。



(表13) ライナーの許容PV値

	潤滑	図45-Aの状態	図45-Bの状態	単位
MC901	無潤滑	2,400	450	kgf/cm <sup>2</sup> ・m/min
	周期的潤滑	7,200	1,350	
MC703HL	無潤滑	5,750	1,050	
	周期的潤滑	7,200	1,350	
MC602ST	無潤滑	2,400	450	
	周期的潤滑	7,200	1,350	

表13の許容PV値は、連続作動で図45-Aにおいて  $L > 16l$  であることを条件とする。したがって、 $L$  が  $16l$  以下の時は許容PV値を小さくしなければならない。連続作動とは10分以上連続して作動している状態をいう。PV値に対し、作動時間と休止時間の関係も大きな影響をもっている。瞬間的PV値は非常に高く、表13の許容値を越していても作動時間が短い。休止時間の長い場合には、問題なく使用できることもある。

このように、許容PV値の判定にはいろいろな条件を考慮する必要があるので、ある程度の目安をたて、実機に近いモデルでテストすることを推奨する。

(2) ローラーと接触するライナー

図46のようにローラーチェーンのレールのような円筒状のものと接触するライナーの場合は、最大圧縮応力をもって強度計算を行う。最大圧縮応力  $P_{max}$  は、式(2)によって計算する。

$$P_{max} = 0.59 \sqrt{2 \cdot \frac{P}{b} \cdot \frac{1}{d} \cdot E_1} \dots\dots (2)$$

- ただし  $P_{max}$  : 最大圧縮応力                      kgf/cm<sup>2</sup>
- $P$  : ローラーにかかる全荷重                      kgf
- $b$  : MCナイロンと接触するローラーの幅                      cm
- $E_1$  : MCナイロンの弾性率                      kgf/cm<sup>2</sup>
- $d$  : ローラーの外径                      cm

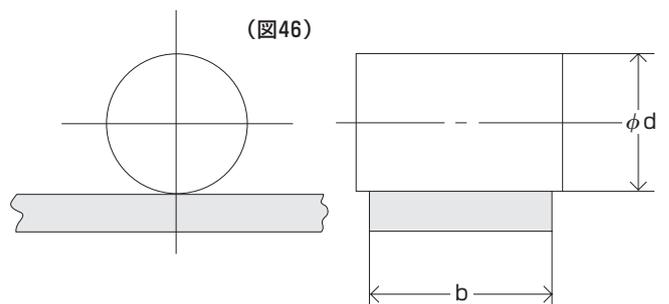
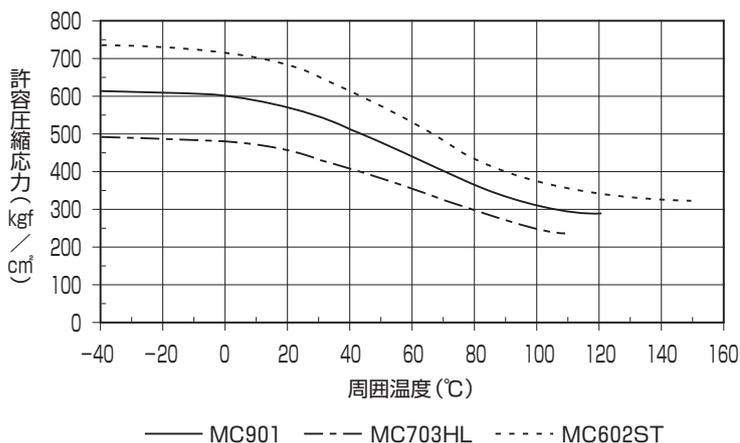
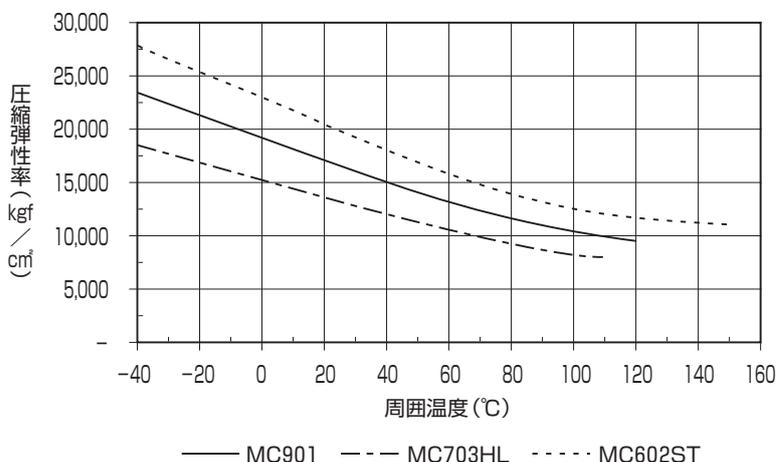


図47に空気中で使用される場合の許容圧縮応力、図48に圧縮弾性率を示す。なお図47に示す許容圧縮応力はローラーと接して応力集中が起きる場合の許容値であり、平面で接触し応力集中がない場合には図44 (P.28) で説明した許容値を使わなければならない。

(図47) MCナイロンの許容圧縮応力(空気中)



(図48) MCナイロンの圧縮弾性率(空気中)



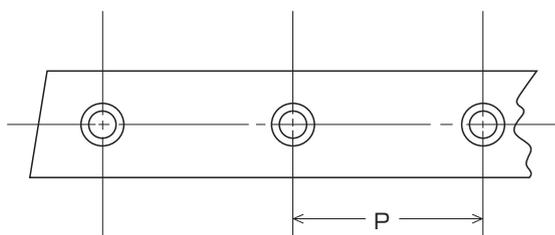
### 2.3.3 ライナーの固定法

MCナイロンライナーを固定する場合、熱膨張係数が鋼の約8倍と大きいこと、吸水により膨張することを考慮する必要がある。

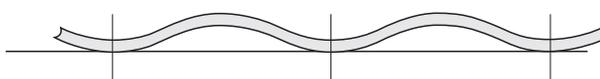
#### (1) 長いライナーをボルトで固定する方法

長尺のライナーを図49のようにボルトで固定する場合、ボルトのピッチが大きすぎると、図50のようにライナーが波打ち現象を起こす。この波打ち現象が発生しないボルトピッチを図51に示す。図51の値は環境温度が40°C以下の場合に適応できる。図から分かるように板の厚さによってボルトのピッチが変わってくる。

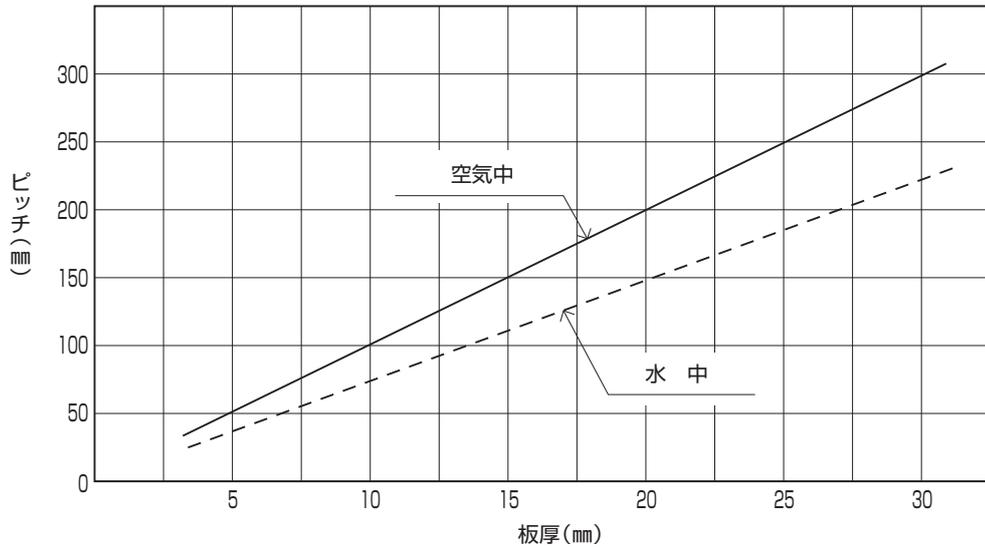
(図49)



