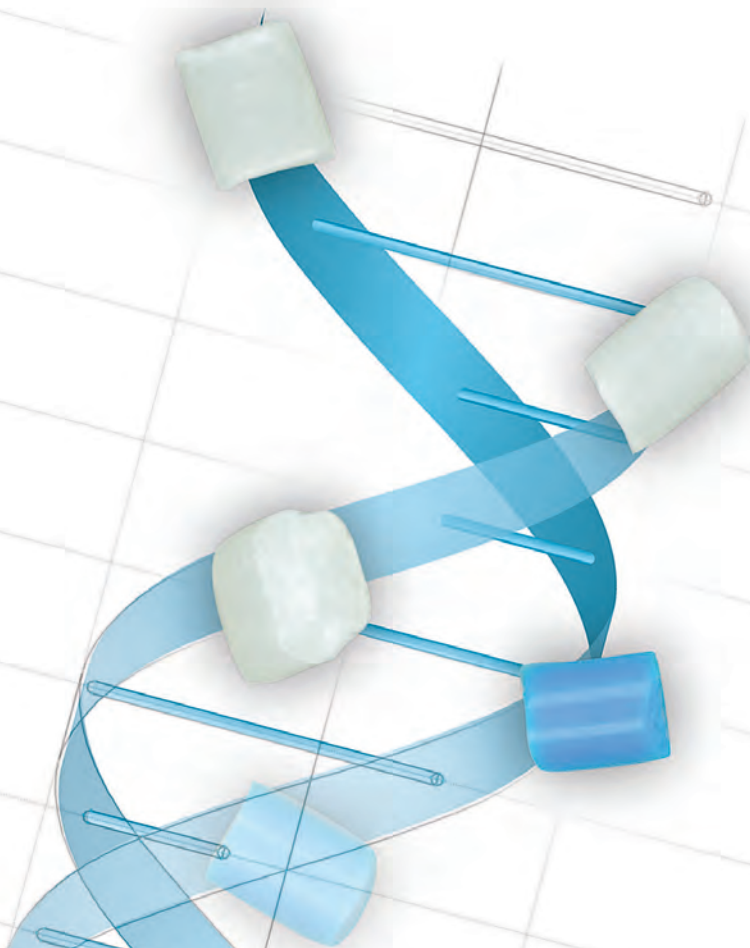


Polyamides
Poliammidi



1.0 INTRODUCTION

- 1.1 Preparation
- 1.2 Transformation technology
- 1.3 Specific properties
- 1.4 Note for processing
- 1.5 Applications

2.0 PRODUCT RANGE**3.0 PROPERTIES**

- 3.1 Reaction to water and moisture
- 3.2 Humidification in air
- 3.3 Humidification in water
- 3.4 Structure

4.0 MECHANICAL PROPERTIES**5.0 THERMAL PROPERTIES****6.0 ELECTRICAL PROPERTIES****7.0 RESISTANCE TO CHEMICALS**

- 7.1 Acids
- 7.2 Bases
- 7.3 Alcohol
- 7.4 Aldehydes
- 7.5 Ketons and Esters
- 7.6 Chlorinated organic compounds
- 7.7 Oil and oil by-products
- 7.8 Water-based solutions of salt and other organic compounds

8.0 HANDLING OF GRANULES FOR TRANSFORMATION AND MOULDING

- 8.1 Treatment of virgin granules
- 8.2 Treatment of reground waste products

9.0 TREATMENT OF FINISHED ARTICLES

- 9.1 Stabilisation and elimination of internal stress
- 9.2 Water absorption

1.0 INTRODUZIONE

- 1.1 Preparazione
- 1.2 Tecnologia di trasformazione
- 1.3 Qualità particolari
- 1.4 Limiti di impiego
- 1.5 Settori di impiego

2.0 TIPOLOGIE DI PRODOTTO**3.0 CARATTERISTICHE**

- 3.1 Comportamento all'acqua e all'umidità
- 3.2 Umidificazione in aria
- 3.3 Umidificazione in acqua
- 3.4 Struttura

4.0 CARATTERISTICHE MECCANICHE**5.0 CARATTERISTICHE TERMICHE****6.0 CARATTERISTICHE ELETTRICHE****7.0 RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI**

- 7.1 Acidi
- 7.2 Basi
- 7.3 Alcoli
- 7.4 Aldeidi
- 7.5 Chetoni ed esteri
- 7.6 Composti organici Clorurati
- 7.7 Petrolio e derivati
- 7.8 Soluzioni acquose di sali e composti organici vari

8.0 MANIPOLAZIONE GRANULI PER TRASFORMAZIONE E STAMPAGGIO

- 8.1 Trattamento granuli vergini
- 8.2 Trattamento scarti rimacinati

9.0 TRATTAMENTO MANUFATTI

- 9.1 Stabilizzazione ed eliminazione delle tensioni interne
- 9.2 Assorbimento di acqua

1.1 PREPARATION

The methods for preparing polyamides are all quite similar. Monomers in a molten state or dissolved in variable quantities of water are loaded into an autoclave or a column where the polymerisation process takes place. Its working conditions may be summed up as follows in table 1.

These conditions may vary from one process to another, and in each process the conditions can vary according to the chemical and physical properties of the polymer that you are creating.

Polymerisation reaches a balance only for nylon 6 (90% polymer / 10% monomer ~), which means that the polymer must be washed with water in order to eliminate the remaining monomer as far as possible before it can be used. Polyamides can be mixed with additives during polymerisation, and they can also be coloured or have other additives such as glass fibre or mineral fillers incorporated through later extrusion. Extrusion must be carried out in carefully controlled conditions in order to avoid any possible degradation of the material.

1.2 TRANSFORMATION TECHNOLOGY

Polyamides can be easily moulded by means of injection or blow moulding, or using the rotational system. Film, sheet, bars, rings and pipes (plasticised or otherwise) can also be produced using extrusion. Polyamides in powder form are also used as protective coatings, such as thermoadhesive powders or in solutions as glues, waterproofing etc. Semi-finished parts, sheets, bars and rings are very easy to process mechanically.

1.3 SPECIFIC PROPERTIES

Polyamides are characterised by excellent mechanical properties, resistance to wear, a low friction coefficient, a high melting point, good impact strength and high resistance to fatigue. They are also highly resistant to organic solvents, with the exception of some such as formic acid, m-cresol etc.

They can be easily moulded and used to produce a wide range of coloured polymers, and have good surface shine. Glass fibre-reinforced polymers are characterised by a high

1.1 PREPARAZIONE

Le modalità di preparazione delle poliammidi sono pressoché simili tra loro e precisamente: i monomeri allo stato fuso oppure sciolti in quantità variabili di acqua vengono caricati in autoclave o in colonna dove avviene la polimerizzazione le cui condizioni operative sono riassunte nella tabella 1.

Tali condizioni non sono vincolanti, infatti queste possono variare da processo a processo e per ogni processo possono variare a seconda delle proprietà chimico-fisiche del polimero che si vuole ottenere.

Solo per il nylon 6 la polimerizzazione raggiunge un equilibrio (polimero 90% / monomero 10% ~) per cui il polimero per essere utilizzato necessita di un successivo lavaggio con acqua per eliminare quasi completamente il monomero residuo.

