



YOUR CHOICE FOR FLUOROBASED PRODUCTS

GUARNIFLON®

Le eccellenti caratteristiche del PTFE vergine non sempre consentono di soddisfare particolari esigenze ed applicazioni industriali dalle performance sempre più estreme.

L'aggiunta di particolari cariche al PTFE consente di migliorare le seguenti caratteristiche:

- resistenza all'usura
- coefficiente di dilatazione
- conducibilità termica ed antistatica
- deformazione/resistenza sotto carico
- flessibilità e resistenza a sollecitazioni a fatica
- coefficiente di attrito
- proprietà dielettriche

Le cariche possono essere miscelate al PTFE in forma singola o multipla ed in percentuali diverse.

Guarniflon dispone di più di 80 differenti tipologie di materiali in PTFE caricato per le applicazioni più diverse.

Le cariche standard: fibra di vetro, bronzo, grafite, carbone.

Compounds speciali: le cariche standard insieme a speciali filler quali **carbografite, alumina, fluoruro di calcio, PPS, PEEK, quarzo, vetro sferico, polimide, fibra di carbonio, bisolfuro di molibdeno e diverse tipologie di pigmenti, ecc.**

Where the most critical operating conditions are present, even the excellent performances of virgin PTFE can not always fulfil the customers' expectations.

The solution is provided by using special fillers together with PTFE, thus enhancing the following characteristics:

- wear strength
- dimensional stability
- thermal conductivity
- deformation under load
- flexibility and strength under work
- coefficient of friction
- dielectric strength

Fillers can be blended with PTFE in different combinations and percentages.

Today Guarniflon has available more than 80 different compounds providing solutions to the most tribological applications.

Standard fillers: glass fibre, bronze, graphite, carbon.

Special fillers: standard fillers together with **carbographite, alumina, calcium fluoride, PPS, PEEK, quartz, spherical glass, polyamide, carbon fibre, molybdenum disulphide and different types of pigments, etc.**





PTFE COMPOUNDS

Die hervorragenden Eigenschaften des PTFE erfüllen viele, aber nicht immer alle speziellen Anforderungen und extremen Leistungsforderung im industriellen Bereich.

Der Zusatz bestimmter Füllstoffen / Compounds mit PTFE ändert und bestimmt folgende Eigenschaften:

- Abriebfestigkeit
- Dehnungskoeffizient
- Thermische und antistatische Leitfähigkeit
- Verformung unter Belastung
- Flexibilität und Erhöhung der Resistenz unter Dauerbelastung
- Reibungskoeffizient
- Dielektrische Merkmale

Guarniflon verfügt über 80 verschiedene PTFE Compounds für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche.

Die Standard Füllungen sind: Glasfaser, Bronze, Graphit und Kohle.

Sondercompounds: Standardfüllstoffe zusammen mit „Sonderfüller“ wie **Kohlegraphit, Aluminium, Kalziumfluorid, PPS, PEEK, Quarz, kugelförmiges Glas, Polyamide, Kohlefaser, MoS2 und verschiedenen anderen Pigmenten.**



PTFE CHARGE

Les excellentes caractéristiques du PTFE ne satisfont pas toujours les exigences particulières et les applications industrielles les plus extrêmes.

L'adjonction des charges particulières au PTFE lui permet d'améliorer les caractéristiques suivantes :

- résistance à l'usure
- coefficient de dilatation
- conductibilité thermique et antistatique
- déformation/résistance sous charge
- flexibilité et résistance à l'usure
- coefficient de frottement
- propriétés diélectriques

Les charges peuvent être mélangées au PTFE singulièrement ou en forme multiple en pourcentages différents.

Guarniflon offre plus de 80 types de matériaux en PTFE chargé pour les utilisations les plus diverses.

Les chargés standards sont : fibre de verre, bronze, graphite, carbone.

Les chargés spéciaux sont : les chargés standards avec des fillers spéciaux comme, **carbographie, alumine, fluorure de calcium, PPS, PEEK, quartz, verre sphérique, polyamide, fibre de carbone, bisulfure de molybdène et plusieurs type de pigments, etc.**





DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI CARICATI CARATTERISTICHE ED AREE DI APPLICAZIONE

CODICE GUARNIFLON	TIPOLOGIA COMPOUND	CARATTERISTICHE GENERALI	APPLICAZIONI GENERALI
G401-G402-G403-G404-G405-G406-G513	VETRO In diverse tipologie e percentuali	Elevata resistenza all'usura e all'abrasione. Elevata resistenza chimica (ad eccezione degli alcali e dell'acido fluoridrico).	Seggi valvole, cuscinetti che debbano resistere allo scorrimento e all'attacco chimico. Adatto per cuscinetti funzionanti a bassi valori di PV.
G412-G414-G483	GRAFITE In diverse tipologie e percentuali	Coefficiente d'attrito estremamente basso.	Media resistenza alla compressione. Resistenza chimica elevata. Abrasione della controsuperficie estremamente bassa. Buona dissipazione termica. Cuscinetti per applicazioni in condizioni di elevata velocità e a contatto con superfici di media durezza.
G410-G415-G430-G450-G451-G452-G456-G463-G453-G472	CARBONE In diverse tipologie e percentuali	Buona conducibilità termica ed elettrica. Buona resistenza alla deformazione. Elevate proprietà di resistenza ai carichi combinate con basso coefficiente d'attrito ed elevata resistenza all'usura. Elevata resistenza chimica.	Cuscinetti per applicazioni in condizioni di alta velocità e dove sia richiesta la dissipazione di cariche elettrostatiche. Fasce elastiche per compressori funzionanti in assenza di lubrificazione. Seggi valvole.
G411-G436	BISOLFURO DI MOLIBDENO In diverse tipologie e percentuali	Elevata antiaderenza. Basso coefficiente di attrito statico.	Fasce guida. Particolari con buone caratteristiche di resistività.
G416-G417-G425-G427-G428-G429-G458-G459-G464-G473-G476-G488-G506-G548	BRONZO In diverse tipologie e percentuali	Elevata resistenza alla compressione. Elevata resistenza all'usura ed elevata conducibilità termica.	Cuscinetti funzionanti in condizioni di alta velocità ed in assenza di lubrificazione. Adatto per operare a contatto con controsuperfici non dure.





DESCRIPTION OF THE MAIN PTFE COMPOUNDS THEIR CHARACTERISTICS AND POSSIBLE APPLICATIONS

GUARNIFLON CODE	COMPOUND	GENERAL CHARACTERISTICS	MAIN APPLICATIONS
G401-G402-G403-G404-G405-G406-G513	GLASS FIBER Different types and percentages	Enhanced wear resistance. Enhanced chemical resistance (except for alkali and hydrofluoric acid).	Valve seats, seals, bearings, required to resist sliding and chemicals. Suitable for bearings working at low PV values.
G412-G414-G483	GRAPHITE Different types and percentages	Extremely low coefficient of friction. Fairly good compressive strength. Enhanced chemical resistance. Good wear resistance. Good thermal dissipation.	Bearings for high speed on fairly hard surface.
G410-G415-G430-G450-G451-G452-G456-G463-G453-G472	CARBON Different types and percentages	Good thermal and electrical conductivity. Good resistance to deformation. Excellent resistance to load with low coefficient of friction and high wear strength. Enhanced chemical resistance.	Bearings for high speed and when fast dissipation of electric charges is needed. Elastic bands for unlubricated compressors. Valve seats.
G411-G436	MOLYBDENUM DISULPHITE Different types and percentages	Enhanced non-stick properties. Low static coefficient of friction. Fairly good resistance to deformation.	Guide bands. Details needing good resistivity.
G416-G417-G425-G427-G428-G429-G458-G459-G464-G473-G476-G488-G506-G548	BRONZE Different types and percentages	Enhanced compressive strength. Good wear resistance and high thermal conductivity.	Unlubricated bearings for high speed excluding hard surfaces.



STANDARD COMPOUNDS

Proprietà Property	Metodo di prova Test method	Unità di misura Unit	Vergine Virgin	Compound G Standard G Standard Compounds					
			G400 VIRGIN PTFE	G403 15% GLASS FIBER	G405 25% GLASS FIBER	G412 15% GRAPHITE	G415 25% SOFT CARBON	G453 25% CARBOGRAPHITE	G458 60% BRONZE 2% CARBON
STAMPATI/MOULDED									
Peso specifico Specific gravity	ASTM D792	g/cm³	2.14 - 2.18	2.19 - 2.22	2.23 - 2.25	2.10 - 2.15	2.05 - 2.11	2.05 - 2.11	3.80 - 3.90
Coefficiente di dilatazione termica lineare Coefficient of linear thermal expansion	ASTM D696	1/°C • 10 ⁻⁵	12 - 13	11 - 13	7.5 - 11	12 - 13	12 - 13	10 - 12	8 - 9
Durezza Shore D Hardness Shore D	ASTM D2240	Punti/ Points	≥ 58	60 - 65	62 - 67	55 - 60	60 - 65	62 - 67	65 - 70
Resistenza a trazione Tensile strength	ASTM D4894 ASTM D4745	N/mm²	≥ 24	17 - 24	14 - 21	15 - 20	15 - 20	14 - 18	17 - 23
Allungamento a rottura Elongation at break	ASTM D4894 ASTM D4745	%	≥ 250	250 - 300	230 - 270	170 - 250	150 - 200	70 - 120	100 - 160
Resistenza a compressione all'1% di deformazione Compressive strength at 1% deformation	ASTM D695	N/mm²	4 - 5	6 - 7	8 - 9	6.5 - 7.5	7 - 9	7 - 9	10 - 11
Deformazione sotto carico Deformation under load (24 h 13.7 N/mm² 23°C)	ASTM D621	%	14 - 17	10 - 14	7 - 10	8 - 10.5	4.5 - 6.5	5 - 6	5 - 6
Deformazione permanente (come sopra dopo 24 h di recupero) Permanent deformation (as above, after 24-h relaxation)	ASTM D621	%	7 - 9	6 - 7	4 - 6.5	4 - 6	2.5 - 4	2.5 - 4	1.5 - 2.5
Coefficiente d'attrito dinamico/Kinetic coefficient of friction	ASTM D1894	/	0.06	0.12	0.13	0.07	0.13	0.11	0.13
Fattore di usura a PV 100 Wear factor at PV 100	ASTM D3702	$\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{min} \cdot 10^{-8}}{\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{h}}$	2900	10 - 20	10 - 15	60	20 - 30	16 - 20	10
ESTRUSI/EXTRUDED									
Peso specifico Specific gravity	ASTM D792	g/cm³	2.14 - 2.18	2.18 - 2.21	2.22 - 2.24	2.09 - 2.14	2.04 - 2.10	2.04 - 2.10	3.80 - 3.88
Durezza Shore D Hardness Shore D	ASTM D2240	Punti/ Points	51 - 60	60 - 65	62 - 67	55 - 60	60 - 65	62 - 67	65 - 70
Resistenza a trazione Tensile strength	ASTM D4894	N/mm²	≥ 20	≥ 15	≥ 13	≥ 14	≥ 14	≥ 12	≥ 13
Allungamento a rottura/ Elongation at break	ASTM D4745	%	≥ 200	≥ 200	≥ 180	≥ 70	≥ 100	≥ 50	≥ 80



I compounds di Guarniflon possono essere forniti sotto forma di lastre e nastri sfogliati, lastre stampate, tubi, tondi, estrusi o stampati, prodotti finiti.