(図50)



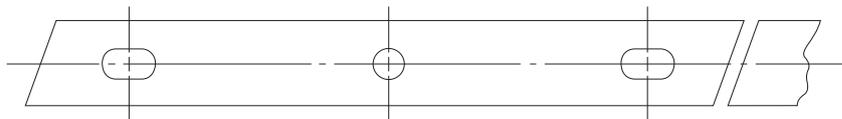
(図51) MCナイロンの板厚とボルトピッチ



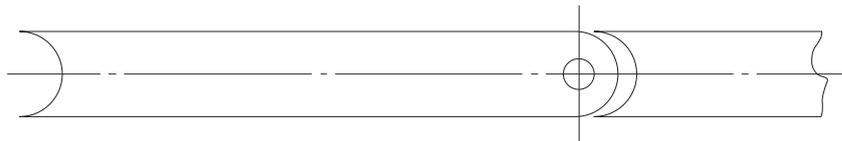
(2) 膨張の逃げしろをとって固定する方法

(1)の方法は、熱や吸水による膨張をボルトピッチを小さくして押さえ込んでしまう方法であるが、膨張分を逃がして取付ける方法もある。図52-Aのように長穴にし、長穴のところで膨張分をスライドして逃がす方法と、図52-Bのように片方だけ固定する方法がある。いずれもライナーとライナーの間には膨張分に相当するすきまをとる必要がある。

(図52-A)



(図52-B)



(3) その他の固定法

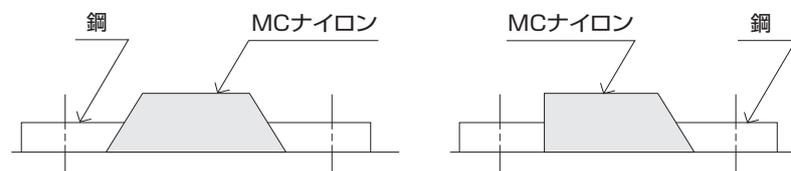
図53のようにダボ溝を切り、この溝に鋼製のダボを通して溶接して固定する方法もある。この方法は、古い機械を改造して現場でライナーを取付ける場合に作業が迅速に進むので、よく利用される。

また取替え頻度の高い場合には、図54のようにライナーの両側を鋼製のバーで押さえとめる方法もとられている。

(図53)



(図54)





## 2.4 車輪の設計

### 2.4.1 MCナイロン車輪の特長

- (1) 耐荷重性が大きい。
- (2) 始動抵抗、走行抵抗が小さい。
- (3) 騒音が少ない。
- (4) 耐熱・耐寒性が良い。
- (5) 耐薬品性・耐油性に優れ、床面を汚しにくい。
- (6) 耐食性に優れている。
- (7) 寿命が長い。

### 2.4.2 強度計算

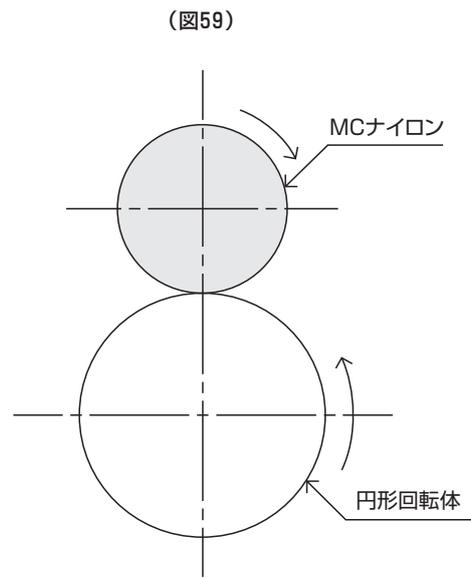
#### (1) 圧縮強度

##### (a) 円形物と接触する車輪

図59のようにドラムやロータリーキルン等のような円形物の上を走る（支える）車輪の強度は、ヘルツの応力式より導いた式（1）を用いて最大圧縮応力を計算する。

$$P_{max} = 0.59 \sqrt{2 \times \frac{P}{b} \times \frac{d_1 + d_2}{d_1 \cdot d_2} \times E_1} \dots\dots (1)$$

- ただし
- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| $P_{max}$ : 最大圧縮応力  | kgf/cm <sup>2</sup> |
| $P$ : 最大負荷          | kgf                 |
| $b$ : 車輪の有効面長       | cm                  |
| $d_1$ : MCナイロン車輪の外径 | cm                  |
| $d_2$ : 相手車輪の外径     | cm                  |
| $E_1$ : MCナイロンの弾性率  | kgf/cm <sup>2</sup> |



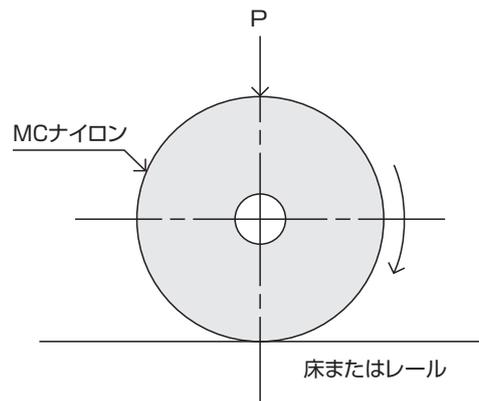
(図60)

##### (b) 平らな面と接触する車輪

図60のように床やレールを走行する車輪、鋼板等を受けるローラー等の場合は、式（2）で圧縮応力を計算する。

$$P_{max} = 0.59 \sqrt{2 \times \frac{P}{b} \times \frac{1}{d_1} \times E_1} \dots\dots (2)$$

- ただし
- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| $P_{max}$ : 最大圧縮応力  | kgf/cm <sup>2</sup> |
| $P$ : 最大負荷          | kgf                 |
| $b$ : 車輪の有効面長       | cm                  |
| $d_1$ : MCナイロン車輪の外径 | cm                  |
| $E_1$ : MCナイロンの弾性率  | kgf/cm <sup>2</sup> |



(a)、(b) いずれの場合も雰囲気温度が室温～40℃であればMCナイロンの許容 $P_{max}$ は500 kgf/cm<sup>2</sup>である（ただし、 $E_1 = 15,000$  kgf/cm<sup>2</sup>を使用）。

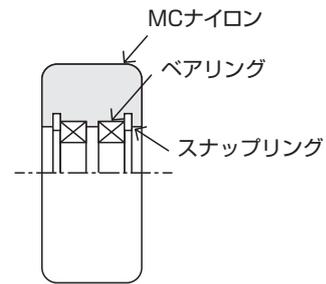
雰囲気温度が高い場合は、許容圧縮応力、圧縮弾性率は「2.3.2 ライナーの強度計算」で使用した図47、図48（P.30）より読みとる。

### 2.4.3 形状

#### (1) 小型車輪

小型車輪（外径300mm以下程度）の場合には、一般的には全体をMCナイロンで製作する。図61に、代表的な小型車輪の形状を示す。MCナイロンの車輪にベアリングを圧入し、スナップリングで脱落防止を行ったものである。用途によっては、ベアリングなしで、MCナイロンに軸の通る穴をあけただけで使用することができる。