Le poliammidi oltre all'additivazione in polimerizzazione, possono essere colorate, caricate con fibre di vetro o con altre cariche minerali mediante successiva estrusione, le cui modalità operative devono essere rigorosamente controllate per evitare ogni possibile degradazione.

1.2 TECNOLOGIA DI TRASFORMAZIONE

Le poliammidi possono essere facilmente stampate ad iniezione, per soffiaggio e con il sistema rotazionale. Per estrusione, vengono realizzati anche film, lastre, barre, tondi, tubetti (plastificati e non). Le poliammidi in polvere vengono usate anche per rivestimenti protettivi, come polveri termoadesive o in soluzione come collanti, impermeabilizzanti, ecc. I semilavorati, lastre, barre, tondi possono essere lavorati meccanicamente con estrema facilità.

1.3 QUALITÀ PARTICOLARI

Le poliammidi sono caratterizzate da ottime proprietà meccaniche, resistenza all'usura, basso coefficiente d'attrito, elevato punto di fusione, buona resistenza all'urto, elevata resistenza alla fatica. Ottima resistenza anche ai solventi organici tranne che per alcuni tipi come acido formico, m-cresolo ecc.

Facile stampabilità ed elevata gamma di polimeri colorati. Ottima brillantezza delle superfici. I polimeri rinforzati con vetro sono caratterizzati da elevata rigidità, buona stabilità

TYPE OF POLYAMIDE TIPO DI POLIAMMIDE	DURATION (HOURS) TEMPO (ORE)	TEMPERATURE (°C) TEMPERATURA (°C)	PRESSURE (ATM) PRESSIONE (ATM)
PA66	3 - 4	270 - 280	16 - 18
PA66/6	4 - 5	260 - 270	16 - 18
PA6	6 - 10	250 - 270	Atmospheric P. P. atmosferica
PA6/66	2 - 3	240 - 260	3 - 6

Fig.1



level of rigidity, good dimensional stability, excellent heat resistance, good resistance to wear and a low friction coefficient. They have very fast moulding cycles. In particular, nylon 66 is characterised by a high melting point (255–260°C), is hard, has good resistance to abrasion and can be easily moulded into very thin details with fast cycles.

Nylon 6, on the other hand, is a more cost-effective type and is easily processed. Its melting point is 217–223°C, and it has excellent impact strength, especially for conditioned pieces, and is softer than nylon 66.

Copolyamides 66/6 and 6/66 have broadly similar properties to their equivalent homopolymers with the exception of the melting point, which is lower in copolyamides. It is possible to obtain copolyamides with a significantly lower melting point than the equivalent homopolymer on the basis of the percentage of initial monomers.

1.4 NOTE FOR PROCESSING

Polyamides 6, 66 and their copolyamides, which are the most commonly used polymers for injection moulding, have a high rate of water absorption. This results in the dimensional variation of parts and lower rigidity, which favour impact strength. For glass-filled types, it is important to make sure that both pressure and injection speed are significantly increased during the moulding process. Shrinkage and specific weight vary according to the percentage of glass filler.

1.5 APPLICATIONS

The versatility of these polymers and their high physical and mechanical properties allow these resins to be used in various fields of application such as the automobile industry (for gears, supports, fans, and ferrules, etc.) the textile, mechanical, and electrical industries, for household appliances, furniture, agriculture, etc. There are many uses for these resins even in the form of semi-finished parts, films, sheets, plasticized and non-plasticized pipes, and bars.

dimensionale, ottima resistenza termica, buona resistenza all'usura e basso coefficiente d'attrito. Cicli di stampaggio molto rapidi. In particolare, il nylon 66 è caratterizzato da un punto di fusione più alto (255÷260°C), una durezza superiore, una buona resistenza all'abrasione, dalla facilità di stampaggio di particolari molto sottili e da cicli molto rapidi.

Il nylon 6 è il tipo più economico, di facile lavorabilità, ha un punto di fusione di 217÷223°C, possiede un'ottima resistenza all'urto specie su pezzi condizionati, è più morbido rispetto al nylon 66.

Le copoliammidi 66/6 e 6/66 rispecchiano sostanzialmente le caratteristiche degli omologhi omopolimeri fatta eccezione per il punto di fusione che è più basso, ed in rapporto alla percentuale dei monomeri di partenza è possibile ottenere copoliammidi con punto di fusione notevolmente più basso dell'omologo omopolimero.

1.4 LIMITI DI IMPIEGO

Le poliammidi 6, 66 e le loro copoliammidi che sono i polimeri più usati per lo stampaggio ad iniezione, possiedono un elevato assorbimento di acqua con conseguenti variazioni dimensionali dei pezzi, diminuzione della rigidità, ciò a vantaggio della resistenza all'urto. Per i tipi caricati con vetro bisogna prestare particolare attenzione durante lo stampaggio, in quanto occorre aumentare in modo sensibile sia la pressione che la velocità di iniezione, il ritiro allo stampaggio e il peso specifico variano in funzione della % di carica vetrosa.

1.5 SETTORI DI IMPIEGO

La versatilità di questi polimeri e le elevate caratteristiche fisico-meccaniche, consentono l'impiego di queste resine in svariati campi di applicazione come nel settore delle automobili (ingranaggi, supporti, ventole, boccole ecc.) nell'industria tessile, meccanica, elettrica, nel campo degli elettrodomestici, dell'arredamento, in agricoltura ecc. Molto usati anche sotto forma di semilavorati, film, lastre, tubetti plastificati e non, barre.

There are four RADILON® brands produced by RADICIPLASTICS: RADILON® S is a polyamide 6 obtained through the polymerisation of caprolactam; RADILON® A is a polyamide 66 obtained through the polymerisation of adipic acid and hexamethylenediamine; finally, the brands RADILON® CA and CS are copolyamides 66/6 and 6/66 used for injection moulding and extrusion. The manufactured goods obtained with these RADILON® materials have high levels of tenacity, excellent resistance to wear and abrasion, low friction coefficients, good surface shine, and optimal resistance to numerous chemicals.

RADILON® is produced in various types, each of which is designed for specific applications that differ according to the level of viscosity when melted (fluidity) or the crystalline structure (crystallinity), and can be used for numerous applications under various conditions.

The wide RADILON® range includes the following products: filled products in order to improve specific properties such as stiffness and dimensional stability even at high temperatures (reinforced glass fibre types and/or carbon fibres); products that have been modified for low friction and wear coefficients (types with added graphite and/or containing MoS₂); products that have been modified with elastomers in order to improve tenacity in the absence of conditioning and at temperatures lower than 0°C; and a vast range of UL94 certified self-extinguishing products.

Figures 2a and 2b show a list, with description, of the RADILON® product families produced by RADICIPLASTICS, both for PA6 and PA66.

RADILON® S è il marchio che contraddistingue la poliammide 6 per polimerizzazione del caprolattame, mentre il RADILON® A è il marchio che contraddistingue la poliammide 66 per polimerizzazione dell'acido adipico ed esametilendiammina, infine il RADILON® CA e CS sono i marchi che contraddistinguono le copoliammidi 66/6 e 6/66 nei tipi per stampaggio ad iniezione ed estrusione, prodotti da RADICIPLASTICS.