Tutti i semilavorati ed i prodotti finiti in PTFE caricato possono essere sottoposti a trattamento di cementazione.



All Guarniflon compounded PTFE products can be processed as skived sheets and tapes, moulded sheets, extruded or moulded tubes and rods, finished products, etc.

All Guarniflon semi finished and finished products in compounded PTFE grades can be supplied fully or partially etched.



Die Guarniflon Compounds können als geschälte Platten und Folie, gepresste Platten, extrudierte oder gepresste Rohre und Stäbe, sowie Fertigteile hergestellt werden.

Alle Halbzeuge und Fertigteile in PTFE Compound können auch auf Wunsch geätzt werden.



Les chargés Guarniflon se trouvent sous forme de plaques et bandes déroulées, plaques moulées, tubes, tiges, extrudés ou moulés, pièces finies.

Tous les semi-produits et les pièces finies en PTFE chargé peuvent être traités pour être rendus collables.

PTFE CARICATI STANDARD

Per standard vengono considerati i compound tradizionalmente presenti sul mercato ovvero i caricati con **vetro, bronzo, grafite, carbone**.

I valori riportati in tabella nella pagina precedente sono riferiti a prodotti ottenuti da stampaggio a compressione e da estrusione. La prima colonna riassume le proprietà del PTFE vergine denominato G400.

PTFE STANDARD COMPOUNDS

The more common compounded PTFE grades are filled with **glass fibre, bronze, graphite, carbon**.

The values from the associated chart are obtained by the analysis of both the moulding and extrusion process.

The first column on the left sums-up the basic data of virgin PTFE G400, in order to compare with the values of the different compounds.

STANDARD PTFE COMPOUNDS

Als Standard werden alle auf dem Markt traditionell vorhandenen Compounds berücksichtigt, wie **z.B. Glas, Bronze, Graphit, Kohle**.

Die in der Tabelle aufgeführten Angaben beziehen sich auf Produkte, die durch pressen oder extrudieren hergestellt werden. Die erste Spalte fasst die Eigenschaften des virginalen PTFE, G400 genannt, zusammen.

PTFE CHARGES STANDARD

Par PTFE chargé standard nous entendons les charges qui sont traditionnellement présentes sur le marché, c'est à dire les **chargés verre, bronze, graphite et carbone**.

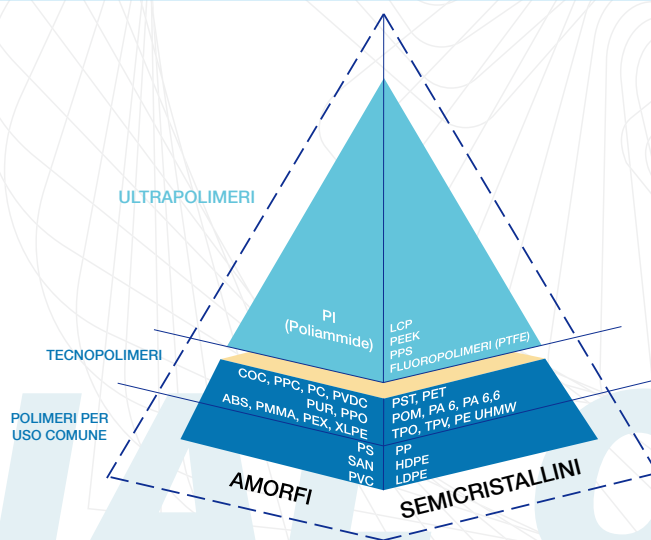
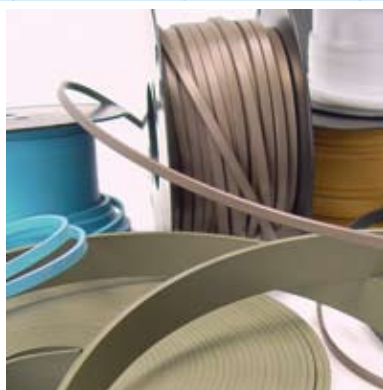
Les valeurs dans le tableau se réfèrent aux produits obtenus par moulage à compression et par extrusion.





La première colonne résume les propriétés du PTFE vierge appelé G400.



SPECIAL COMPOUNDS

Proprietà Property	Metodo di prova Test method	Unità di misura Unit	Compound G Speciali / G Special Compounds						
			G416 40% BRONZE 2% CARBON	G418 15% GLASS FIBER 5% MOS2	G420 50% STEEL	G427 40% BRONZE 5% MOS2	G436 3% MOS2	G455 35% CARBOGRAPHITE	G456 25% HARD CARBON
STAMPATI/MOULDED									
Peso specifico Specific gravity	ASTM D792	g/cm³	3.05 - 3.12	2.20 - 2.30	3.25 - 3.35	3.15 - 3.25	2.19 - 2.24	1.90 - 2.00	2.05 - 2.11
Coefficiente di dilatazione termica lineare/Coefficient of linear thermal expansion	ASTM D696	1/°C • 10 ⁻⁵	10 - 11.5	9 - 12	10 - 12	9 - 12	11 - 12	6.5 - 10	8 - 11
Durezza Shore D Hardness Shore D	ASTM D2240	Punti Points	62 - 67	55 - 60	65 - 70	60 - 67	50 - 55	65 - 70	65 - 70
Resistenza a trazione Tensile strength	ASTM D4745	N/mm²	23 - 28	15 - 20	17 - 23	23 - 28	23 - 28	8 - 13	12 - 16
Allungamento a rottura Elongation at break	ASTM D4745	%	200 - 250	220 - 270	180 - 230	200 - 250	230 - 280	40 - 70	70 - 110
Resistenza a compressione all'1% di deformazione Compressive strength at 1% deformation	ASTM D695	N/mm²	7 - 9	8.5 - 9	10 - 10.5	6.5 - 8	5.5 - 6.5	12 - 13.5	7 - 11
Deformazione sotto carico Deformation under load (24 h 13.7 N/mm² 23°C)	ASTM D621	%	8 - 11	7 - 8	5.5 - 6.5	6.5 - 7.5	13 - 14	4 - 6	4 - 5.5
Deformazione permanente (come sopra dopo 24 hdi recupero) / Permanent deformation (as above, after 24-h relaxation)	ASTM D621	%	3 - 5	3 - 4	2 - 3	3 - 3,5	5 - 6	1.2 - 1.4	1.4 - 1.9
Coefficiente d'attrito dinamico / Kinetic coefficient of friction	ASTM D1894	/	0.13	0.08	0.13	0.13	0.08	0.12	0.12
Fattore di usura a PV 100 Wear factor at PV 100	ASTM D3702	$\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{min} \cdot 10^{-8}}{\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{h}}$	9 - 13	10 - 20	20 - 30	10 - 15	3.000	20 - 30	12 - 18



-  I compounds di Guarniflon possono essere forniti sotto forma di lastre e nastri sfogliati, lastre stampate, tubi, tondi, estrusi o stampati, prodotti finiti.
Tutti i semilavorati ed i prodotti finiti in PTFE caricato possono essere sottoposti a trattamento di cementazione.
-  All Guarniflon compounded PTFE products can be processed as skived sheets and tapes, moulded sheets, extruded or moulded tubes and rods, finished products, etc.
All Guarniflon semi finished and finished products in compounded PTFE grades can be supplied fully or partially etched.
-  Die Guarniflon Compounds können als geschälte Platten und Folie, gepresste Platten, extrudierte oder gepresste Rohre und Stäbe, sowie Fertigteile hergestellt werden.
Alle Halbzeuge und Fertigteile in PTFE Compound können auch auf Wunsch geätzt werden.
-  Les chargés Guarniflon se trouvent sous forme de plaques et bandes déroulées, plaques moulées, tubes, tiges, extrudés ou moulés, pièces finies.
Tous les semi-produits et les pièces finies en PTFE chargé peuvent être traités pour être rendus collables.

PTFE CARICATI SPECIALI

I compound "G" speciali costituiscono un'integrazione alla serie degli standard. Trovano sempre più larga diffusione sul mercato, in quanto consentono di ottenere soluzioni che spesso gli standard non sono in grado di offrire. Questi compound speciali, formulati partendo da specifiche esigenze applicative, sono il frutto della ricerca interna Guarniflon.

La tabella di cui alla pagina precedente riassume le proprietà dei compound speciali maggiormente diffusi tra i clienti Guarniflon. Rappresentano solo una parte dei compound attualmente disponibili nella vasta gamma di soluzioni che Guarniflon può mettere a disposizione.

Guarniflon rende inoltre disponibili alcuni compound speciali caricati con polimeri ad alte prestazioni come PEEK, PPS, Polimide, LCP, bisolfuro di molibdeno, ecc.

PTFE SPECIAL COMPOUNDS

Special "G" compounds compliment the series of standard "G" compounds.

Although these products are not widespread in the market, they provide solutions that standard compounds will not permit.

Special compounds, designed to meet the specific requirements of the application, are gained using the expertise of Guarniflon's R&D team.

The associated table illustrates the properties of some special "G" compounds by Guarniflon. They represent only a small number of the compounds available among the range of solutions Guarniflon is able to suggest.

Some of Guarniflon compounds include fillers like PEEK, PPS, polyimide, LCP, molybdenum disulphide, etc.

PTFE SONDERCOMPOUNDS

Die „G“ **Sonder-Compound** bilden eine Ergänzung zu der Standard-Compound Serie.