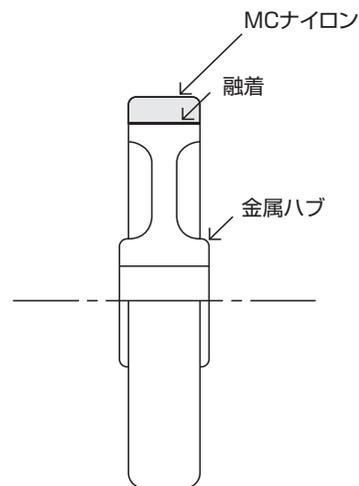
(図61) MCナイロン一体車輪



#### (2) 大型車輪

300mm以上の大型車輪の場合には、金属ハブにMCナイロンを取付ける。金属ハブとMCナイロンを固定する方法には、融着法とボルトを用いて行う方法とがある。

(図62) 融着車輪



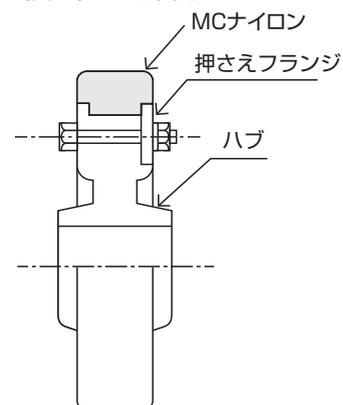
##### (a) 融着固定車輪

表面を加工した金属ハブにMCナイロンを焼ばめし、高周波により金属ハブ表面を加熱して、MCナイロンを溶融接着する方法である。(P37「2.7 融着固定法」参照)

##### (b) ボルトによる金属ハブの固定

ボルトを用いて金属ハブとMCナイロンを固定する場合には、図63のように金属ハブの片側に段をつけ、反対側には押さえフランジを用いてMCナイロンをはさみ、ボルトで固定する。

(図63) ボルト固定



### 2.4.4 金属ハブ入りMCナイロン車輪の肉厚の設定

金属などの芯金にMCナイロンをカバーして使う車輪等の場合は、MCナイロンの最小肉厚は最小基準肉厚10mmに車輪外径の5%を加えた肉厚とする。



## (b) ベアリングしめしろ

シーブを高荷重で使用するときには、ベアリングを使用する。ベアリングはシーブに圧入するが、その場合のしめしろは表14のとおりである。温度が60℃以下で、横荷重がかからないシーブでは、単にベアリングを圧入するだけでも使用可能である。しかし抜け防止のためにはストップリング等の使用を推奨する。

## (c) シーブのボスをベアリング（軸受）として使う場合

使用条件によっては、シーブのボス部をそのまま軸受として使用できる。

この使用可否は、「2.1.3 PV値の計算」(P.18)に記載の軸受部のPV値から判断すること。この場合のシャフトとそれを挿入するシーブの穴部とのクリアランスは表15のとおりである。

(表14) ベアリングしめしろ  
(単位：mm)

ベアリング外径	しめしろ
50	0.23
75	0.34
100	0.45
115	0.52
150	0.68

(表15) シャフト径と最小クリアランス  
(単位：mm)

シャフト径	最小クリアランス
25	0.37
50	0.45
75	0.58
100	0.69
125	0.75
150	0.81

(環境温度70℃以上およびベアリング径150mm以上の場合については、当社までお問合せください。)

## 2.6 ロール加工法

### 2.6.1 焼ばめロール加工法

MCナイロン素材を使ってロールを製作する方法である。

#### (1) 準備

(a) 芯金の直径は、JISk9級程度に仕上げ、表面をきれいに掃除する。

芯金の表面にローレットをかけたり、あるいは表面を荒らすことは良くない。

(b) MCナイロンのロールカバーしめしろは、カバーの内径に対して4/1000 (0.4%) をとる。

寸法差は、径に対して±1/1000以下に仕上げる。

例えば、芯金の径が150mmの場合には、しめしろは $150 \times 4/1000 = 0.6 \text{ mm}$

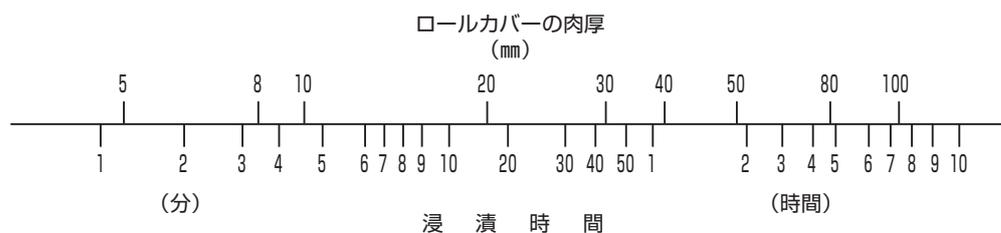
すなわちカバーの内径は $149.4 \pm 0.15 \text{ mm}$ となる。

#### (2) カバーの加熱膨張

(a) 沸とう水に浸漬する方法と、加熱炉の中に入れて加熱する方法とがあるが、沸とう水の方が望ましく加熱時間も短縮できる。

(b) どのような加熱方法をとるにしても、120℃以上に加熱してはならない。

(c) カバーの肉圧により沸とう水中に浸漬する時間が異なる。その関係は次のとおりである。



浸漬時間が必要以上に長すぎると吸水して寸法が大きくなりすぎる場合があるので、注意しなければならない。

### (3) 挿入

沸とう水の中からカバーを取出し、できるだけすばやく芯金に挿入する。この方法は加熱膨張および冷却の時間を最も短縮できるが、カバーが相当大きな場合にはカバーを沸とう水の中に浸漬したまま芯金を挿入する。

挿入後は一晩放置して冷却を行い、翌日所定寸法に機械仕上げを行う。

### (4) 取り外し

(a) 旋盤で削り落とす方法

(b) 沸とう水に浸漬し、加熱膨張させて抜き出す方法

(c) プレスで抜く方法：この方法は、肉の薄いカバーの場合には芯金に対するカバーの密着力がMCナイロン自身の圧縮強度より大きく、無理に抜こうとすればカバーが破損してしまうので推奨できない。

このように取り外す方法は種々あるが、事情に応じて適切な方法を選ぶようにする。

### (5) 荷重計算

焼ばめするMCナイロンロールの芯金とロールカバーの密着トルクおよび馬力は式(1)、(2)によって算出することができる。

$$T = 11.6(6.4 - 0.09t)DWL \dots\dots\dots (1)$$

$$HP = \frac{TN}{71620} \dots\dots\dots (2)$$

ただし T：密着トルク      kgf・cm  
t：カバーの温度      °C  
D：芯金の外径      cm  
W：カバーの肉厚      cm  
L：カバーの長さ      cm  
HP：伝達馬力  
N：ロールの回転数      r.p.m.

MCナイロンのロールを設計する場合には、上記計算上のトルクに対して安全率を3程度とする。

## 2.6.2 圧入ロール加工法

当社では、製造直後のMCナイロンパイプをそのまま芯金に挿入し、重合収縮を利用して芯金にMCナイロンを強固に固定させる方法を開発した。このようにして製作したMCナイロンロールを「圧入ロール」と称している。

このロールの特長は次のとおりである。

- (1) ナイロンの内面加工および焼ばめ加工が必要でなく、安価である。
- (2) しめしろを焼ばめの場合の4～10倍とれるので、熱膨張や吸水による寸法変化などの影響を受けにくい。  
(このロールは当社独自の加工法ですので、ご不明の点は当社までお問合せください。)

## 2.7 融着固定法（主にMC901、MC801、MC602ST）

金属ハブ（芯金）にMCナイロンを固定する際に、ボルトによる方法、焼ばめ法、接着法などの従来の固定法の欠点を改良した新しい方法である。

### 2.7.1 融着固定法の特長

- (1) 広い温度範囲で使用することができる。  
130～140°Cの炉内で使用している車輪の例もある。
- (2) 寸法安定性が良い。  
ボルトによる固定と異なり、金属ハブの外周全面で強固に固定されているので、温度変化があっても寸法変化は非常に少ない。