I manufatti ottenuti con i RADILON® presentano elevata tenacità, ottima resistenza all'usura e all'abrasione, basso coefficiente d'attrito, buona brillantezza superficiale e ottima resistenza a numerosi agenti chimici.

Il RADILON®, prodotto in diversi tipi, studiati ogni uno in funzione di applicazioni specifiche, che differiscono fra loro per viscosità allo stato fuso (e quindi fluidità) o per struttura cristallina (cristallinità), può essere impiegato per numerose applicazioni a diverse condizioni.

La gamma molto ricca spazia dai prodotti caricati allo scopo di migliorare alcune caratteristiche particolari come: rigidità e stabilità dimensionale anche ad elevate temperature (tipi rinforzati fibre vetro e/o fibre di carbonio), a quelli modificati con basso coefficiente di attrito e usura (tipo additivato con grafite e/o contenente MoS₂), a quelli modificati con elastomeri, per migliorare la tenacità in assenza di condizionamento ed a temperature inferiori allo 0°C, a tutta una vasta gamma di autoestinguenti omologati UL94.

Nelle tabelle 2a e 2b sono elencate e descritte le famiglie dei RADILON® prodotti da RADICIPLASTICS sia in versione PA6 che PA66.

RADILON® EXTRUSION TYPES <i>TIPI DI RADILON PER ESTRUSIONE</i>	PROPERTIES <i>CARATTERISTICHE</i>	MAIN TECHNOLOGICAL APPLICATIONS <i>PRINCIPALI TECNOLOGIE APPLICATIVE</i>
E - EL - EN	polymer available in a wide range of viscosity and crystallinity <i>polimero a diversa viscosità e cristallinità</i>	Monofilaments, bars and pipes <i>Monofilamenti, barre e tubi</i>
FL	polymer available in a wide range of viscosity and crystallinity <i>polimero a diversa viscosità e cristallinità</i>	Film cast and monofilaments <i>Film cast e monofilamenti</i>
RKE	reinforced glass fibre polymer with medium viscosity <i>polimero media viscosità rinforzato fibra vetro</i>	Profiles <i>Profili</i>
ERV/KE	modified, glass fibre reinforced polymer with medium viscosity <i>polimero media viscosità modificato, rinforzato fibra vetro</i>	Profiles with high tenacity <i>Profili ad elevata tenacità</i>

Fig.2a



RANGE for injection moulding GAMMA per stampaggio ad iniezione	PROPERTIES CARATTERISTICHE	MAIN TECHNOLOGICAL APPLICATIONS PRINCIPALI TECNOLOGICHE APPLICATIVE
HS - HSN	Medium viscosity with differentiated crystallinity <i>Media viscosità a differenziata cristallinità</i>	Items with complex forms that require fast moulding cycles <i>Articoli di forma complessa richiedenti cicli di stampaggio rapidi</i>
RV	Glass fibre reinforced <i>Rinforzati fibra vetro</i>	Technical items with different levels of rigidity and dimensional stability <i>Articoli tecnici a differenziata rigidità e stabilità dimensionale</i>
CP	Mineral filled <i>Caricati minerale</i>	Technical items with high dimensional stability <i>Articoli tecnici ad elevata stabilità dimensionale</i>
RCP	Mixed, mineral and glass fibre fillers <i>Cariche miste, minerale e fibra vetro</i>	Technical items with different levels of rigidity and high dimensional stability <i>Articoli tecnici a differente rigidità ed elevata stabilità dimensionale</i>
HSX	Modified <i>Modificati</i>	Technical items with high resistance to impact when dry <i>Articoli tecnici ad elevata resistenza all'urto a secco</i>
USX e USZ	Modified for high impact strength <i>Modificati alto impatto</i>	Technical items with very high impact strength when dry and when at temperatures lower than 0°C <i>Articoli tecnici ad elevatissima resistenza all'urto a secco e a temperature inferiori a 0°C</i>
ERV	Modified and glass fibre reinforced <i>Modificato e rinforzato fibra vetro</i>	Technical items requiring higher impact strength and, at the same time, rigidity and non-deformability <i>Articoli tecnici che richiedono superiore resistenza all'urto, e contemporaneamente, rigidità e indeformabilità</i>
ECP	Modified and mineral filled <i>Modificato caricato minerale</i>	Technical items requiring higher impact strength and, at the same time, dimensional stability <i>Articoli tecnici che richiedono superiore resistenza all'urto, insieme ad una buona stabilità dimensionale</i>
VHPL	Plasticised <i>Plasticato</i>	Technical items requiring high flexibility <i>Articoli tecnici che richiedono una elevata flessibilità</i>
BF	Containing MoS ₂ <i>Contenente MoS₂</i>	Technical items requiring a low friction coefficient <i>Articoli tecnici che richiedono un basso coefficiente d'attrito</i>
GR	Containing graphite <i>Contenente grafite</i>	Technical items requiring a low friction and wear coefficient <i>Articoli tecnici che richiedono un basso coefficiente d'attrito e usura</i>
FL1 e FL2	Containing Teflon <i>Contenente Teflon</i>	Technical items requiring a low friction coefficient and natural colour <i>Articoli tecnici che richiedono un basso coefficiente d'attrito e colore naturale</i>
RADIFLAM® FR	V0 UL94 self-extinguishing halogen and phosphorous free with and without glass fibre <i>Autoestinguente V0 UL94 esente alogeno e fosforo con e senza fibra vetro</i>	Technical items with high electrical properties and low smoke toxicity <i>Articoli tecnici con elevate caratteristiche elettriche e bassa tossicità dei fumi</i>
RADIFLAM® AE	V0 UL94 self-extinguishing halogenous product with and without glass fibre <i>Autoestinguente V0 UL94 di tipo alogenato con e senza fibra vetro</i>	Technical items with good electrical properties and colouration <i>Articoli tecnici con discrete caratteristiche elettriche e buona colorazione</i>
RADIFLAM® AF	V0 UL94 self-extinguishing phosphorous product <i>Autoestinguente V0 UL94 a base fosforo</i>	Technical items with good electrical and mechanical properties, with and without glass fibre <i>Articoli tecnici con buone caratteristiche elettriche e meccaniche con e senza fibra vetro</i>

Fig.2b

3.1 REACTION TO WATER AND MOISTURE

When they are in a balanced state and depending on environmental conditions, many polymers contain a certain amount of water.

However, the manner in which polyamides react to water plays a fundamental role as far as the mechanical properties and size of the finished product are concerned. The polyamides that are used in the various processes must be completely moisture-free. Otherwise, the finished product may contain bubbles or other defects. Furthermore, the presence of water affects the viscosimetric properties of the polymer being processed.

3.2 HUMIDIFICATION IN AIR

Figures 3a and 3b below show the moisture absorption level of polyamides 6 and 66 in air.

3.3 HUMIDIFICATION IN WATER

Figures 3c and 3d show the moisture absorption level of polyamides 6 and 66 in water.