Diese werden immer dann eingesetzt, um eine Lösung anzubieten, wenn der Standard-Compound, nicht ausreichend ist.

Diese Sonder-Compound wurden aufgrund spezifischer Anforderungen entwickelt, und sind das Ergebnis der eigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung.

Die unten aufgeführte Tabelle fasst die Eigenschaften, der am meisten von Guarniflon Kunden eingesetzten Sondercompounds, zusammen.

Diese Tabelle stellt aber nur einen Teil der Compoundserie aus der breiten Produktpalette, worüber Guarniflon verfügt, dar. Guarniflon kann außerdem **Sonder-Compound** mit Hochleistungspolymeren, **wie PEEK, PPS, Polyamide, LCP, MoS2 usw. anbieten.**

PTFE CHARGES SPECIAUX

Les chargés "G" spéciaux représentent une intégration à la série des chargés standards. Ils sont largement diffusés sur le marché parce qu'ils permettent d'obtenir des solutions que les autres chargés ne peuvent pas offrir.

Ces chargés spéciaux, formulés à partir d'exigences spécifiques, sont le résultat de la recherche en Guarniflon.

Le tableau ci-dessous résume les propriétés des chargés spéciaux les plus diffusés entre les clients de Guarniflon. Ils représentent seulement une partie des chargés actuellement disponibles dans la vaste gamme de solutions que Guarniflon offre.

Guarniflon met à disposition quelques chargés spéciaux chargés fabriqués à partir de polymères de haute performance comme PEEK, PPS, Polymide, LCP, bisulfure de molybdène, etc.



2 PROPRIETÀ RILEVANTI AI FINI DELLA PROGETTAZIONE

Le cariche introdotte nel PTFE permettono di migliorare alcune proprietà di base del polimero vergine. I vantaggi che si ottengono con l'introduzione di una carica nel PTFE sono essenzialmente i seguenti:

- migliore resistenza alla compressione
- migliore conducibilità termica
- minore dilatazione termica
- contenimento del tasso di usura

I diagrammi raffigurati nelle pagine successive illustrano l'incidenza che una carica o una combinazione di cariche ha sulle proprietà considerate determinanti ai fini di una corretta progettazione.

Per consentire all'utilizzatore di orientarsi agevolmente nella scelta del caricato che potrà ritenere più idoneo per la propria applicazione abbiamo preso in considerazione i compound "G" standard e speciali più comuni.

2.1 PROPRIETÀ MECCANICHE

In genere, quando si parla di proprietà meccaniche di un materiale si pensa immediatamente alla resistenza e all'allungamento a rottura. In realtà, pur essendo le più comuni, queste due proprietà non sempre sono idonee a rappresentare il comportamento di un materiale in una specifica applicazione.

Nel caso del PTFE le proprietà più interessanti dal punto di vista applicativo sono quelle compressive e, in particolare, la resistenza alla compressione ad una deformazione prefissata, le deformazioni sotto carico costante e permanente ad una temperatura stabilita.

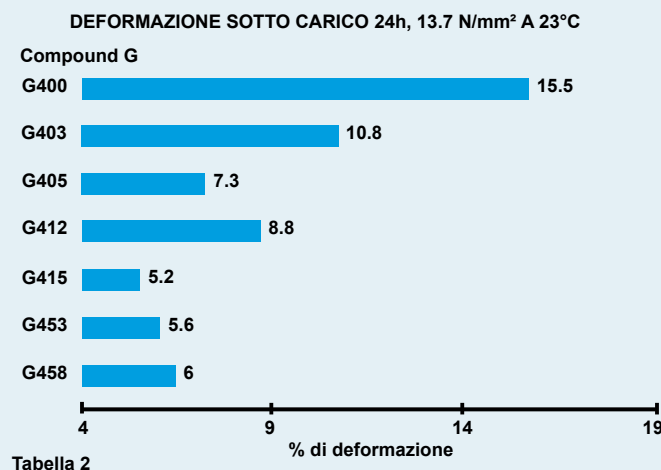
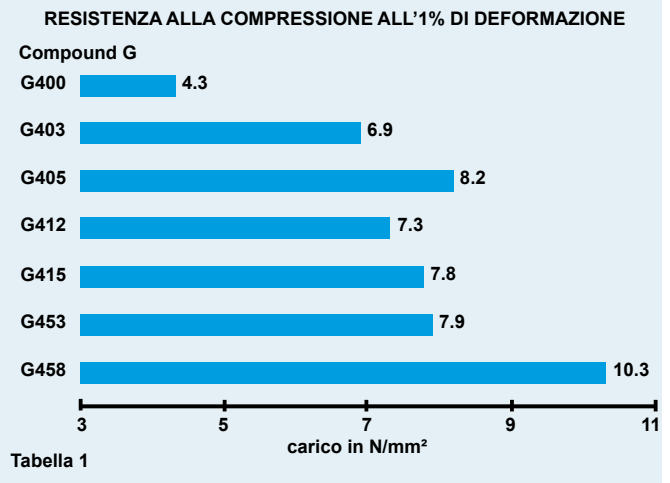
La resistenza alla compressione ad una deformazione definisce il carico necessario ad impartire una % di deformazione istantanea prestabilita.

Normalmente i valori riportati in letteratura indicano quale carico è necessario applicare per ottenere una deformazione dell'1% su un provino di dimensioni standard.

Nel PTFE l'incorporazione di una carica permette di ottenere aumenti di resistenza alla compressione oscillanti dal 35 al 50% rispetto al dato del polimero non caricato.

Le modalità di determinazione di tale proprietà sono fissate nella norma ASTM D695.

La tabella 1 riportata a lato, illustra i valori di resistenza alla compressione all'1% di deformazione dei più comuni tipi di caricati della serie "G".



La deformazione sotto carico (creep) è la sollecitazione alla quale vengono sottoposti più frequentemente i caricati a base di PTFE.

Essa è di grande importanza pratica ai fini della scelta del tipo di PTFE caricato.

La determinazione della percentuale di deformazione sotto carico viene effettuata secondo la norma ASTM D638.

Questa prova consiste nell'applicare un carico di 13.7 N/mm² ad un provino cilindrico di dimensioni standard per un periodo di 24 ore.

Trascorso tale periodo, viene misurata la diminuzione di altezza del provino rispetto al valore iniziale. Il dato ottenuto rappresenta la deformazione sotto carico.

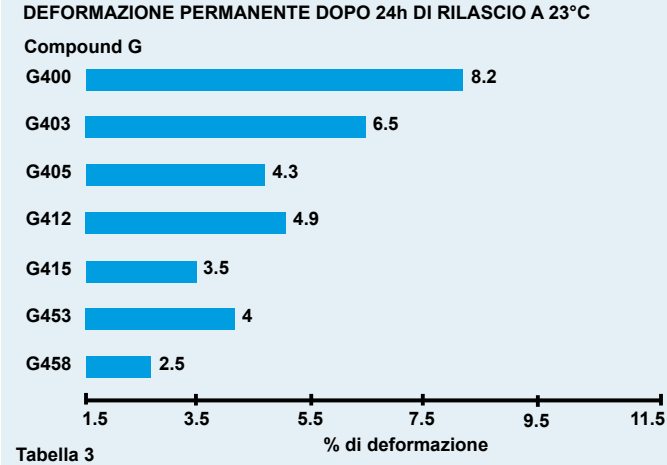
La rappresentazione grafica di questo tipo di prova evidenzia una mancanza di proporzionalità tra tempo e deformazione:

quest'ultima procede velocemente nelle prime 10-20 ore di prova per poi rallentare fino ad arrestarsi completamente nell'arco di un centinaio di ore circa.

Dati relativi alla deformazione sotto carico di alcuni caricati sono riportati nella tabella 2.

Altro parametro rilevante ai fini di una corretta scelta applicativa è la deformazione permanente. Essa rappresenta la percentuale di deformazione residua che non viene recuperata nell’arco delle 24 ore successive alla liberazione del provino dal carico. Quanto minore risulterà la deformazione permanente tanto più elevata risulterà la resistenza del materiale allo scorrimento plastico. La tabella 3 compara i dati di deformazione permanente rilevati sui tipi di caricati più utilizzati.

Le deformazioni sotto carico e permanente sono influenzate dalla composizione del materiale, dal metodo di trasformazione, dalla temperatura a cui viene effettuata la compressione e dalla geometria del provino.



2.2 PROPRIETÀ ELETTRICHE

Le proprietà elettriche del PTFE vergine vengono sensibilmente modificate con l’aggiunta di cariche. In particolare, sia la resistività di volume che quella di superficie variano in relazione al tipo e quantità di carica presente. Le proprietà elettriche sono inoltre influenzate dal processo di trasformazione e in particolare dalla microporosità residua che determina un incremento delle conducibilità.

La conoscenza delle proprietà dielettriche dei PTFE caricati è essenziale per la scelta di caricati destinati ad applicazioni nell’industria elettromeccanica.

Nella tabella 4 sono riportati i dati relativi a resistività di volume e di superficie di alcuni dei più diffusi caricati della serie “G”.

Proprietà	U.M.	G400	G403	G405	G412	G415	G416	G458
Resistività di volume	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{18}	10^{16}	10^{16}	10^{11}	10^3	10^8	10^7
Resistività di superficie	Ω	10^{17}	10^{16}	10^{16}	10^{12}	10^3	10^{10}	10^9

Tabella 4

2.3 PROPRIETÀ TERMICHE

Il PTFE e tutti i caricati della serie “G”, compresi quelli contenenti cariche metalliche, hanno una capacità termica molto bassa.

In tabella 5 sono riportati i dati di conducibilità termica dei più comuni caricati comparati con quelli di materiali di impiego comune quali ottone, acciaio, vetro e alluminio.

Materiale	G400	G403	G405	G412	G415	G417	G458	Ottone	Alluminio	Acciaio	Vetro
Conducibilità $10^{-4} \text{ cal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$	6	8	9	11	13	16	19	2.300	4.950	1100	18.4

Tabella 5

Il PTFE puro o caricato può essere impiegato applicando carichi moderati fino a 260°C e, a basse temperature, fino a circa -200°C (uso in ambiente di azoto liquido).