(3) 金属ハブのリムが薄くても良い。

ボルトを通すだけの余裕がリムにない場合でも、融着固定法であればハブを固定することができる。

(4) 外観が良い。

ボルトやナットを用いないので、外観の良い製品となる。

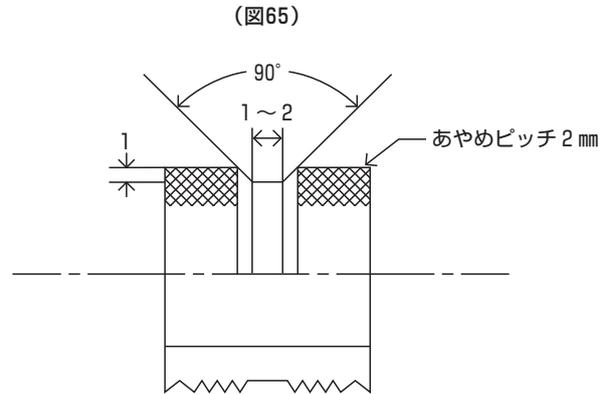
(5) 経済性に優れている。

一般には、ボルトによる固定より経済的である。数量の多い場合には特に有効である。

### 2.7.2 融着方法の概要

芯金の表面にピッチ2あやめのローレットと幅1～2mm深さ1mmの溝を芯金幅に応じて1～数本切る（図65）。

芯金のローレット面に特殊処理をほどこし、MCナイロンを焼ばめ後、融着装置に入れて融着固定する。

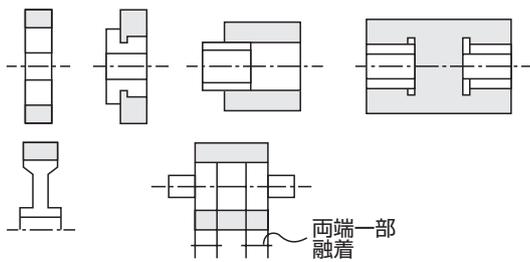


### 2.7.3 設計

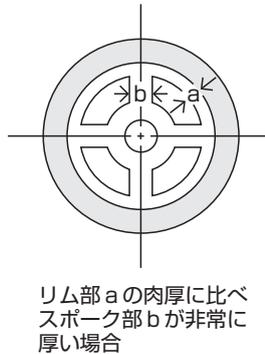
#### (1) 融着品の形状

ボルトやリベットを使わずMCナイロンと金属ハブを固定できるため、製品の設計上、あるいは使用上、かなりの自由度が増す。しかし融着の原理上、加工が困難なもの、加工不可能なものもある。それらの概略について図66～68に示す。いずれもグレー色の部分がMCナイロンである。

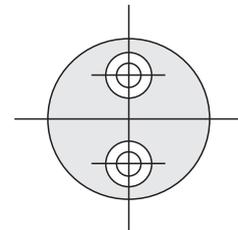
(図66) 融着可能形状



(図67) 融着が困難な形状



(図68) 融着不可能な形状



#### (2) 適正肉厚

融着にあたっては吸水による影響、使用中の応力緩和等を考慮し、MCナイロンの肉厚を保つ必要がある。一般に融着品がよく使用される歯車、車輪（ローラー）等の設計時の適正肉厚は次のとおりである。

##### (a) 歯車の場合

歯底円から融着面までの最小肉厚を「全歯たけ」の2倍か「歯車の外径の1/10」のいずれか大きい方の値とする。

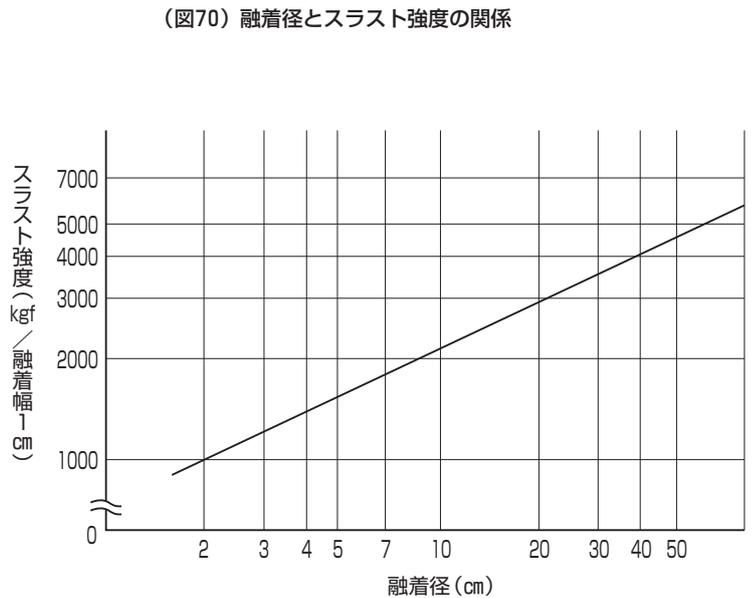
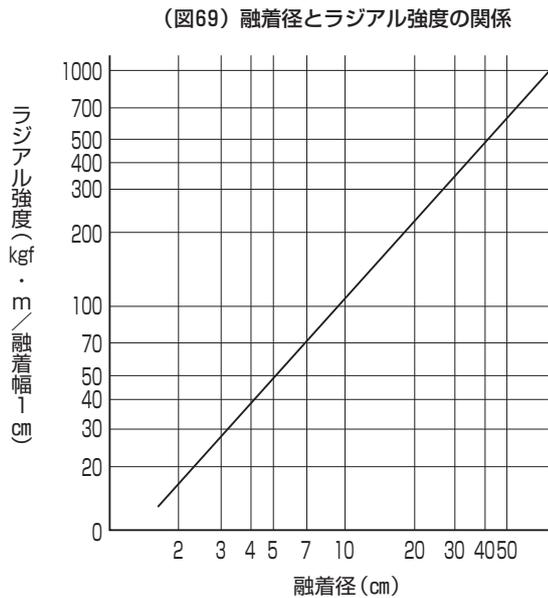
##### (b) 車輪（ローラー）等の場合

最低10mm以上とする。ただし、車輪等の場合は潰れ等のことも考慮し、肉厚を決めるのが望ましい。

一般には上記のように肉厚を決めるが、各条件によってはこれより薄い肉厚でも十分に使用できる場合もある。

(3) 融着強度および安全率

融着品の融着強度（接着強度）は当然のことながら融着面積によって変わる。融着径とラジアル強度（トルク）の関係を図69に、融着径とスラスト強度との関係を図70に示す。