3.4 STRUCTURE

As is the case with other thermoplastics, polyamides tend to crystallise when moving from a molten to a solid state. During this transition, depending on the speed with which the material cools, it will take on either an amorphous or a crystalline form. This tendency to crystallise varies widely from one type of polyamide to another (generally very low for PA 11 and 12). However, in all cases, crystallisation is more likely when cooling is slow. For example, if the moulds are kept at a higher temperature during the injection moulding procedure, the result will be parts with a higher level of crystallinity, a more homogeneous structure, and higher physical and mechanical properties (except for impact strength).

As a result, crystallisation spherulites made of crystallite aggregates will be formed, the presence of which may be detected by placing very thin sections of the material under a polarisation microscope (their appearance is similar to a Maltese cross). It is possible to obtain a greater degree of crystallinity by adding a small quantity of foreign matter. This will have the effect of increasing the starting points for the development of crystallites during the transition from the molten to the solid state. This method is known as nucleation. Although the result will be a certain reduction of strain and toughness of the finished product, nucleation accelerates the speed of solidification and allows for an increase in moulding speed.

3.1 COMPORTAMENTO ALL'ACQUA E ALL'UMIDITÀ

Molti polimeri contengono all'equilibrio e in dipendenza delle condizioni ambientali, una certa quantità di acqua.

Nel caso delle poliammidi tuttavia il tenore in acqua gioca un ruolo di fondamentale importanza nelle caratteristiche meccaniche e dimensionali del prodotto finito. Le poliammidi utilizzate nelle varie lavorazioni devono essere assolutamente prive di umidità, altrimenti il manufatto che si ottiene presenta bolle o altri difetti ed inoltre la presenza di tracce d'acqua modifica le caratteristiche viscosimetriche del polimero in fase di lavorazione.

3.2 UMIDIFICAZIONE IN ARIA

Nei grafici in fig. 3a e 3b viene riportato l'assorbimento di umidità della poliammide 6 e 66 in aria.

3.3 UMIDIFICAZIONE IN ACQUA

Nei grafici in fig. 3c e 3d viene riportato l'assorbimento di umidità della poliammide 6 e 66 in acqua.

3.4 STRUTTURA

Le poliammidi analogamente ad altri termoplastici hanno la tendenza nel passaggio dallo stato fuso a quello solido, a cristallizzare. Nel corso di tale passaggio, a seconda della rapidità con la quale avviene il raffreddamento, il materiale si ottiene a struttura prevalentemente amorfa o cristallina. La tendenza alla cristallizzazione, varia ampiamente da tipo a tipo di poliammide (in genere molto ridotta nelle PA 11 e 12) ma in ogni caso favorita dal raffreddamento lento per cui ad esempio se nell'operazione di stampaggio ad iniezione si mantengono gli stampi a temperature più alte, si ottengono pezzi a più elevata cristallinità, con una struttura più omogenea ed in sostanza con caratteristiche fisico-meccaniche più elevate (fatta eccezione la resistenza all'urto).

Per effetto della cristallizzazione si formano gli sferuliti costituiti da aggregati di cristalliti la cui presenza (aspetto simile a quello di una croce maltese) può essere rilevata sottoponendo sottilissime sezioni del materiale all'esame del microscopio polarizzatore. Una maggiore cristallinità è possibile ottenere con l'aggiunta di piccole quantità di sostanze estranee che producono un rilevante aumento dei punti di inizio dello sviluppo dei cristalliti, nel passaggio dallo stato fuso a quello solido. Questo metodo, chiamato nucleazione, pur con una certa diminuzione dell'allungamento e della tenacità del manufatto finito, accelera la velocità di solidificazione e consente un aumento nella velocità di stampaggio.



% of absorbed moisture at 20°C and 65%RH
(sample mm 125x12.5x6.4)

*% umidità assorbita a 20°C e 65% UR
(provino mm 125x12.5x6.4)*

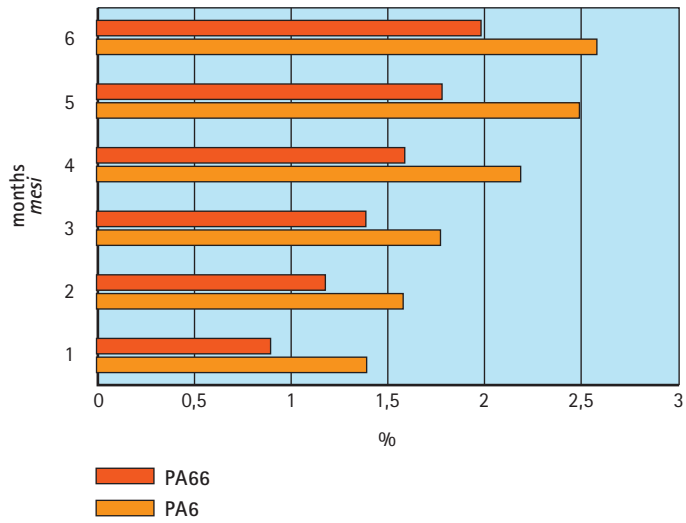


Fig.3a

% of moisture absorbed to saturation in relation to the RH of the air

a) amorphous polymer

b) polymer with a high level of crystallinity

% umidità assorbita a saturazione in funzione dell'UR dell'aria

a) polimero amorfo

b) polimero elevata cristallinità

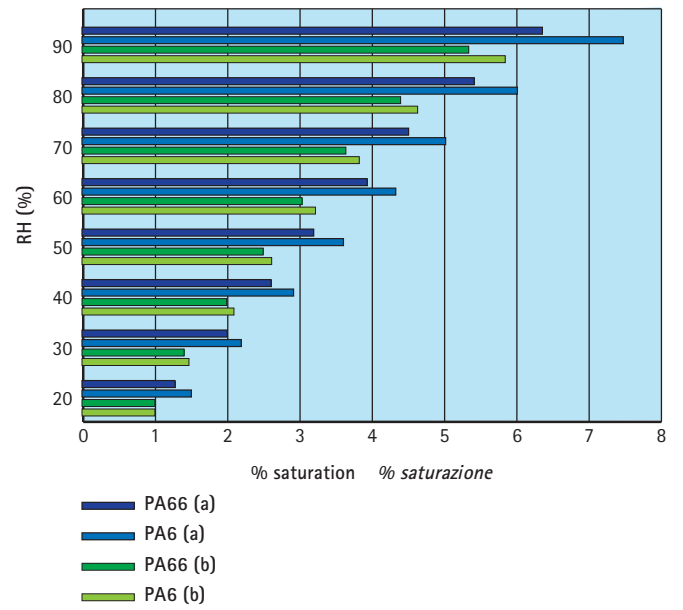


Fig.3b



% of absorbed moisture at 20°C in water (sample mm 125x12.5x6.4)
% umidità assorbita in acqua a 20°C (provino mm 125x12.5x6.4)