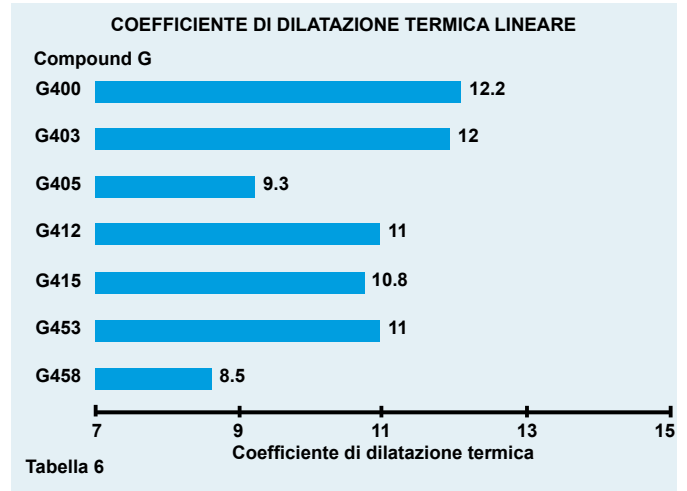
La seconda proprietà termica di interesse pratico è il coefficiente di dilatazione termica lineare.

Grazie all'aggiunta di cariche nel PTFE è possibile contenere il fenomeno della dilatazione che nelle materie plastiche è molto più marcato che in altri materiali.

Poiché i processi di trasformazione del PTFE inducono fenomeni di orientamento delle catene polimeriche, il coefficiente di dilatazione termica viene misurato su provini ricavati sia parallelamente che perpendicolarmente alla direzione di stampaggio.

Esso è di grande importanza per i progettisti di particolari in materiale plastico poiché consente di stabilire, con buona approssimazione, le variazioni dimensionali di un articolare funzionante ad una specifica temperatura.

Nella tabella 6 vengono riportati i coefficienti di dilatazione termica dei caricati "G" più comuni.



2.4 COEFFICIENTE D'ATTRITO E RESISTENZA ALL'USURA

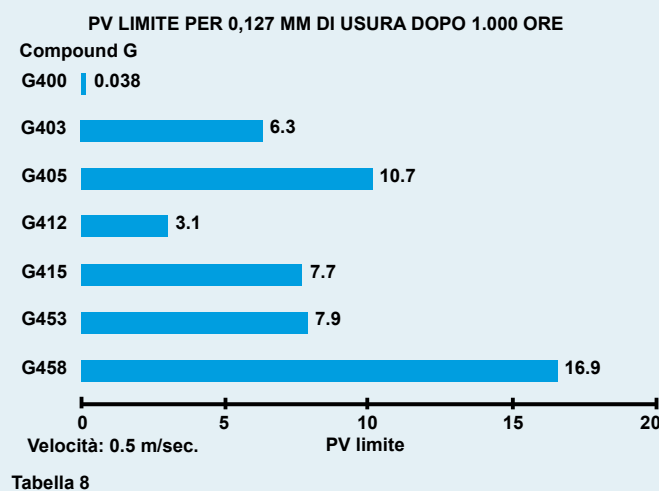
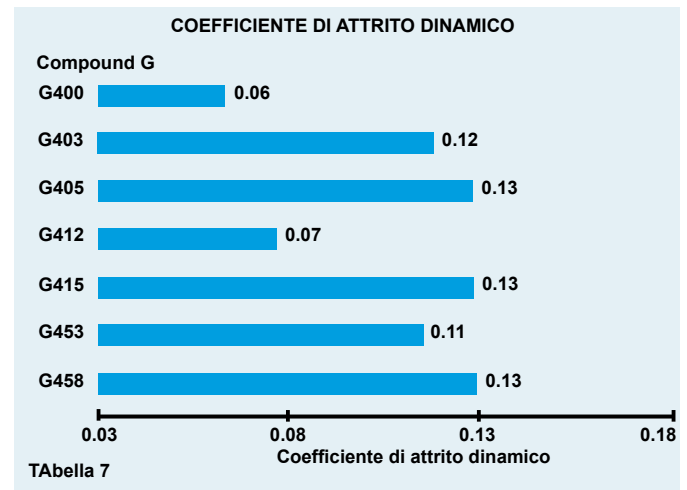
Il valore del coefficiente di attrito del PTFE vergine e caricato misurato in assenza di lubrificazione è influenzato dal carico applicato, dalla velocità di strisciamento, dalla temperatura e dalla natura delle superfici a contatto.

Il coefficiente d'attrito di uno stesso materiale può:

- aumentare con l'aumentare della velocità di strisciamento e con il diminuire del carico applicato
- diminuire all'aumentare del carico applicato e con il ridursi della velocità di strisciamento

In condizioni di carico e velocità costanti il coefficiente d'attrito resta stabile fino a 100°C ; al di sopra di tale livello tende ad aumentare.

In tabella 7 sono rappresentati i coefficienti d'attrito del PTFE vergine e di alcuni dei caricati più comuni determinati secondo la norma ASTM D3702.



La resistenza all'usura è anch'essa influenzata dagli stessi parametri che influiscono sul valore di coefficiente di attrito. I dati disponibili sono riferiti a prove condotte in condizioni standard.

La resistenza all'usura del PTFE vergine e dei vari caricati varia al variare delle condizioni di esercizio.

Il dato certamente più utile per stimare il comportamento di un PTFE caricato è il PV limite ossia la combinazione di carico e velocità che il materiale può sopportare prima che si determini un'usura grave.

Nella tabella 8 sono riportati i PV limite di diversi PTFE caricati e del PTFE vergine determinati a parità di velocità e pari livello di usura (0,127 mm di perdita di altezza del provino dopo 1.000 ore di funzionamento).

2.5 RESISTENZA CHIMICA

Grazie alla stabilità del legame chimico C-F il PTFE vergine presenta una eccezionale resistenza chimica.

Nel caso dei Compound serie "G" la presenza delle cariche riduce tale resistenza, pertanto la scelta del tipo di prodotto dovrà tenere conto delle indicazioni riportate nella tabella 9.

Per avere informazioni più dettagliate si prega di contattare il nostro Ufficio Tecnico.

Sostanza Chimica	G400	G403 G405	G412 G415	G416 G458
Acido Cloridrico 35%	E	M	E	S
Acido Solforico 50%	E	E	E	S
Acido Nitrico 40%	E	D	M	S
Ammonio Idrossido 28%	E	S	E	D
Soda Caustica 40%	E	S	E	D
Benzene	E	E	E	E
Alcool Etilico	E	E	E	E
Fenolo	E	E	E	E
Tricloroetilene	E	E	E	E
Acido Fluoridrico	D	S	D	-
Fluoro gassoso	E	S	D	-
Bromo	E	D	D	-
Cloro	E	D	D	-
Anidride solforosa	E	D	D	-

Tabella 9

LEGENDA

E = Eccellente

D = Discreta

M = Mediocre

I = Scarsa.



2 PROPERTIES OF IMPORTANCE FOR DESIGNING

Fillers mixed with PTFE allow to improve some basic physical properties of virgin polymer. The advantages are the following:

- enhanced compressive strength
- enhanced thermal conductivity
- reduced thermal expansion
- reduced wear factor

The diagrams below show how a single filler or a combination of fillers affect some properties essential for correct designing.

2.1 MECHANICAL PROPERTIES

When we speak of mechanical properties of materials, we generally think at once about tensile strength and elongation at break. However, these two properties, though the most common, do not always accurately reflect the behaviour of a material in some applications.

As to PTFE, compressive properties are actually the most important in application - compressive strength at a set deformation and deformation under constant load and permanent deformation at a set temperature.

Compressive strength at a deformation defines the load necessary to impart a set instant deformation.

Data that literature reports generally show the load to bring about a 1% deformation on a specimen of standardized size.

Depending on the kind of filler mixed with PTFE, increases of compressive strength from 35% to 50%, with respect to virgin material, are commonly achieved.

The test method for this property is described by ASTM D695.

Table 1 shows values of compressive strength at 1% deformation for the most common filled compounds of "G" series.

COMPRESSIVE STRENGTH AT 1% DEFORMATION

Compound G

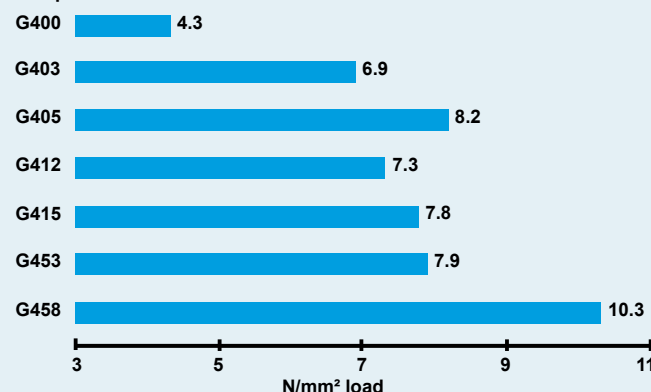


Table 1

DEFORMATION UNDER LOAD (24h, 13.7 N/mm², 23°C)

Compound G

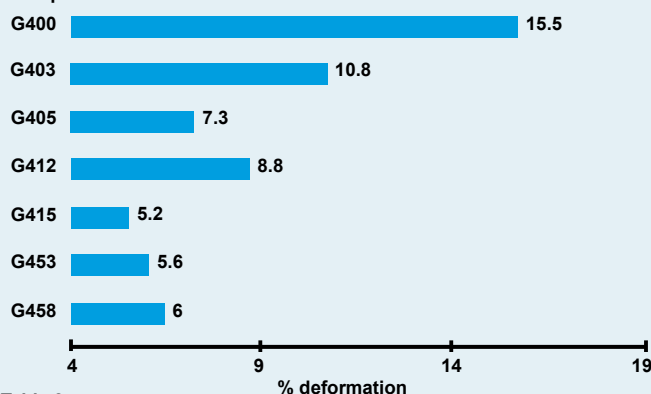


Table 2

Deformation under load is the test that PTFE filled compounds undergo most frequently, of great importance to lead to the right selection among various filled compounds. The determination of the percentage of deformation under load is carried out according to ASTM D695.

This test consists in applying a load of 13.7 N/mm² to a test specimen of standard shape (cylinder) for 24 h.

Then the percent contraction of the specimen height is calculated - the result represents the deformation under load.

The graph of this test emphasizes the non-proportionality between time and deformation - in fact, the latter rapidly rises in the first 10-20 h of testing to slow down and then cease definitely in the space of about a hundred hours.