(a) 安全率

図69、図70の融着強度に対し、安全率を次のようにとる。

- 歯車の場合 4～5
- 車輪（ローラー）の場合 3～4  
（衝撃がかかる場合は安全率を大きくとる）

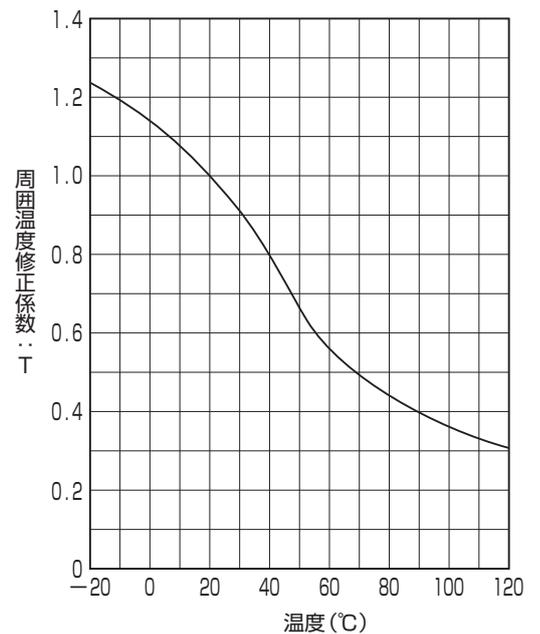
(b) 周囲温度が上昇する場合

図71の周囲温度修正係数Tをかける。  
以上により許容強度は次のとおりとなる。

$$T_{al} = T_{max} \times \frac{1}{\text{安全率}} \times T$$

ただし  $T_{al}$  : MCナイロン融着品許容強度  
 $T_{max}$  : 図69または図70の融着強度

(図71) 周囲温度修正係数



(4) 製作可能範囲

現時点における融着可能範囲は次のとおりである。

- 最大径 600 mm
- 最大質量 150 kg / 個
- 金属ハブの材料

一般鋼材（SS材、SC材、SUS材、FC材）は問題なく製作可能である。

非鉄金属（Al、BC、BsBMなど）は形状、大きさにより検討が必要である。

## 2.8 接着法

MCナイロンは接着剤による接着が非常に困難な材料で、接着剤だけで実用に耐えうる強度を出すのは難しい。下記に接着剤を示すが、いずれも「仮止め」程度の実用性しかない。実用性のある方法としては、ボルトビス止めを推奨する。

### 2.8.1 エポキシ系接着剤

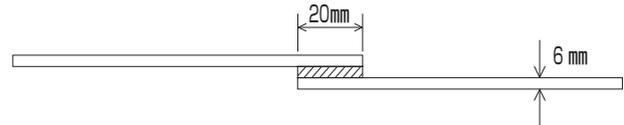
エポキシ樹脂と硬化剤より成る二成分系の接着剤で、MCナイロンと異素材との接着に適する。使用直前に両成分を約1：1の比でよく混合して使用する。

#### ●接着の手順

- (1) ～ (3) までは「2.8.2 ぎ酸系接着剤」の手順に準ずる。
- (4) 両面に接着剤を塗布 (300～500g/m<sup>2</sup>) する。
- (5) 両面を貼合せ加圧 (1～3kgf/cm<sup>2</sup>) し、常温で硬化させる場合は48時間以上放置する。適切な温度で加熱すれば硬化は早く、高い接着力を得られる。

接着実験例を次に示す。

(図72) エポキシ系接着剤ラップジョイントテスト



配合比 エポキシ樹脂：ポリアミド樹脂=1：1

(表 16) 接着条件と強度

	MCナイロン 同士	MCナイロン -鉄	MCナイロン -木材	MCナイロン -PVC
硬化温度(℃)	室温	100	120	室温
硬化時間(時間)	49	2	5	48
接着強度(kgf/cm <sup>2</sup> )	29	40	131	19
			32	30

(表 17) 配合比による接着面の状況

エポキシ樹脂	硬化剤	硬化後の状態
50部	50部	硬いが若干の可燃性がある
60部	40部	硬い

### 2.8.2 ぎ酸系接着剤

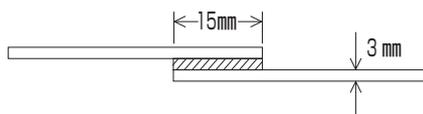
ナイロン樹脂をぎ酸に溶解(濃度は約10%)したもので、ナイロン相互の接着に適する。非常に刺激臭を有する劇薬であるので、皮膚に触れぬよう取扱い、保管に注意を必要とする。

#### ●接着の手順

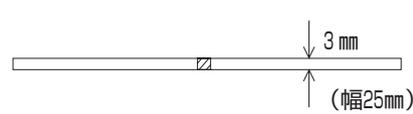
- (1) MCナイロンの両接着面を合わせてすきまのないように仕上げる。
- (2) サンドペーパーを4～5回軽く面にかける。
- (3) 溶剤(メタノール、アセトン、ベンゼン等)で油分、ゴミを拭き取る。
- (4) 両面に接着剤を塗布(300～500g/m<sup>2</sup>)し、数分間放置する。
- (5) 両面を貼合わせ加圧(1～3kgf/cm<sup>2</sup>)し、常温で2～3日間放置する。
- (6) 接着剤によっては母材強度に対し十分な強度が得られないので、ボルト、ビス、MCナイロンピンによる機械的締結を併用することが望ましい。

MCナイロン相互の接着実験の例を次に示す。

(図73) ラップジョイントテスト



(図74) バットジョイントテスト



(表 18) 接着条件

	塗布量(片面)	接着圧	乾燥	放置
ラップジョイント	0.09g/6.25cm <sup>2</sup>	1kgf/6.25cm <sup>2</sup>	50℃×1hr	24hr以上
バットジョイント	0.038g/0.75cm <sup>2</sup>	なし	50℃×1hr	24hr以上

(表 19) 接着強度

	接着強度(kgf/cm <sup>2</sup> )			破断状態
	最低	最高	平均	
ラップジョイント	57.4	73.4	63.0	剥離
バットジョイント	112.9	232.0	182.6	剥離

## 2.9 MCナイロンのはめ合い

### 2.9.1 穴（軸とはめ合う場合）

- (1) 鋼の場合のH7に対応（軸公差はj6とする）
- (2) 使用温度範囲 常温（5～35℃）
- (3) 基準温度 20℃

(表20) 穴（軸とはめ合う場合）

(単位：1/1000mm)

呼び寸法の区分 (mm)	公差系列 MC級	上の寸法差 (-)	下の寸法差 (-)
1以上 30以下	84	19	103
30をこえ 50 //	100	42	142
50 // 80 //	120	78	198
80 // 120 //	140	127	267
120 // 180 //	160	203	363
180 // 250 //	185	292	477
250 // 315 //	210	373	583
315 // 400 //	230	483	713
400 // 500 //	250	612	862

### 2.9.2 穴（ベアリングの外径が入る場合）

- (1) 鋼の場合のM7およびP6に対応
- (2) 使用温度範囲 常温（5～35℃）
- (3) 基準温度 20℃

(表21) 穴（ベアリングの外径が入る場合）

(単位：1/1000mm)

呼び寸法の区分 (mm)	公差系列 MC級	鋼M7対応		鋼P6対応	
		上の寸法差 (-)	下の寸法差 (-)	上の寸法差 (-)	下の寸法差 (-)
1以上 30以下	84	40	124	58	142
30をこえ 50 //	100	67	167	88	188
50 // 80 //	120	108	228	134	254
80 // 120 //	140	162	302	192	332
120 // 180 //	160	243	403	279	439
180 // 250 //	185	338	523	379	564
250 // 315 //	210	425	635	472	682
315 // 400 //	230	540	770	591	821
400 // 500 //	250	675	925	730	980

### 2.9.3 軸

- (1) 鋼の場合のj6およびh6に対応
- (2) 使用温度範囲 常温 (5~35℃)
- (3) 基準温度 20℃

(表22) 軸

(単位：1/1000mm)

呼び寸法の区分 (mm)	公差系列 MC級	鋼j6対応		鋼h6対応	
		上の寸法差 (+)	下の寸法差 (+)	上の寸法差 (-)	下の寸法差 (-)
1以上 10以下	58	69	11	13	71
10をこえ 18 //	70	91	21	24	94
18 // 30 //	84	120	36	40	124
30 // 50 //	100	162	62	67	167
50 // 80 //	120	221	101	108	228
80 // 120 //	140	293	153	162	302
120 // 180 //	160	392	232	243	403
180 // 250 //	185	510	325	338	523
250 // 315 //	210	619	409	425	635
315 // 400 //	230	752	522	540	770
400 // 500 //	250	905	655	675	925

### 2.9.4 キー溝の幅

- (1) 鋼の場合のF7に対応

(表23) キー溝の幅

(単位：1/1000mm)