Absorption to saturation
Assorbimento a saturazione

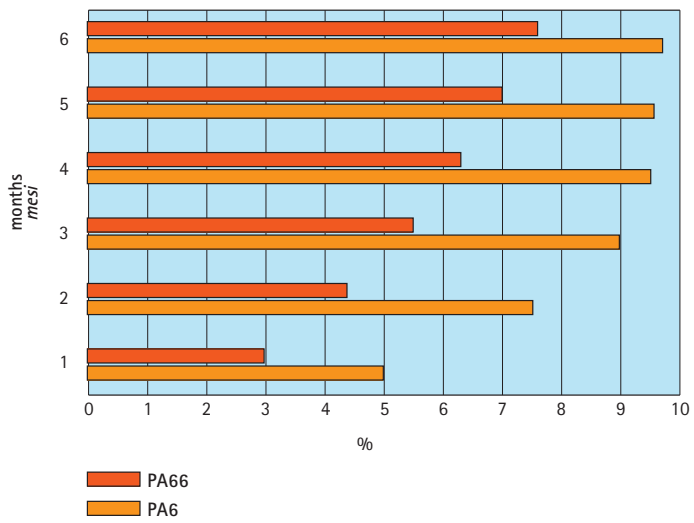


Fig.3c

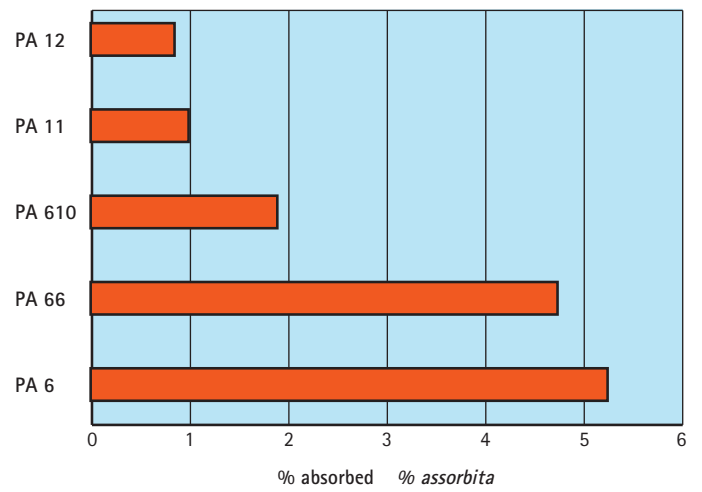


Fig.3d

Polyamides reach levels of hardness, tensile strength and resistance to compression, torsion, abrasion, and impact that no other plastics can. The chemical class to which they belong, the various manufacturing methods and the monomer content (especially in the case of polyamide 6) cause the properties to vary within rather wide limits. Furthermore, the great influence exerted by the level of moisture must always be taken into consideration. This is why, for most of the results, we use values that refer to the material in its dry state and the values that refer to the same material with a moisture content in balance with the atmosphere having a RH of 50-60%. In table 4c, it is clear that in polyamide 66, for example, the coefficient of elasticity at 20°C with a moisture content of 2.5% and 8.5% are approximately 60% and 20% respectively of the material coefficient in its dry state. Furthermore, the decrease of the coefficient resulting from temperature is even higher as the water content increases. The degree of crystallinity and its interaction with the moisture level must also be taken into consideration. If this is done, it will become clear that mechanical properties can vary not only between various types of polyamides, even though they belong to the same family (that is PA66 or PA6), but also for a very specific product.

Taking into account the effect of the production method used, the values of the various properties may only be compared if the parts have been obtained under strictly comparable conditions. The mechanical properties will decrease slightly as the temperature increases, but the tensile strength (TS) remains high enough because the reduction of the yield point and the increase in strain cause the molecules to orient themselves. In fact, the TS of an oriented sample is 4 to 7 times higher than the yield point of a non-oriented sample.

As is the case with the majority of plastics, polyamides undergo immediate deformation when subjected to stress. This deformation can be seen in the stress-deformation curve and successive deformation that occurs over time (creep). Creep depends on both the applied load and the particular nature of the material. This phenomenon must be taken into consideration when designing pieces that will be subjected to a load for prolonged periods of time.

I valori di durezza, resistenza alla trazione, compressione, torsione, abrasione ed urto delle poliammidi raggiungono livelli che non si trovano contemporaneamente in altre materie plastiche. La classe chimica di appartenenza, le diverse tecniche di fabbricazione, il contenuto in monomeri (specie nel caso della poliammide 6) fanno sì che le caratteristiche possono variare entro limiti abbastanza ampi. Inoltre va sempre tenuta presente la grande influenza esercitata dal tenore di umidità, e per questo motivo si usa riportare per la maggior parte delle determinazioni i valori che si riferiscono al materiale allo stato secco, e quelli relativi allo stesso materiale con contenuto in umidità all'equilibrio con l'atmosfera al 50÷60% di UR. Dalla tabella 4c risulta evidente come ad es. nella poliammide 66 i moduli elastici a 20°C e con tenore di umidità del 2.5% e 8.5% sono rispettivamente del 60% e del 20% ca. del modulo del materiale allo stato secco. Inoltre il decremento del modulo per effetto della temperatura è tanto più sensibile quanto più alto è il contenuto in acqua. Si consideri anche l'influenza del grado di cristallinità e dell'interazione fra questo ed il tenore di umidità ed apparirà chiaro come tutte le proprietà meccaniche possono variare non solo fra i diversi tipi di poliammidi, anche se appartenenti alla stessa famiglia (cioè PA66 oppure PA6) ma anche per un ben determinato prodotto.

Tenuto presente l'effetto delle modalità di lavorazione, ne deriva che i valori delle varie caratteristiche sono comparabili solamente in pezzi ottenuti in condizioni assolutamente confrontabili. Le caratteristiche meccaniche subiscono un certo decadimento al crescere della temperatura, ma il carico di rottura (CR) rimane sufficientemente elevato poiché la diminuzione del carico di snervamento e l'aumento dell'allungamento provocano l'orientamento delle molecole. In effetti il CR di un provino orientato è da 4 a 7 volte più elevato del carico di snervamento di un provino non orientato. Come la maggior parte dei materiali plastici le poliammidi, sottoposte a carico, subiscono una deformazione immediata, ricavabile dalla curva sforzo-deformazione ed una successiva deformazione che procede nel tempo (creep) la cui entità dipende oltretutto dal carico applicato, dalla particolare natura del materiale. Di tale fenomeno bisogna tenere conto nella progettazione di quei pezzi che devono sottostare a carico per tempi prolungati.