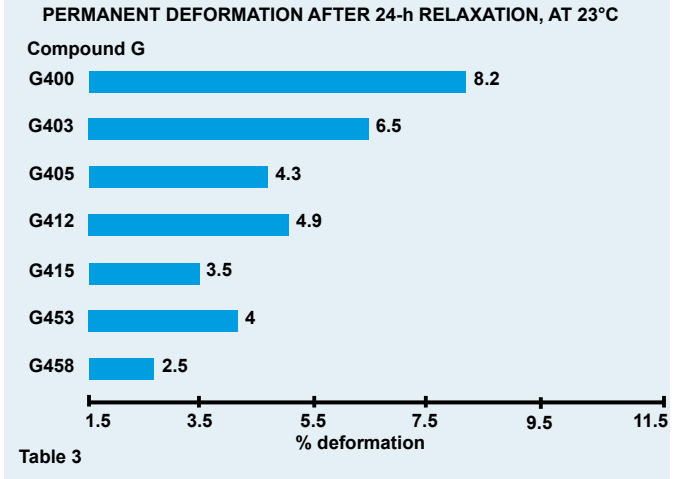
Data of deformation under load for some filled compounds are compared in table 2.

Permanent deformation is another property to be taken into account for correct application - it represents the percent residual deformation that does not recover after the specimen has been relaxed of the load for 24 hours.

The less permanent deformation turns out, the greater the material opposes polymer chains sliding.

Table 3 compares the data of permanent deformation of common filled compounds.

Deformation under load and permanent deformation are affected by material composition, technique of processing, temperature at compression, shape of the specimen.



2.2 ELECTRICAL PROPERTIES

Electric properties of virgin PTFE are sensibly modified by adding fillers.

In particular, both volume and surface resistivity change in accordance with type and content of fillers.

Electric properties are also affected by the technique of processing and by the residual microporosity which increases conductivity.

It is essential to know dielectric properties of filled compounds to make the right selection for applications in electromechanic industry.

Table 4 shows data of volume and surface resistivity of some common "G" compounds.

Proprietà	U.M.	G400	G403	G405	G412	G415	G416	G458
Volume resistivity	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{18}	10^{16}	10^{16}	10^{11}	10^3	10^8	10^7
Surface resistivity	Ω	10^{17}	10^{16}	10^{16}	10^{12}	10^3	10^{10}	10^9

Table 4

rel. 3

2.3 THERMAL PROPERTIES

PTFE and all "G" compounds, even those containing metal fillers, have very low thermal conductivity.

Table 5 shows data of thermal conductivity of common compounds, in comparison with materials such as brass, aluminium, steel, glass.

Property	G400	G403	G405	G412	G415	G417	G458	Brass	Aluminium	Steel	Glass
Conductivity $10^{-4} \text{ cal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$	6	8	9	11	13	16	19	2.300	4.950	1100	18.4

Table 5

When loads are moderate, virgin and filled PTFE can be employed up to 260°C and, in liquid nitrogen, down to -200°C.

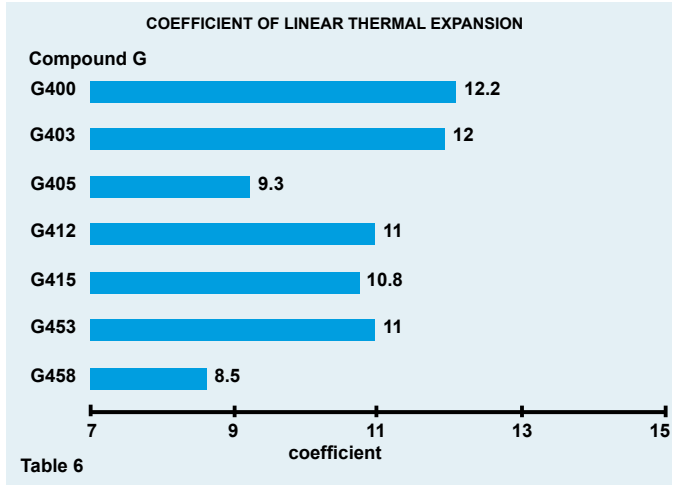
The other thermal property of practical importance is the coefficient of linear thermal expansion.

Thanks to the addition of fillers to PTFE, it is possible to control thermal expansion which is conspicuous as in all plastics.

As processing PTFE brings about the rearrangement of polymer chains, the coefficient of linear thermal expansion is evaluated on specimens along and across the moulding direction.

It is a test of great importance for designing, since it allows to assess, with good approximation, size changes of details working at a set temperature.

Table 6 shows the coefficients of expansion of common "G" compounds.



2.4 COEFFICIENT OF FRICTION AND WEAR RESISTANCE

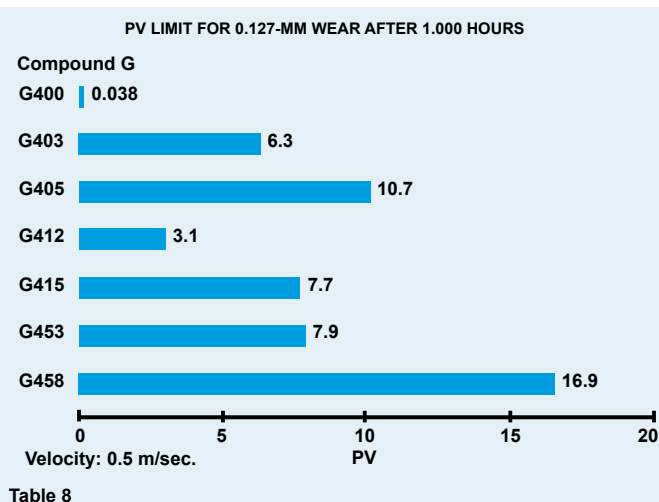
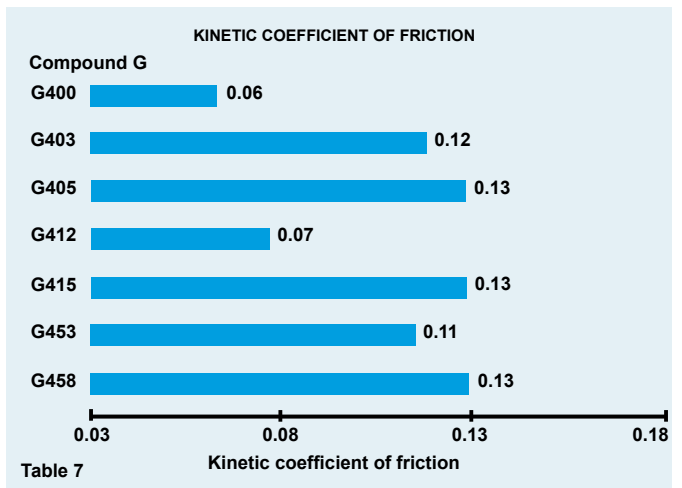
When measured without any lubricants, the coefficient of friction of virgin and filled PTFE is affected by load applied, drag speed, temperature, type of contact surface.

The coefficient of friction of a material:

- increases with increasing drag speed and with decreasing load applied
- decreases in reverse conditions

When load and speed are constant, the coefficient does not change up to 100°C; it tends to increase above this temperature.

Table 7 shows coefficient of friction of virgin PTFE and some common compounds; they are determined according to ASTM D3702.



Wear resistance is affected by the same variables as those acting on the coefficient of friction.

Wear resistance of virgin and compounded PTFE changes with varying operating conditions.

Among the data available to assess the behaviour of PTFE compounds, PV limit is the most useful - it represents the combined effect of pressure and velocity that the material can withstand before dramatic wear occurs.

Table 8 shows PV limit values determined on a specimen submitted to constant velocity (0.5 m/s) and constant wear extent (0.127 mm thickness lost) after 1.000-hour operation.

2.5 CHEMICAL RESISTANCE

Thanks to the high stability of C-F bond, virgin PTFE exhibits extraordinary chemical resistance.

The presence of fillers modifies chemical resistance; consequently, the selection of a PTFE compound must take into account the directions in table 9.

Chemical	G400	G403 G405	G412 G415	G416 G458
Hydrochloric acid, 35%	E	F	E	P
Sulphuric acid, 50%	E	E	E	P
Nitric acid, 40%	E	G	F	P
Ammonia, 28%	E	P	E	G
Caustic soda, 40%	E	P	E	G
Benzene	E	E	E	E
Ethanol	E	E	E	E
Phenol	E	E	E	E
Trichloroethylene	E	E	E	E
Hydrofluoric acid	G	P	G	-
Fluorine, gas	E	P	G	-
Bromine	E	G	G	-
Chlorine	E	G	G	-
Sulphur dioxide	E	G	G	-

Table 9

LEGEND

E = Excellent

G = Good

M = Fair

P = Poor.



2 PROPRIETES IMPORTANTES POUR L'ETUDE DE PROJET

Les charges introduites dans le PTFE permettent d'améliorer certaines propriétés de base du polymère vierge. Les avantages obtenus en introduisant une charge dans le PTFE sont principalement les suivants:

- meilleure résistance à la compression
- meilleure conductivité thermique
- moindre dilatation thermique
- réduction du taux d'usure

Les diagrammes des pages suivantes illustrent l'incidence qu'une charge ou une combinaison de charges a sur les propriétés considérées déterminantes pour une étude de projet correcte.

Pour permettre à l'utilisateur de s'orienter facilement dans le choix de la charge qui lui semblera la plus adaptée pour son application, nous avons pris en considération les compounds "G" standards et spéciaux les plus communs.

2.1 PROPRIETES MECANIQUES

En général lorsque l'on parle des propriétés mécaniques d'un matériau on pense immédiatement à la résistance et à l'allongement à la rupture. En réalité, même si ces deux propriétés sont les plus communes, elles ne suffisent pas à représenter le comportement d'un matériau dans une application spécifique.

Dans le cas du PTFE les propriétés les plus intéressantes du point de vue de l'application sont celles concernant la compression, et en particulier la résistance à la compression à une déformation préétablie, les déformations sous charge constante et permanente à une température établie.

La résistance à la compression à une déformation définit la charge nécessaire à communiquer un % de déformation instantanée préétablie.

Normalement les valeurs que l'on trouve dans la littérature indiquent quelle est la charge à appliquer pour obtenir une déformation d'1% sur un échantillon de dimensions standard.

Dans le PTFE l'incorporation d'une charge permet d'obtenir des augmentations de résistance à la compression qui vont de 35 à 50% par rapport à la donnée du polymère qui n'a pas été chargé.

Les modalités de détermination de cette propriété sont fixées par la norme ASTM D695.