呼び寸法の区分 (mm)	公差系列 MC-K級	上の寸法差 (+)	下の寸法差 (+)
1以上 6以下	80	80	0
6をこえ 10 //	90	90	0
10 // 18 //	110	110	0
18 // 30 //	130	130	0
30 // 50 //	160	160	0
50 // 80 //	190	190	0
80 // 120 //	220	220	0

### 2.9.5 歯車の精度

- (1) 歯車の等級 JIS9~10級
- (2) 歯面粗さ  $\nabla$  (25S)
- (3) 基準温度 20℃

(表24) 歯車の外径公差

(単位：1/1000mm)

呼び寸法の区分 (ピッチ円直径) (mm)	公差	上の寸法差 (-)	下の寸法差 (-)
100以下	200	100	300
100をこえ300以下	300	200	500

## MCナイロンのはめ合いについて

### 1. 呼び寸法の区分

呼び寸法の区分はJISに準じているが、穴は30mm以下、軸は10mm以下、キー溝の幅については6mm以下にまとめた。理由は、この寸法以下に対してJIS公差系列を適用することは、加工が難しいためである。

### 2. 公差

穴および軸の公差系列はJIS10級に準じMC級(仮称)とした。キー溝の幅は、JIS11級に準じMC-K級(仮称)とした。この公差であれば普通の技術と、一般に使われている工作機械で加工することができる。

### 3. 使用温度範囲

使用温度範囲は常温を対象とし、5～35℃の範囲とした。

### 4. 基準温度

基準温度とは部品が検査される時の温度で、20℃とした。検査温度が基準温度からずれている場合には、基準温度に換算して公差を適用する。

### 5. 穴(軸とはめ合う場合)

軸j6、すなわち鋼の場合のH7j6のはめ合いに相当するMCナイロンの穴は、H7を単純にH10に変更すると温度が上がった場合すきまが大きくなり、実用上問題を生ずる場合があると考えられる。そのためH7の上の寸法差が温度の高い場合、すなわち35℃においても保たれるようにした。下の寸法差は、MC級(仮称)公差より算出した。このため下の寸法差がかなり大きいのが、しめしろとしては穴に対して30mmで3.4/1000、500mmでは1.7/1000で、打込みによって挿入できる寸法差である。もちろん、焼ばめ法によっても軸の挿入を行うこともできる。

### 6. 穴(ベアリングの外径が入る場合)

前記と同様の考えで、鋼M7の穴に対応するMCナイロンの穴について35℃において上の寸法差と同じになるように、公差はMC級を適用した。P6の対応するMCナイロン穴についても同様である。

### 7. 軸

鋼j6の軸に対応するMCナイロン軸について、5℃においてj6と同じ下の寸法差が保たれるようにした。鋼h6に対応するMCナイロン軸については、35℃においてh6の上の寸法差が保たれるようにした。

### 8. キー溝の幅

鋼の場合F7となっているが、MCナイロンでは下の寸法差を0とし、11級公差に準ずるMC-K級(仮称)を適用した。

## 3

## MCナイロンの加工法

## 3.1 機械切削加工法

## 3.1.1 概要

MCナイロンは、プラスチック材料の中では機械加工性の良い材料であり、一般に使われている金属加工用の工作機械を用いて加工することができる。しかしながら、より良い製品を生み出すためには材料に最も適した加工法を選ばなければならない。MCナイロンは、その他の熱可塑性のプラスチックと類似の性質をもっているが、個々の加工においては多少異なった挙動がみられるため、MCナイロンとしての独自の加工法を見つけなければならない。

ここに記載した加工法は、わずかな経験と知識に基づいてまとめたもので一例にすぎず、また今後変更すべき点が多々あると思うが、参考として以下に記載する。

## 3.1.2 加工精度

施盤加工の一般的な加工精度はJIS10級であるが、径が18mm以下になると10級でもやや難しいため、最小公差を0.084mmとする。熟練した技術をもって注意しながら加工をすれば9級の加工精度も可能であるが、経済的でなく一般的とはいえない。長尺で比較的幅の狭い平板の加工には平削盤（プレーナー）より平フライスによる加工の方が精度を出しやすい。

非対称形のものの加工では「歪み」あるいは「ソリ」が発生しやすいので、荒削り後、アニーリングあるいは長時間放置し仕上げ加工を行なう必要がある。

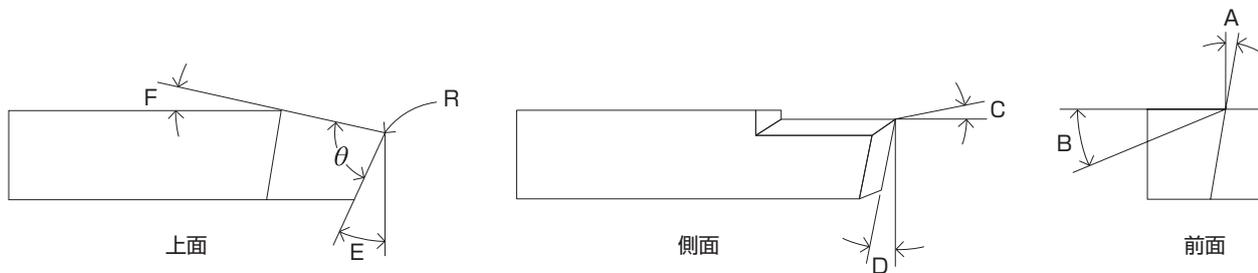
## 3.1.3 旋削

## (1) 円周切削

## (a) バイト

普通の剣バイトを使用する。刃先の形状は、図75が適している。

(図75) バイトの形状



A : 横逃げ角	5° ~ 10°
B : 横すくい角	0°
C : 上すくい角	0°
D : 前逃げ角	10°
E : 前切刃角	12°
F : 横切刃角	8° 前後
R : ノーズ半径	0.4R 前後
$\theta$ : ノーズ角	90°

バイトの材質は普通の工具鋼が良いが、長時間使用するためには超硬バイトが良い。被削面の状態はバイトの切れによって大きく変わるので、特に超硬バイトを用いる場合には入念な研削が必要である。

(b) 旋削条件

表25に示す条件が適している。

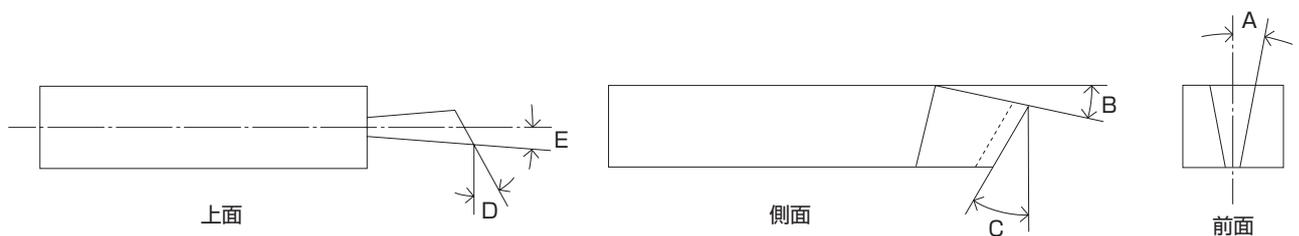
(表25) 旋削条件

	荒 削 り	仕 上 げ
周 速 度	100~200m/min.	100~200m/min.
送 り 量	0.20~0.25mm/回転	0.10~0.15mm/回転
切 込 み 深 さ	3~5mm	0.1~0.2mm

(2) 突切り

突切りには普通の突切りバイトを使用するが、刃の形状は図76のものが良い。

(図76) 突切りバイトの形状



- A : 横逃げ角      2 ~ 3°
- B : 上すくい角    0 ~ -5°
- C : 横逃げ角      15°
- D : 前切刃角      30°
- E : 後逃げ角      1°