Mechanical properties at different temperatures
Caratteristiche meccaniche al variare della temperatura

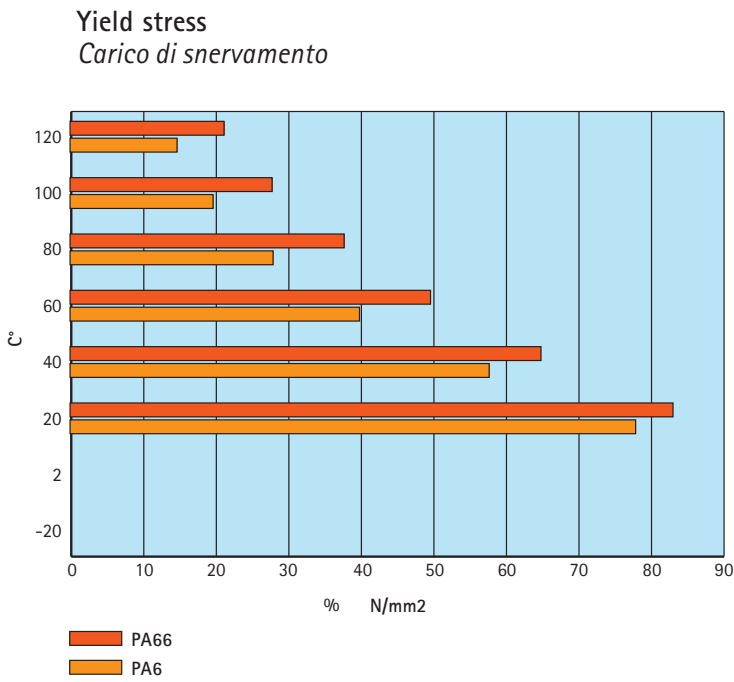


Fig.4a

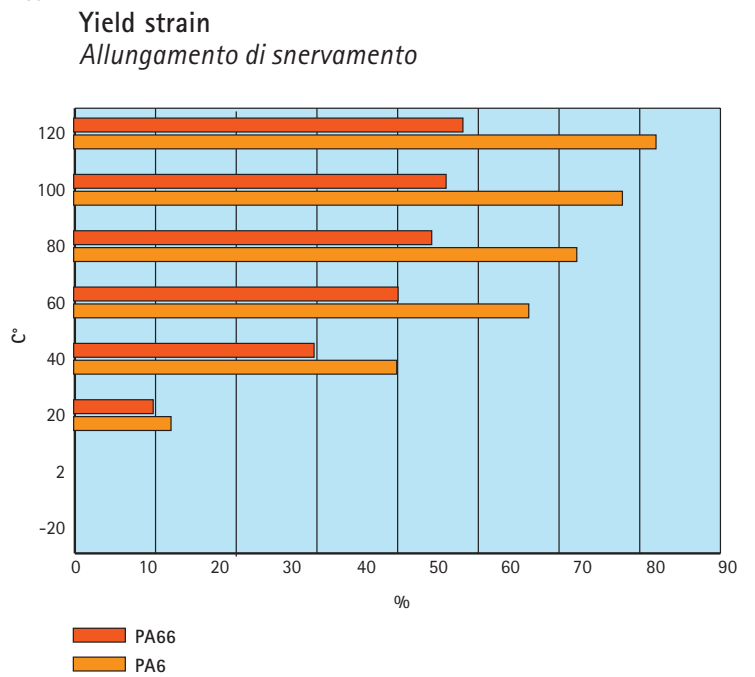


Fig.4b

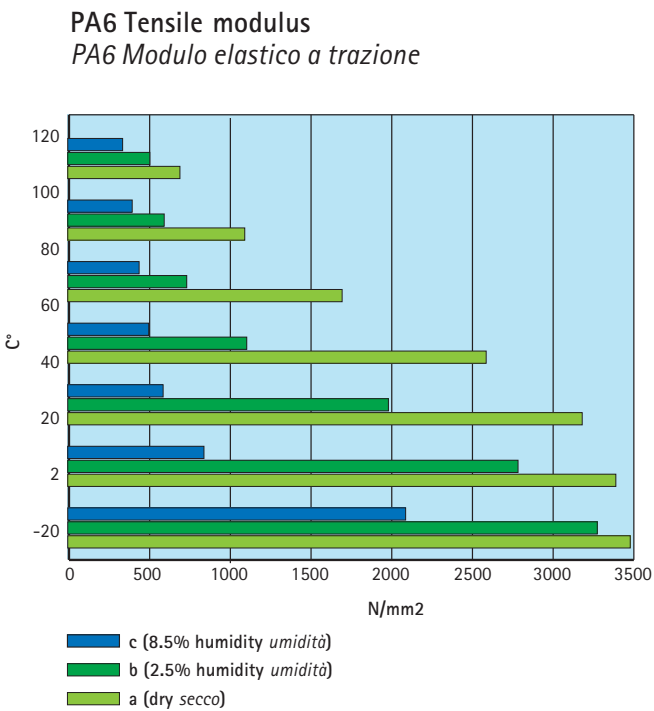


Fig.4c



MECHANICAL PROPERTIES OF POLYAMIDES
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE POLIAMMIDI

METHOD AND UNIT OF MEASUREMENT <i>METODO E UNITÀ DI MISURA</i>			PA6		PA66	
			0.2% RH <i>0.2% UR</i>	2.5% RH <i>2.5% UR</i>	0.2% RH <i>0.2% UR</i>	2.5% RH <i>2.5% UR</i>
Yield strain <i>Deformazione a snervamento</i>	ISO 524-1/2	%	3.7	30	6.5	19
Stress at break/Yield stress <i>Carico a rottura/snervamento</i>	ISO 527-1/2	MPa	75	45	85	65
Tensile modulus <i>Modulo elastico a trazione</i>	ISO 527-1/2	MPa	3150	1450	3550	2900
Strain at break/Nominal strain at break <i>Allung. a rottura/Def nomin a rottura</i>	ISO 527-1/2	%	40	>50	25	40
Flexural strength <i>Resistenza a flessione</i>	ISO 178	MPa	100	40	113	60
Flexural modulus <i>Modulo elastico a flessione</i>	ISO 178	MPa	2450	1000	2900	1400
Density <i>Densità</i>	ISO 1183	g/cm ³	1.14		1.14	
Charpy notched impact strength <i>Resistenza urto Charpy con intaglio</i>	ISO 179/1 e A	KJ/m ²	5.2	13	4.9	4.4
Water absorption 24h23°C <i>Assorbimento d'acqua 24h23°C</i>	ISO 62	%	1.3		1.2	

Fig.4d

One characteristic of polyamides is their precise melting point. At temperatures below this melting point, the material is still solid; at temperatures above this melting point, it becomes highly fluid. Furthermore, this rather high melting point allows polyamides to be used at relatively high temperatures. Generally speaking, the following temperature limits for use may be set:

Caratteristico delle poliammidi è il punto di fusione piuttosto netto, al di sotto di esso il materiale è ancora solido e al di sopra ha una notevole fluidità. Inoltre tale punto di fusione piuttosto elevato consente l'impiego delle poliammidi a temperature relativamente alte. In linea di massima si possono stabilire i seguenti limiti di temperature d'impiego:

POLYAMIDES POLIAMMIDI	CONTINUOUS WORKING °C ESERCIZIO CONTINUO °C	SHORT PERIODS °C BREVI PERIODI °C	MELTING TEMPERATURES °C TEMPERATURE DI FUSIONE °C
PA 66	80 - 100	150 - 170	255 - 260
PA 6	80 - 100	140 - 160	217 - 223
PA 66/6	80 - 100	140 - 160	240 - 250
PA 6/66	50 - 70	80 - 100	180 - 190

Fig.5a

Melting point vs. copolymer composition

Temperatura di fusione vs. composizione copolimero

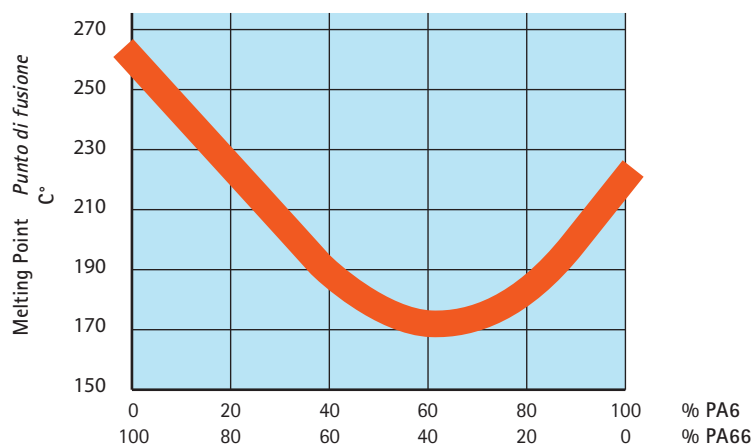


Fig.5b

The values indicated above are valid for articles prepared using appropriate methods. One reason for this is that internal stress, for example, may cause considerable deformation of articles subjected to temperature.