Le tableau 1 sur le côté, illustre les valeurs de résistance à la compression avec déformation d'1% des types chargés les plus communs de la série "G".

RESISTANCE A LA COMPRESSION AVEC 1% DE DEFORMATION

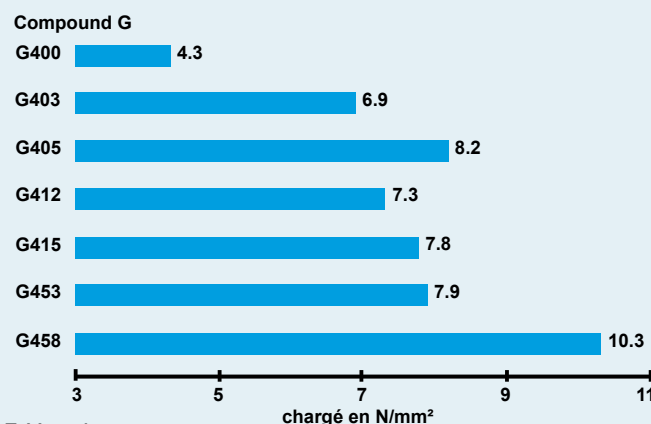


Tableau 1

DEFORMATION SOUS CHARGE 24h N/mm² à 23 C

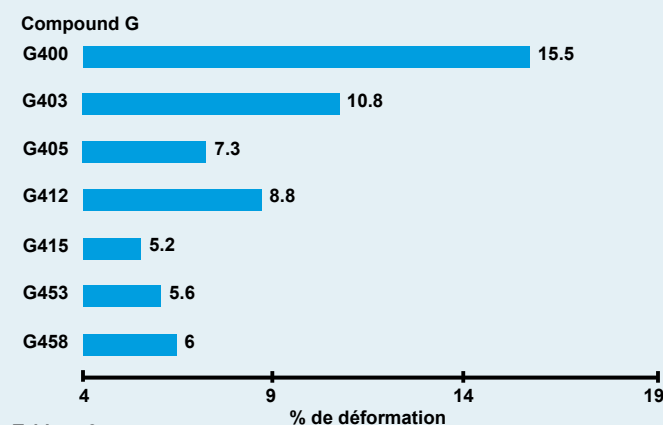


Tableau 2

La déformation sous charge (creep) est la contrainte à laquelle sont soumis le plus fréquemment les chargés à base de PTFE.

Elle a une grande importance pratique pour le choix du type de PTFE chargé.

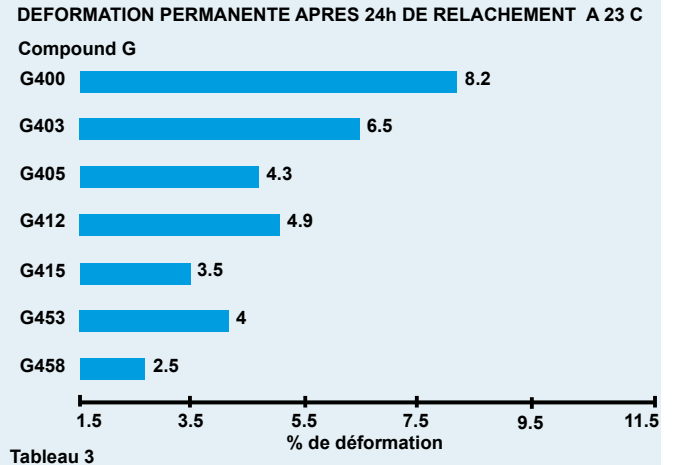
La détermination du pourcentage de déformation sous charge est effectuée conformément à la norme ASTM D638.

Cet essai consiste à appliquer une charge de 13.7 N/mm² à un échantillon cylindrique de dimensions standards pendant une période de 24 heures.

Cette période passée, on mesure la diminution de la hauteur de l'échantillon par rapport à la valeur initiale. La donnée obtenue représente la déformation sous charge. La représentation graphique de ce type d'essai met en évidence l'absence de proportionnalité entre temps et déformation: cette dernière avance rapidement durant les 10-20 premières heures d'essai puis elle ralentit pour s'arrêter complètement en une centaine d'heures environ. Des données relatives à la déformation sous charge de quelques chargés sont reportées dans le tableau 2.

Un autre paramètre important en ce qui concerne un choix d'application correct est la **déformation permanente**. Il s'agit de la déformation résiduelle qui n'est pas récupérée dans les 24 heures qui suivent la libération de l'échantillon de la charge.

Plus la déformation permanente est peu importante, plus la résistance du matériau au glissement plastique est élevée. Le tableau 3 compare les données de déformation permanente relevées sur les types de chargés plus utilisés. Les déformations sous charge et permanente sont influencées par la composition du matériau, par la méthode de transformation, par la température à laquelle est effectuée la compression et par la géométrie de l'échantillon.



2.2 PROPRIETES ELECTRIQUES

Les propriétés électriques du PTFE vierge sont sensiblement modifiées avec l'ajout de charges.

En particulier, aussi bien la résistivité de volume que celle de surface varient par rapport au type et à la quantité de charge présente. En outre les propriétés électriques sont influencées par le processus de transformation et en particulier par la microporosité résiduelle qui détermine une augmentation de la conductibilité.

La connaissance des propriétés diélectriques des PTFE chargés est essentielle pour le choix de chargés destinés à des applications dans l'industrie électromécanique.

Le tableau 4 reporte les données relatives à la résistivité de volume et de surface de certains des chargés les plus répandus de la série "G".

Propriétés	U.M.	G400	G403	G405	G412	G415	G416	G458
Résistivité de volume	ohm • cm	10 ¹⁸	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹¹	10 ³	10 ⁸	10 ⁷
Résistivité de surface	ohm	10 ¹⁷	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹²	10 ³	10 ¹⁰	10 ⁹

Tableau 4

rel. 3

2.3 PROPRIETES THERMIQUES

Le PTFE et tous les chargés de la série "G", y compris ceux contenant des charges métalliques, ont une capacité thermique très basse. Le tableau 5 reporte les données relatives à la conductibilité thermique des chargés les plus communs comparés avec celles de matériau communément utilisés comme cuivre, acier, verre et aluminium.

Matériau	G400	G403	G405	G412	G415	G417	G458	Cuivre	Aluminium	Acier	Verre
Conductibilité 10 ⁻⁴ cal/cm • s • °C	6	8	9	11	13	16	19	2.300	4.950	1100	18.4

Tableau 5

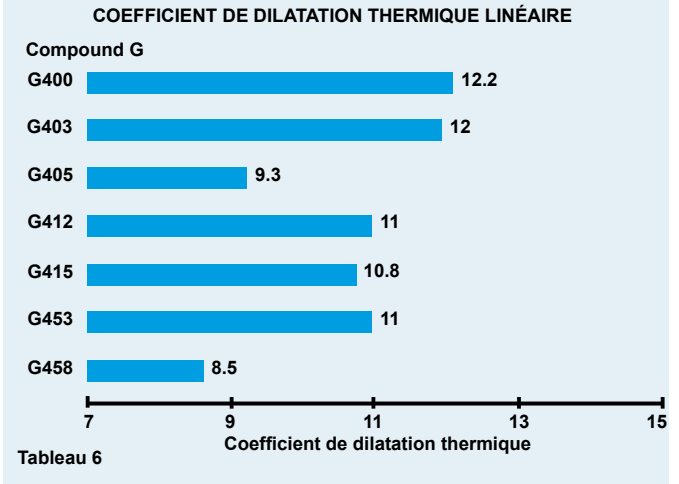
Le PTFE pur ou chargé peut être utilisé en appliquant des charges modérées jusqu'à 260 C et, à basses température, jusqu'à environ -200 C (emploi en milieu d'azote liquide).

La deuxième propriété thermique d'intérêt pratique est le coefficient de dilatation thermique linéaire.

Grâce à l'ajout de charges dans le PTFE il est possible de contenir le phénomène de la dilatation qui est beaucoup plus marqué dans les matières plastiques que dans les autres matériaux. Etant donné que les processus de transformation du PTFE provoquent des phénomènes d'orientation des chaînes polymériques, le coefficient de dilatation thermique est mesuré sur les échantillons obtenus aussi bien perpendiculairement que parallèlement à la direction d'impression.

Ce qui est très important pour les auteurs de projet d'éléments en matière plastique car cela permet d'établir, de manière suffisamment approximative, les variations dimensionnelles d'un détail fonctionnant à une température spécifique.

Le tableau 6 reporte les coefficients de dilatation thermique des chargés les plus répandus de la série "G".



2.4 COEFFICIENT DE FROTTEMENT ET RÉSISTANCE À L'USURE

La valeur du **coefficient de frottement** du PTFE vierge et chargé mesurée en absence de lubrification est influencée par la charge appliquée, par la vitesse de glissement, par la température et par la nature des surfaces en contact.

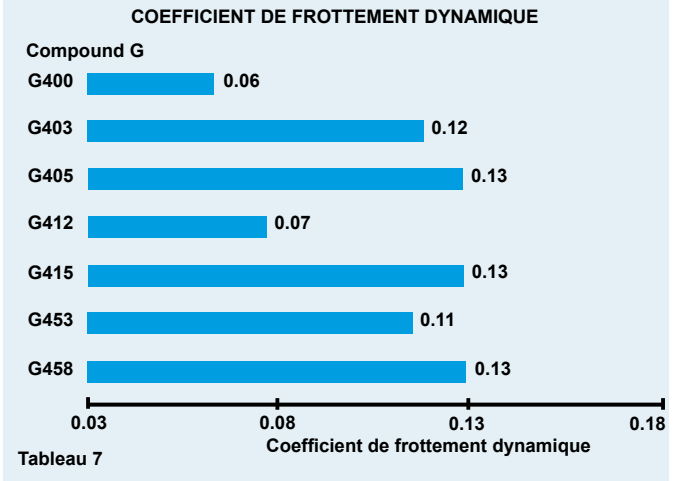
Le coefficient de frottement d'un même matériau peut :

- augmenter avec l'augmentation de la vitesse de glissement et la diminution de la charge appliquée
- diminuer avec l'augmentation de la charge appliquée et avec la réduction de la vitesse de glissement

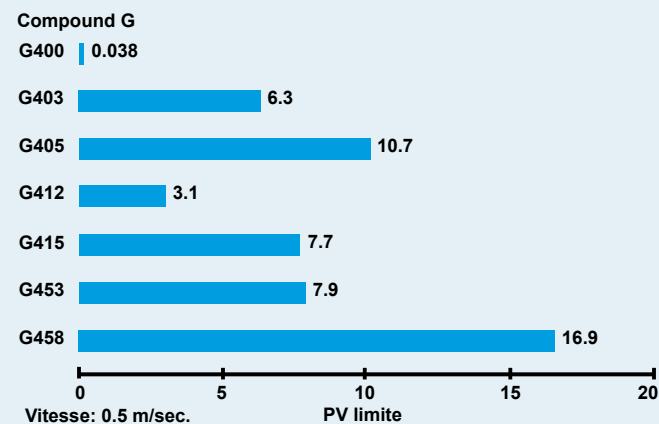
Dans des conditions de charge et vitesse constantes le coefficient de frottement reste stable jusqu'à 100°C ; au dessus de ce niveau

il a tendance à augmenter.