横逃げ角をとることによってできるだけバイトの摩耗を防ぎ、さらにチップが詰まって発熱しないように多量の切削油を用いると良い。

また、切込みが深くなってくると、チップの流れが悪くなり除去しにくくなる。したがって、冷却とチップの流れを良くするためには必ず切削油を使用する。

バイトの先端の幅が3mm程度のものでは、切込み深さは30~40mmが限度となるので、これ以上の切込みをするためにはバイトの幅を広くすると良い。

(3) ヘール仕上げ

MCナイロンを切削する際は、比較的バイトの摩耗が早いため、ヘール仕上げバイトで仕上げを行う際に切削面が大きいと途中で切れ味が悪くなり全体を均一仕上げすることができず、場合によっては被削面が非常に荒れることがある。

切込みが浅すぎると、かえってチップがバイトの刃先で溶融し付着することがあるので、切込み深さは普通よりやや深めの0.1~0.2mm程度が良い。またバイトの刃先にMCナイロンが溶融付着することを防ぐため、切削油を十分使用する等冷却を十分に行う。

### 3.1.4 平削り

バイトは横剣バイトあるいは剣バイトのいずれでも良く、  
前逃げ角 10～15° すくい角 0～5° ノーズ半径 1R程度 が良い。  
切削条件を表26に示す。

(表26) 平削り条件

	荒削り	仕上げ
バイト速度	20～30m/min.	20～30m/min.
横送り量	0.3～0.5mm/ストローク	0.2～0.4mm/ストローク
切込み深さ	2～3mm	0.1～0.3mm

### 3.1.5 フライス盤切削

#### (1) フライス盤およびカッター

普通の縦型フライス、あるいは横型フライス盤によって金属と同じように切削することができる。上向きの切削の方が「びびり」等による切削面の凹凸発生を防ぐことができる。

#### (2) エンドミルの切削条件

エンドミルの場合、送りは240～320 mm/min. (刃先径φ15程度) で、切込み深さは荒削りの場合5～6 mmで行う。仕上げの場合は0.2～0.3 mmとし、送りを少なくする。

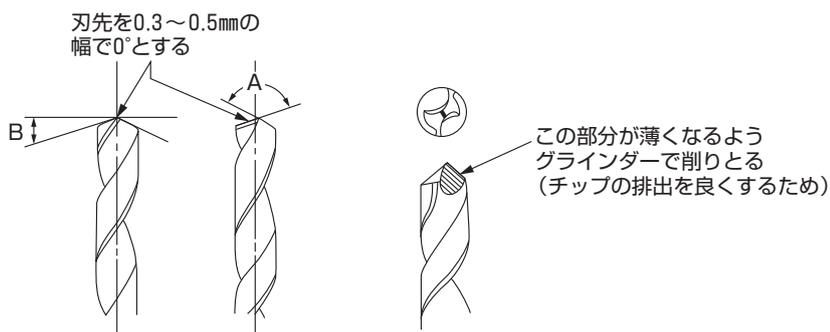
切削油はほかの加工と同様使用しなくても切削できるが、歪みを少なくし、仕上げ面を良くするために切削油を使うことを推奨する。

### 3.1.6 穴あけ

#### (1) ドリルの形状

図77のようにスパイラルリードを大きく、縦横のみがきをよく修正したものが、チップの排出が良いと判断する。

(図77) ドリルの形状



A : 切刃の角度 (刃先角) 115～120°

B : 切刃の逃げ角度 (二番角) 10～15°

径が大きい場合は、特に二番角を殺してドリルがくい込みすぎないようにする。

## (2) 切削条件

- (a) ドリルの送りは0.15～0.25mm/回転が良い。手送りの場合は、送り量が大きくなりすぎて穴がそれたり、発熱しないように十分に注意する。ドリルが突抜ける瞬間は特に細心の注意を払い、送り量は0.1mm/回転以下とする。
- (b) 回転数は、ドリル径が12mm以下の場合は600～900r.p.mとし、12mmをこえる径の場合には径に従って回転を落とす。
- (c) 被削物の固定はドリルがくい込み過ぎ振りまわされることがあるので、金属の場合よりも注意を払い、しっかりと固定しなければならない。
- (d) 切削油を十分使用し、チップの排出を手まめに行ない、発熱を最小限に抑えるようにする。

## (3) 旋削による穴あけ

穴の径が30mm以上の場合、中ぐりバイトによる穴あけがよい。

径が50mm程度の場合には、100～150r.p.m送りを0.3mm、切込みは3～4mmが適している。

その他のバイトの刃先の形状、旋削条件等は「3.1.3 旋削」(P.44)を参考にすると良い。

## 3.1.7 切断

切断には帯鋸が最も良い。これは刃の部分が長く熱の消散が早く、また経済的であるためである。

### (1) 帯鋸

歯数は4～6山/インチが適している。素材が薄い場合にはこれより山数の多いものが良い。

歯の形状は、やわらかい金属(黄鋼材など)用の鋸刃で十分であるが、プラスチック用の鋸刃も出ているのでこれらを使用すると良い。

刃のアサリがついている方が鋸刃の接触が少なく、発熱が少ないので良い。刃は常に鋭くしておく方が良い。

#### ● 切削条件

刃の速度は、50mm厚さのものを切断する場合は50～100m/min.とする。厚さによって多少変更し、厚いものほど低速にする。

送りは小さい方が良く、チップの流れを見て都度決める。

冷却油を十分に補給して、鋸刃の加熱を防ぐようにする。

### (2) 丸鋸

薄板の場合は丸鋸でも切断できるが、最大50mm程度までで、切断長さは200～300mm程度である。

歯数2～3山/インチ程度の粗い方がチップや素材の溶融を防ぐことができる。また材質は超硬チップ付のものもある。

周速は500m/min.前後が良く、送りの速さは切れ具合によって決める。丸鋸は、刃の温度が上がりやすく歪みや揺れも起き、素材との摩擦が大きくなるので、水冷却を十分に行うことが必要である。

## 3.1.8 ネジ切り

### (1) 機械加工

(a) 旋盤によるネジ切りは、金属の場合に比べて容易にしかも良好な仕上り面にすることができる。

(b) 切込み深さを0.2～0.3mm程度にし、回転数はバイトの操作できる範囲で行う。

### (2) ハンドタップ

最初の数山の崩れに注意して行えば、普通のハンドタップでネジ切りができる。チップの除去を時々行う必要がある。

### (3) ネジの形状

MCナイロンは他のプラスチックと同様に切欠効果が大きいため、強度的にみてウイトウォースネジのような丸みの大きいネジが良い。

### 3.1.9 研削仕上げ

普通の研削盤を使用し砥石の粒度の細かいものを選べば、金属と同様の仕上げを行うことができる。粒度90メッシュ、材質アルミナ系の研削砥石（砥石番号WA901）で試験したところ、良好な結果が得られた。

- 研削条件

周速	約2000m/min.
切込み深さ	砥粒 100メッシュ前後 0.01 mm
	砥粒 50メッシュ前後 0.05～0.1 mm

普通の研削盤は切削油の循環装置が完備しているので、素材の発熱はほとんどない。

### 3.1.10 ラッピング仕上げ

- (1) 相手が金属製の部品の場合には、すり合わせが必要な面でも、MCナイロンの性質上一般的には必要でない。
- (2) ラップ剤は、粒度の細かいもの（細目200～300メッシュ）を使用し、3～5分程度のすり合わせを行う。
- (3) 粒度の粗いものを使用すると、素材の面に深い傷が生じ汚れが入り込んで落ちにくくなるので、不適切である。
- (4) ラッピングする面は、機械仕上げの粗さをできる限り細かくし、製品の「ソリ」を生じさせないように注意する。このような点から、薄板および面積の大きなもののラッピングは困難である。