With polyamides, it is also possible to produce articles that can be sterilised since the effect of steam at 120°C does not cause modifications to the polymer provided that exposure is not too prolonged. It is, however, important to stress the fact that we are dealing with thermoplastics. We must therefore take into account the changes in the mechanical properties brought on by temperature.

I valori indicati valgono per articoli preparati con le necessarie modalità, poiché se vi sono, ad es. tensioni interne, i pezzi per effetto della temperatura possono deformarsi anche in modo considerevole.

Con le poliammidi esiste anche la possibilità di produrre articoli sterilizzabili dato che l'azione del vapore a 120°C, purché non troppo prolungata, non provoca modificazioni nel polimero. E' comunque opportuno sottolineare che siamo pur sempre in presenza di prodotti termoplastici, quindi va tenuto conto delle modificazioni che la temperatura provoca sulle caratteristiche meccaniche.



Among other things, prolonged use under high temperature conditions favours moisture loss and consequently a significant decrease in impact strength.

Polyamide resins are not entirely stable to oxidation when subjected to heat and ultraviolet rays in the presence of air. Sensitivity to oxidation is very high when the polymer is in a molten state. Prolonged exposure to air causes considerable yellowing accompanied by depolymerisation phenomena.

Below the melting point, this sensitivity decreases as the temperature decreases. However, at temperatures exceeding 70–80°C, the product surface may become yellow. As a rule, under continuous working temperatures, the variations in heat have only a very superficial effect and do not cause significant changes in the properties of the finished product, especially if the material is not too thin.

Even ultraviolet rays have a certain effect on polyamides. Therefore, polyamides should not generally be used in applications that require exposure to sunlight. After three years, a polyamide 66 may suffer a 35% reduction in stress at break and a 90% reduction in break strains. To avoid these phenomena, specifically stabilised resins have been developed (U, K, UK, etc. versions) with special additives. These resins may be used for applications which require exposure to high temperatures, sunlight, or both. In comparison to the previous example, a polyamide 66 which has been correctly stabilised will undergo a decrease in stress at break of only about 4% and a decrease in strain at break of about 25% after three years of exposure to external factors.

Fra l'altro l'esercizio prolungato a regimi termici elevati favorisce la perdita di umidità e di conseguenza una sensibile diminuzione della resistenza all'urto.

Le resine poliammidiche non possiedono una perfetta stabilità all'ossidazione quando sono sottoposte, in presenza di aria, all'effetto del calore e dei raggi ultravioletti.

La sensibilità all'ossidazione è molto elevata quando il polimero si trova allo stato fuso, e prolungate esposizioni all'aria provocano forti ingiallimenti accompagnati da fenomeni di depolimerizzazione.

Al di sotto del punto di fusione tale sensibilità diminuisce al diminuire della temperatura, tuttavia già al di sopra di 70÷80°C può dare origine a superficiali ingiallimenti del prodotto. In genere alle temperature indicate per l'esercizio in continuo, le variazioni di colore sono molto superficiali e non provocano modifiche sostanziali delle proprietà del manufatto, specie se gli spessori non sono particolarmente piccoli.

Anche i raggi ultravioletti hanno un certo effetto sulle poliammidi, le quali non risultano perciò particolarmente indicate in utilizzazioni che prevedono l'esposizione alla luce solare. Una poliammide 66 può subire dopo 3 anni una diminuzione del carico a rottura del 35% e dell'allungamento del 90%. Per ovviare questi fenomeni sono state messe a punto resine specificatamente stabilizzate (versioni U, K, UK ecc.) con particolari additivi, per le applicazioni che prevedono l'esposizione ad alta temperatura o alla luce solare o alle due condizioni insieme. Riferendoci all'esempio precedente, una poliammide 66 opportunamente stabilizzata dopo 3 anni di esposizione all'esterno subisce una diminuzione del carico di rottura del 4% circa e dell'allungamento a rottura del 25% circa.



THERMAL PROPERTIES OF POLYAMIDES CARATTERISTICHE TERMICHE DELLE POLIAMMIDI				
METHOD AND UNIT OF MEASUREMENT METODO E UNITÀ DI MISURA			PA6 0.2% RH 0.2% UR	PA66 0.2% RH 0.2% UR
Melting point <i>Temperatura di fusione</i>	DSC	°C	220	260
Melting heat <i>Calore di fusione</i>	DSC	cal/gr	25	25
Coefficient of linear thermal expansion <i>Coefficiente di dilatazione termica lineare</i>	ASTM D 696	K ⁻¹	7 · 10 ⁻⁵	7 · 10 ⁻⁵
Vicat softening temperature <i>Temperatura di rammollimento Vicat</i>	ISO 306	°C	190	240
Heat deflection temperature 1.8 MPa <i>Temperatura di inflessione sotto carico</i>	ISO 75/2	°C	70	70
Heat deflection temperature 0.45 MPa <i>Temperatura di inflessione sotto carico</i>	ISO 75/2	°C	165	195

Fig.5c

In the transition from the dry state to a state containing a normal level of moisture, polyamides suffer from a decrease in electrical and insulation properties. A similar decrease occurs when the temperature increases. However, these polymers are widely used in low frequency applications.

Con il passaggio dallo stato secco a quello contenente il normale tenore di umidità le poliammidi subiscono una diminuzione delle proprietà elettriche e di isolamento. Analogamente si ha con l'aumentare delle temperature, tuttavia questi polimeri trovano ugualmente largo impiego in applicazioni a bassa frequenza.

ELECTRICAL PROPERTIES OF POLYAMIDES
CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELLE POLIAMMIDI

METHOD AND UNIT OF MEASUREMENT METODO E UNITÀ DI MISURA			PA6 0.2% RH 0.2% UR	PA66 0.2% RH 0.2% UR
Dielectric strength <i>Rigidità dielettrica</i>	IEC 243-1	KV/mm	18	27
Volume resistivity <i>Resistività di volume</i>	IEC 93	Ohm•m	10 ¹⁵	10 ¹⁵
Surface resistivity <i>Resistività di superficie</i>	IEC 93	Ohm	10 ¹³	10 ¹³
Dissipation factor <i>Fattore di dissipazione</i>	IEC 250	50 Hz 1MHz	0.01 0.02	0.01 0.02
Comparative tracking index <i>Resistenza alle correnti striscianti</i>	IEC 112	V	KC>600	KC>600

Fig.6a

Polyamides are particularly resistant to aliphatic and aromatic hydrocarbons; to vegetable, animal, and mineral oils and fats; to salts in neutral and/or alkaline solutions; to ketons; to esters; to alcohols, and to organic acids with the exception of formic acid.