Le tableau 7 illustre les coefficients de glissement du PTFE vierge et de certains des chargés les plus communs déterminés d'après la norme ASTM D3702.



PV LIMITE POUR 0,127 MM D'USURE APRES 1.000 HEURES



La résistance à l'usure est elle aussi influencée par les mêmes paramètres que ceux qui ont de l'influence sur la valeur de coefficient de frottement. Les données disponibles se reportent à des essais effectués dans des conditions standards.

La résistance à l'usure du PTFE vierge et des différents chargés varie lorsque les conditions d'exercice varient.

La donnée la plus utile pour évaluer le comportement d'un PTFE chargé est le PV c'est à dire la combinaison de charge et vitesse que le matériau peut supporter avant que ne se produise une usure grave.

Le tableau 8 reporte les PV limite de différents PTFE chargés et du PTFE vierge déterminés à la même vitesse et au même niveau d'usure (0,127 mm de perte de hauteur de l'échantillon après 1.000 heures de fonctionnement).

2.5 RÉSISTANCE CHIMIQUE

Grâce à la stabilité du lien chimique C-F le PTFE vierge possède une résistance chimique exceptionnelle.

Dans le cas des Compound série "G" la présence de charge diminue cette résistance, ce qui fait que le choix du produit devra tenir compte des indications reportées dans le tableau 9.

Pour avoir des informations supplémentaires contacter notre service technique.

Produit Chimique	G400	G403 G405	G412 G415	G416 G458
Acide Chlorhydrique 35%	E	M	E	I
Acide Sulfurique 50%	E	E	E	I
Acide Nitrique 40%	E	B	M	I
Hydroxyde d'ammonium 28%	E	I	E	B
Soude Caustique 40%	E	I	E	B
Benzène	E	E	E	E
Alcool Ethylique	E	E	E	E
Phénol	E	E	E	E
Trichloréthylène	E	E	E	E
Acide Fluorhydrique	B	I	B	-
Fluor gazeux	E	I	B	-
Brome	E	B	B	-
Chlore	E	B	B	-
Anhydride sulfureuse	E	B	B	-

Tableau 9

LEGENDE

E = Excellente
B = Bonne
M = Médiocre
I = Insuffisante



2 FÜR DIE PLANUNG WICHTIGE EIGENSCHAFTEN

Die Füllstoffe, die zum PTFE gegeben werden, ermöglichen es, einige Eigenschaften des reinen Polymers zu verbessern. Die Vorteile, die mit Beigabe eines Füllstoffes in den PTFE erzielt werden, sind folgende:

- besserer Kompressionswiderstand
- bessere thermische Leitfähigkeit
- bessere thermische Ausdehnung
- Einschränkung des Abnutzungsanteils

Die auf den nächsten Seiten dargestellten Diagramme stellen die Auswirkung dar, die ein Füllstoff oder eine Kombination von Füllstoffen auf die Eigenschaften haben, welche für eine korrekte Planung bestimmend sind.

Um es dem Benutzer zu ermöglichen, sich bei der Wahl der Füllstoffe zu orientieren, die er für seine Anwendung am besten geeignet hält, haben wir die häufigsten Standard und Spezialcompounds "G" in Betracht gezogen.

2.1 MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Im Allgemeinen, wenn man von mechanischen Eigenschaften eines Materials spricht, denkt man sofort an die Beständigkeit und an die Reissdehnung. Obwohl diese beiden zwar die häufigsten Eigenschaften sind, so sind sie nicht immer dazu geeignet, das Verhalten eines Materials in einer speziellen Anwendung zu beschreiben.

Im Falle des PTFE sind die interessantesten Eigenschaften aus der Sicht der Anwendung die Kompression und zwar insbesondere der Kompressionswiderstand gegen eine vorbestimmte Verformung, die Verformung unter konstanter Belastung bei einer festgelegten Temperatur.

Der Kompressionswiderstand gegenüber der Verformung Legt die notwendige Last fest, die für eine vorher festgelegte sofortige Verformung notwendig ist. Normalerweise weisen die in der Literatur angegebenen Werte darauf hin, welcher Füllstoff notwendig ist, um eine Verformung von 1% auf einem Muster mit Standardabmessungen zu erhalten.

Bei PTFE ermöglicht die Zugabe eines Füllstoffes es, eine Erhöhung des Kompressionswiderstands zwischen 35 und 50% gegenüber einem Polymer ohne Füllstoff zu erzielen. Die Art der Bestimmung dieser Eigenschaften sind in der Norm ASTM D695 festgelegt.

Die Tabelle 1 auf der Seite stellt die Resistenzwerte gegenüber der Kompression bei 1% Verformung der am häufigsten verwendeten versetzten Arten der Serie "G" dar.

KOMPRESSIONSWIDERSTAND BEI 1% VERFORMUNG

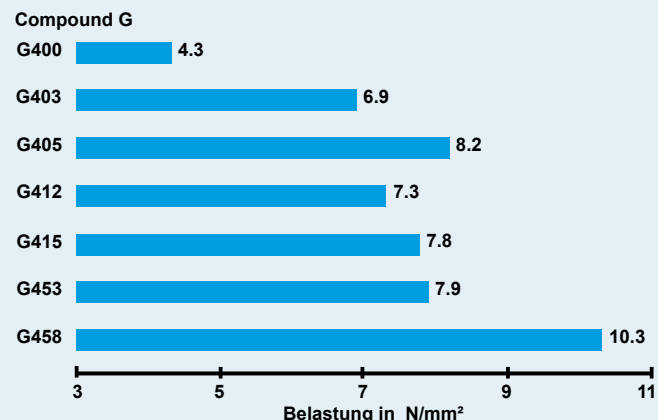


Tabelle 1

VERFORMUNG UNTER BELASTUNG 24h, 13.7 N/mm² BEI 23 C

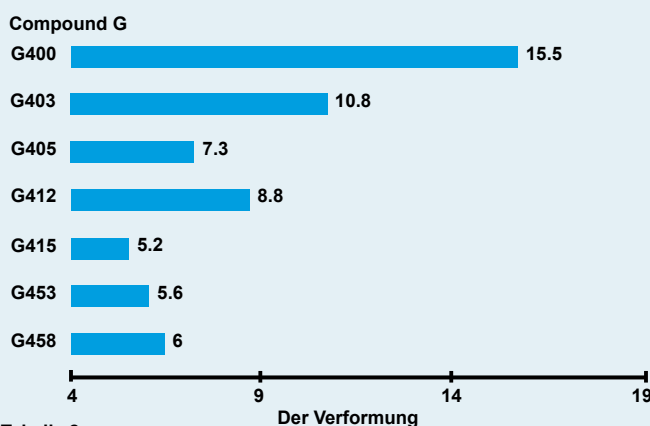


Tabelle 2

Die Verformung unter Belastung (creep) ist die Belastung, der die mit Füllstoffen versehenen Compounds auf PTFE Basis unterzogen werden. Sie ist von großer praktischer Wichtigkeit für die Wahl der Art des PTFE.

Die Festlegung der Verformung unter Belastung erfolgt gemäß der Norm ASTM D638.

Dieser Test besteht auf der Anwendung einer Last von 13.7 N/mm² auf einem zylinderförmigen Probestück für die Dauer von 24 Stunden.

Nach Ablauf dieser Zeit wird die Verringerung der Höhe des Probestücks gegenüber dem Anfangswert gemessen. Die erhaltene Zahl stellt die Verformung unter Belastung dar.

Die grafische Darstellung dieser Art von Test macht ein Fehlen von Proportionalität zwischen Zeit und Verformung sichtbar.

Letztere verläuft schneller in den ersten 10-20 Stunden des Tests, um dann langsamer zu werden, bis es nach etwa hundert Stunden völlig stabil ist.

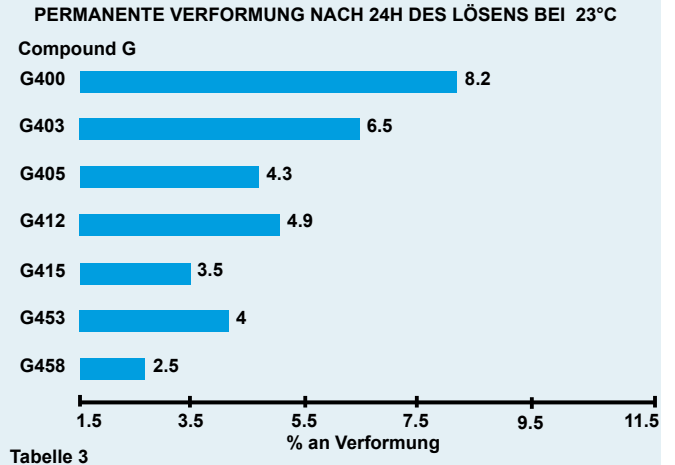
Die Daten in Bezug auf eine Verformung unter Belastung einiger Compounds mit Füllstoffen sind in der Tabelle 2 eingetragen.

Ein weiterer wichtiger Parameter für die korrekte Wahl der Anwendung ist die permanente Verformung. Sie stellt den Restanteil an Verformung dar, der nicht innerhalb der 24 Stunden nach der Befreiung des Teststücks von der Belastung zurück gewonnen wird.

Je geringer die permanente Verformung ist, desto höher wird die Materialresistenz gegenüber dem Fließen.

Die Tabelle 3 vergleicht die Daten der permanenten Verformung, die bei den verschiedenen Arten der am häufigsten verwendeten Compounds mit Füllstoffen gemessen werden.