### 3.1.11 機械加工不良とその原因

穴あけ作業	
問題点	原因
先細り穴	1. ドリルの研磨が不正確。 2. 逃げ角が不十分。 3. 送りが大きすぎる。
表面の焼け 溶融	1. ドリルの形が適切でない。 2. ドリルの研磨が不正確。 3. 送りが小さすぎる。 4. ドリルが鈍い。 5. ウエブが厚すぎる。
表面が欠ける	1. 送りが大きすぎる。 2. 逃げ角が大きすぎる。 3. すくい角が大きすぎる。(薄いウエブでも)
びびり	1. 逃げが大きすぎる。 2. 送りが小さすぎる。 3. ドリルの突出が大きすぎる。 4. すくい角が大きすぎる。
内面 送りあとや 螺旋あとが できる	1. 送りが大きすぎる。 2. ドリルが中心を外れている。 3. ドリルの中心がずれて研磨してある。
穴が大き なりすぎる	1. ドリルの中心が狂って研磨してある。 2. ウエブが厚すぎる。 3. 逃げが不十分。 4. 送り速度が大きすぎる。 5. 開先角度が大きすぎる。
穴が小さ なりすぎる	1. ドリルが鈍い。 2. 逃げ角が大きすぎる。 3. 開先角度が小さすぎる。
穴の中心が 合わない	1. 送りが大きすぎる。 2. スピンドルの速度が遅すぎる。 3. ドリルが次の材料に深く入りすぎる。 4. 切断バイトが先端を残し、これがドリルの方向を誤らせる。 5. ウエブがあまりにも厚すぎる。 6. ドリルのはじめの速度があまりにも速すぎる。 7. ドリルが中心に据えられていない。 8. ドリルが正確に研磨されていない。

問題点	原因
穴の出口に ギザギザを 生ずる	1. 切断バイトが鈍い。 2. ドリルが完全にその部品を通り抜けていない。
ドリルがす ぐになまる	1. 送りが小さすぎる。 2. スピンドルの速度が速すぎる。 3. 冷却剤による潤滑が不十分。

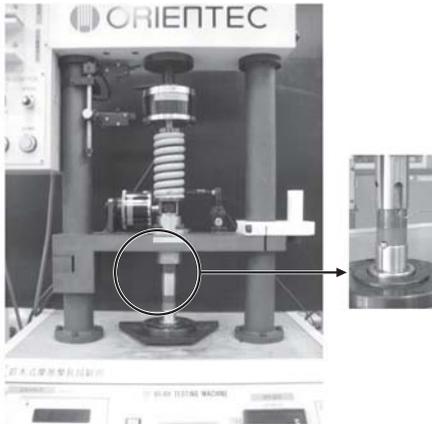
切削作業	
問題点	原因
表面の溶融	1. バイトがなまっている。 2. 横逃げ角が不十分。 3. 冷却剤の供給が不十分。
仕上げ粗悪	1. 送りが大きすぎる。 2. バイトが正しい形に研磨されていない。 3. 刃先が磨かれていない。
螺旋状のす じが出来る	1. 後退の間バイトが摩擦する。(昇る場合のカムと同じ落とし方をせよ) 2. バイトの先がギザギザ。
表面の凹凸	1. 開先角度が大きすぎる。 2. バイトがスピンドルに対して垂直でない。 3. バイトの方向の誤り。(負のすくい角を使用せよ) 4. 送り速度が大きすぎる。 5. バイトが中心より上か下に据えてある。
切断点の突 端またはギ ザギザ	1. 開先角があまりにも不十分。 2. バイトが鈍い。 3. 送り速度が大きすぎる。
外径のギザ ギザ	1. 切断の前に面とりしていない。 2. バイトが鈍い。

## 4

## 試験機

エンジニアリングプラスチックの実用化のためにはさまざまなデータが必要である。

当社では下の写真に示すような種々の試験機を用い、各種エンジニアリングプラスチックの基礎的物性のもとより、より実用に近い形状での性能試験を実施している。



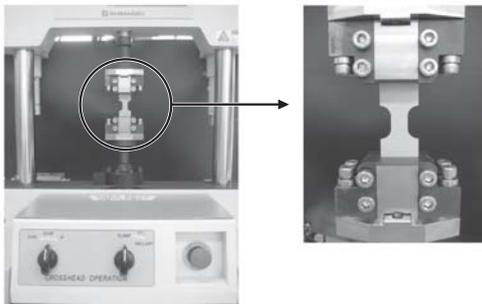
鈴木式摩擦摩耗試験機

円筒形状の試験片の端面を接触させ、摩擦係数や摩耗特性、PV値などを測定する試験機。恒温槽を使用することで低温～高温（-30～300℃）環境下で測定が可能。



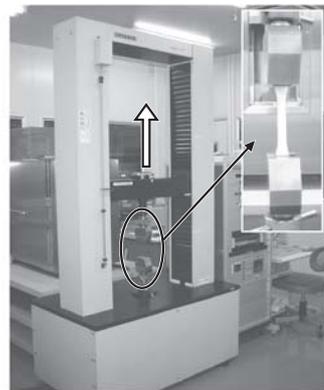
軸受試験機

摩擦係数や摩耗特性、PV値などを測定するためのラジアルタイプの試験機。



疲労試験機

材料の疲労特性（長期寿命特性）を評価するための試験機。恒温槽を使用することで低温～高温（-35～300℃）環境下で測定が可能。



精密万能材料試験機

材料の機械的強度を評価するための試験機。恒温槽を使用することで低温～高温（-30℃～250℃）環境下で測定が可能。

## Mitsubishi Chemical Advanced Materials

E-mail: contact@mcam.com

### Europe

Mitsubishi Chemical  
Advanced Materials NV  
Galgenveldstraat 12  
Industriepark Noord  
8700 Tielt, Belgium  
Tel +32 5142 35 11

### North America

Mitsubishi Chemical  
Advanced Materials Inc  
2120 Fairmont Avenue  
PO Box 14235-Reading,  
PA 19612-4235  
Tel +1 610 320 66 00

### Asia-Pacific

Mitsubishi Chemical  
Advanced Materials  
Asia Pacific Ltd  
60 Ha Mei San Tsuen, Ping Shan  
Yuen Long - N.T. Hong Kong  
Tel +852 2470 2683

Belgium | China | France | Germany | Hong Kong | Hungary | India | Italy | Japan | Korea | Mexico  
Poland | South Africa | Switzerland | The Netherlands | United Kingdom | United States of America

# 三菱ケミカルアドバンスドマテリアルズ株式会社

お客様相談室 〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町1-2-2 三菱ケミカル日本橋ビル  
TEL03(3279)3206 FAX03(3279)6747

東京支店 〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町1-2-2 三菱ケミカル日本橋ビル  
TEL03(3279)3202 FAX03(3279)6747

大阪支店 〒541-0044 大阪府中央区伏見町4-1-1 明治安田生命大阪御堂筋ビル  
TEL06(6204)8518 FAX06(6208)6672

名古屋支店 〒450-6419 名古屋市中村区名駅3-28-12 大名古屋ビルディング19F  
TEL052(565)3703 FAX052(565)3565

福岡営業所 〒812-0026 福岡市博多区上川端町12-20 ふくぎん博多ビル8F  
TEL092(262)5289 FAX092(262)5141

平塚製造所 〒254-8614 神奈川県平塚市西真土2-1-35 三菱ケミカル(株)平塚工場内  
TEL0463(22)8055 FAX0463(54)5970

千葉製造所 〒289-1515 千葉県山武市松尾町富士見台208-85  
TEL0479(86)3851 FAX0479(80)7008

取扱店

## 株式会社セミテック

〒536-0021

大阪市城東区諏訪3丁目4番19号

TEL 06-6965-0600 FAX 06-6965-0603

- 本価格表記の内容については予告なく変更することがありますのでご了承ください。
- 本価格表からの無断転載を禁じます。