Die Verformung unter Belastung und die permanente Verformung werden von der Zusammensetzung des Materials, der Transformationsmethode, der Temperatur, bei der die Kompression erfolgt und von der Geometrie des Probestücks beeinflusst.



2.2 ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN

Die elektrischen Eigenschaften des virginales PTFE werden durch die Beigabe von Füllstoffen beträchtlich verändert. Insbesondere variieren der Volumenwiderstand und der Oberflächenwiderstand je nach der Art und Menge der vorhandenen Füllstoffe.

Die elektrischen Eigenschaften werden außerdem vom Transformationsprozess und insbesondere durch die Rest-Mikroporosität beeinflusst, welche eine Zunahme der Leiterfähigkeit verursacht.

Die Kenntnis von den dielektrischen Eigenschaften des PTFE mit Füllstoffen ist von grundlegender Bedeutung für die Wahl des PTFE, die für die Anwendung in der elektromechanischen Industrie vorgesehen sind.

In Tabelle 4 sind die Daten in Bezug auf die Volumen- und Oberflächenwiderstand von einigen der am häufigsten verbreiteten Compounds der Serie "G" angegeben.

Eigenschaften	U.M.	G400	G403	G405	G412	G415	G416	G458
Volumenwiderstand	ohm • cm	10 ¹⁸	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹¹	10 ³	10 ⁸	10 ⁷
Oberflächenwiderstand	ohm	10 ¹⁷	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹²	10 ³	10 ¹⁰	10 ⁹

Tabelle 4

rel. 3

2.3 THERMISCHE EIGENSCHAFTEN

Das PTFE und alle mit Füllstoffen versehenen Compounds der Serie "G", einschließlich derer mit Metalfüllstoffen, haben eine sehr niedrige Thermokapazität. In der Tabelle 5 sind die Daten der thermischen Leiterfähigkeit der am häufigsten verwendeten Compounds mit Füllstoffen mit denen im Allgemeinen verwendeten Materialien wie Messing, Stahl, Glas und Aluminium aufgeführt.

Material	G400	G403	G405	G412	G415	G417	G458	Messing	Aluminium	Stahl	Glas
Leitfähigkeit 10 ⁻⁴ cal/cm • s • °C	6	8	9	11	13	16	19	2.300	4.950	1100	18.4

Tabelle 5

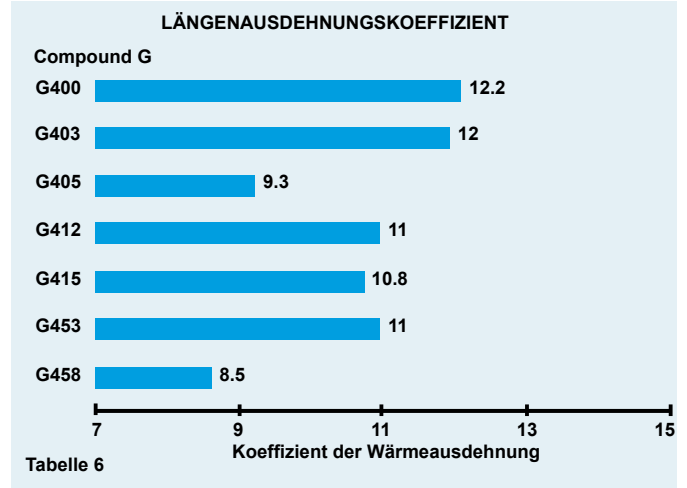
Virginales oder mit Füllstoffen versehenes PTFE kann unter Anwendung von geringen Belastungen bis zu 260°C und bei niedrigen bis - 200°C (Verwendung in einer Umgebung von Flüssigstickstoff) verwendet werden .

Die zweite thermische Eigenschaft von praktischem Interesse ist der Längenausdehnungskoeffizient. Dank der Beigabe von Füllstoffen in das PTFE kann das Ausdehnungsphänomen, das in den Plastikmaterialien sehr viel markanter ist als in anderen Materialien, eingeschränkt werden.

Da die Transformationsprozesse des PTFE zu Orientierungsphänomenen der Polymerketten führen, wird der Koeffizient der Wärmeausdehnung auf Probestücken gemessen, die sowohl parallel als auch senkrecht zur Pressrichtung entnommen werden.

Dieser ist von großer Bedeutung für die Konstrukteure, insbesondere bei Plastikmaterialien, weil es mit guter Annäherung die Dimensionsvariationen eines Einzelteils bei einer bestimmten Temperatur feststellen lässt.

In der Tabelle 6 werden die Koeffizienten der Wärmeausdehnung der am häufigsten verwendeten Compounds "G" angegeben.



2.4 REIBUNGSKOEFFIZIENT UND ABNUTZUNGSFESIGKEIT

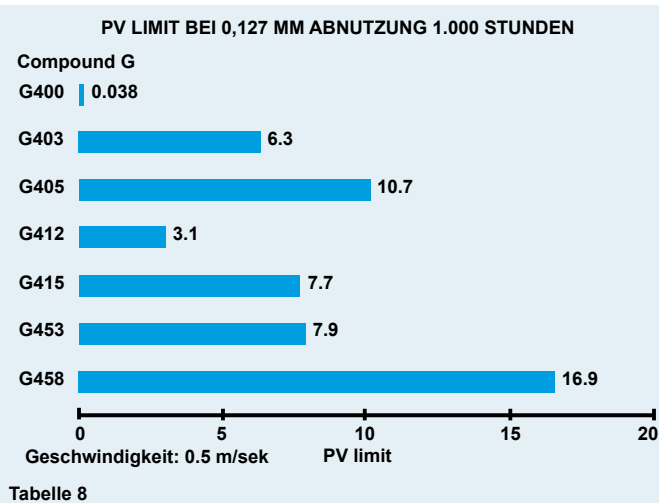
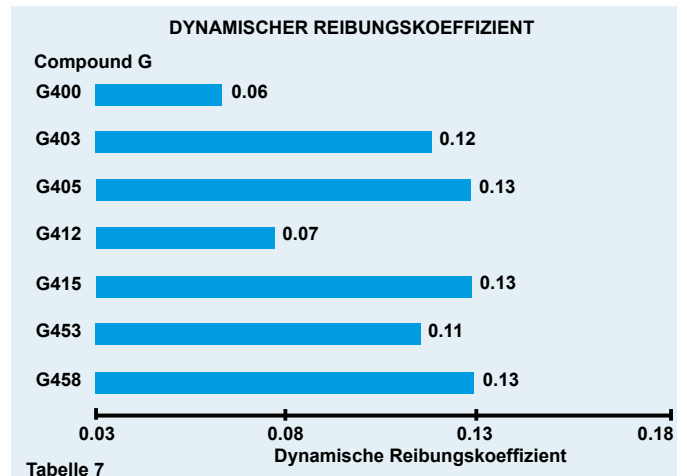
Der Wert des Reibungskoeffizienten des cund mit Füllstoffen versehenen PTFE, gemessen in Abwesenheit von Schmierung wird beeinflusst durch die angewandte Belastung, die Gleitgeschwindigkeit, die Temperatur und die Natur der Kontaktfläche.

Der Reibungskoeffizient eines gleichen Materials kann:

- mit der Erhöhung der Gleitgeschwindigkeit und der Verringerung der angewandten Last steigen
- mit der Erhöhung der angewandten Last und der Verringerung der Gleitgeschwindigkeit geringer werden

Unter konstanter Belastung und Geschwindigkeit bleibt der Reibungskoeffizient bis 100°C stabil; über dieser Grenze hinaus, hat er die Tendenz, höher zu werden.

In Tabelle 7 sind die Reibungskoeffizienten des reinen PTFE und einiger der häufigsten PTFE mit Füllstoffen gemäß der Norm ASTM D3702 dargestellt.



Auch die Abnutzungsfestigkeit wird von den gleichen Parametern beeinflusst, die auf den Reibungskoeffizienten Einfluss haben. Die zur Verfügung stehenden Daten beziehen sich auf Tests, die unter Standardbedingungen durchgeführt wurden. Die Abnutzungsfestigkeit des virginales PTFE und der verschiedenen PTFE mit Füllstoffen variiert mit der Veränderung der Betriebsbedingungen.

Die sicherlich nützlichste Angabe für das Schätzen des Verhaltens eines mit Füllstoffen versehenen PTFE ist das PV Limit, das heißt die Kombination von Last und Geschwindigkeit, die das Material aushalten kann, bevor sich eine schwerwiegende Abnutzung ergibt.

In der Tabelle 8 sind die PV Limits von verschiedenen PTFE mit Füllstoffen und vom virginales PTFE bei gleicher Geschwindigkeit und gleichem Grad an Abnutzung eingetragen (0,127 mm Höhenverlust des Probestücks nach 1.00 Betriebsstunden).

2.5 CHEMISCHER BESTÄNDIGHEIT

Dank der Stabilität der chemischen Verbindung C-F, weist das virginale PTFE eine herausragende chemische Beständigkeit auf. Im Falle der Compounds der Serie "G" reduziert die Anwesenheit von Füllstoffen diese Festigkeit, daher muss bei Wahl der Art des Produktes die in der Tabelle 9 angegebenen Hinweise mit einbezogen werden. Für nähere Informationen wenden Sie sich bitte an unser technisches Büro.

Chemische Substanz	G400	G403 G405	G412 G415	G416 G458
Salzsäure 35%	H	M	H	S
Schwefelsäure 50%	H	H	H	S
Salpetersäure 40%	H	G	M	S
Ammoniumhydroxyd 28%	H	S	H	G
Ätznatron 40%	H	S	H	G
Benzol	H	H	H	H
Äthylalkohol	H	H	H	H
Phänol	H	H	H	H
Trichloräthylen	H	H	H	H
Fluorwasserstoffsäure	G	S	G	-
Fluor gasförmig	H	S	G	-
Brom	H	G	G	-
Chlor	H	G	G	-
Schwefeldioxyd	H	G	G	-

Tabelle 9

LEGENDE

H = Hervorragend
G = Gut
M = Mittel
S = Schlecht

Guarniflon S.p.A.

Via T. Tasso, 12
24060 - Tagliuno di Castelli Calepio
Bergamo - Italy
Tel. +39.035.4494311
Fax +39.035.4494336
info@guarniflon.com
www.guarniflon.com
GPS: N45°38.2605, E009°53.5665

VENDITE ITALIA

vendite@guarniflon.com
Fax +39.035.4425191

INTERNATIONAL SALES

sales@guarniflon.com
Fax +39.035.4425238