They have limited resistance to diluted solutions of inorganic acids and to some chlorinated hydrocarbons. Acetic acid, concentrated formic acid, phenols, and cresols melt the polymer.

Chemical resistance of a highly crystalline material is generally not much higher than that of the amorphous product.

Le poliammidi resistono molto bene agli idrocarburi alifatici e aromatici, agli oli e grassi vegetali, animali e minerali; ai sali in soluzione neutra e/o alcalina; ai chetoni; agli esteri; agli alcoli; agli acidi organici con l'esclusione dell'acido formico.

Mostrano una resistenza limitata alle soluzioni diluite di acidi inorganici e di alcuni idrocarburi clorurati, l'acido acetico e l'acido formico concentrati, i fenoli e i cresoli, sciogliono il polimero. La resistenza chimica di un materiale altamente cristallino è in genere poco superiore a quella del corrispondente prodotto amorfo.

POLYAMIDE RESISTANCE TO CHEMICALS RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI DELLE POLIAMMIDI

(explanation of the symbols in the table)
(spiegazione dei simboli della tabella)

- G = Good resistance without noticeable variations in weight and/or volume
B = Buona resistenza senza apprezzabili variazioni di peso e/o volume

- D = Fairly good resistance with significant variations in weight and/or volume resulting from prolonged contact
D = Discreta resistenza con sensibile variazione di peso e/o volume per contatto prolungato

- L = Limited resistance: it is possible to use the material if contact is brief or occasional
L = Limitata resistenza : è possibile l'utilizzo se il contatto è breve od occasionale

- P = Poor resistance; the material is significantly affected
S = Scarsa resistenza; il materiale è fortemente attaccato

- SS = Soluble
SS = Solubile

NOTE: The behaviour indicated refers to polyamides in a primarily amorphous state. Crystallinity usually improves the chemical resistance.

NOTE: Il comportamento indicato si riferisce a poliammidi allo stato prevalentemente amorfo. La cristallinità migliora in genere la resistenza chimica.

Fig.7a



CHEMICAL	CONC. %	RESIST.	CHEMICAL	CONC. %	RESIST.
Acetaldehyde - aqueous solution	40	D	Aluminium sulphate - aqueous solution	10	G
Acetamide - aqueous solution	50	G	Barium salts-concentrated aqueous solution		G
Acetic acid - aqueous solution	10	P	Butyl phthalate		G
Acetic acid - concentrated		P	Carbon sulphide	100	G
Acetic anhydride - concentrated		S	Carbon tetrachloride		G
Acetone	100	G	Caustic potash - aqueous solution	5	G
Acrylonitrile	100	G	Caustic potash - aqueous solution	50	D
Alcoholic drinks		D	Caustic potash - aqueous solution	10	G
Aluminium chloride - aqueous solution	10	G	Caustic soda - aqueous solution	5	G
Allyl alcohol	100	D	Caustic soda - aqueous solution	50	D
Ammonia	10	G	Caustic soda - aqueous solution	10	G
Ammonia - gaseous		L	Copper salts - aqueous solution	10	G
Ammonium chloride - aqueous solution	10	G	Copper sulphate - aqueous solution	10	G
Amyl acetate	100	G	Copra oil		G
Amyl alcohol	100	G	Dichlorofluoroethylene (see Freon)		G
Aniline	100	D	Diesel oil		G
Barium chloride - aqueous solution	10	G	Diethanolamine		G
Benzaldehyde	100	L	Dimethylformamide	100	G
Benzoic acid - aqueous solution	saturated	D	Dioxide		G
Benzol	100	G	Essence of anise		G
Benzyl alcohol	100	L	Essence of carnation		G
Bitumen		D	Essence of lavender	100	G
Boric acid - aqueous solution	10	D	Essence of mint		G
Butane		G	Essence of rose		G
Butter		G	Essence of violet		G
Butyl acetate	100	G	Ethyl ether	100	G
Butyl alcohol	100	D	Ethyl glycol		G
Butyric acid	100	D	Food fats		G
Calcium chloride - aqueous solution	20	S	Food oils		G
Calcium chloride - aqueous solution	10	G	Formaldehyde - aqueous solution	30	G
Camphor	100	G	Formamide		D
Chlorine - gaseous	100	P	Freon 12 - liquid		G
Chlorine water		D	Fruit juices		G
Chlorobenzene		G	Furfural		D
Chlorobromomethane		D	Glycerine		D
Chloroform	100	P	Heptane		G
Chromic acid - aqueous solution	10	P	Hexane		D
Chromic acid - aqueous solution	1	D	Hydrogen sulphide - aqueous solution	saturated	P
Citric acid - aqueous solution	10	L	Iodine dye - alcohol-based		P
Coca-cola		G	Isooctane		G
Coffee		G	Lead stearate	100	G
Cyclohexane	100	G	Linseed oil		G
Cyclohexanol	100	G	Magnesium hydroxide-aqueous solution	10	G
Decaline		G	Magnesium salts - aqueous solution	10	G
Detergents (for dishes)		G	Margarine (commercial grade)		G
Diacetone alcohol		G	Mayonnaise (commercial grade)		G
Ethyl acetate	100	G	Melted phenol	100	D
Ethyl alcohol	96	D	Mercury		G
Ethyl chloride	100	D	Methylethylketon		G

Fig.7b



CHEMICAL	CONC. %	RESIST.	CHEMICAL	CONC. %	RESIST.
Ferric chloride - aqueous solution	10	G	Methyl-isobutylketon		G
Formic acid - aqueous solution	85	S	Milk		G
Formic acid - aqueous solution	10	P	Mineral oil		G
Glycol butylene	100	D	Naphthaline		G
Halogen - gaseous		P	Naphtha solvent		G
Hydrochloric acid - aqueous solution	36	S	Nitrobenzol	100	D
Hydrochloric acid - aqueous solution	10	P	Nitromethane	100	D
Hydrochloric acid - aqueous solution	2	L	Octyl phthalate		G
Hydrofluoric acid - aqueous solution	40	P	Oil for transformers		G
Hydrogen peroxide - aqueous solution	30	P	Oleum		S
Hydrogen peroxide - aqueous solution	3	P	Ozone		P
Hydrogen peroxide - aqueous solution	1	P	Paraffin oil		G
Hydrogen peroxide - aqueous solution	0.5	L	Perchloroethylene		P
Isopropyl alcohol		D	Perfumes		D
Kerosene		G	Petroleum		G
Lactic acid - aqueous solution	90	P	Petroleum ether		G
Lactic acid - aqueous solution	10	D	Phenol - aqueous solution		S
Lead acetate - aqueous solution	10	D	Plasticizers (phthalates, phosphates) (commercial grade)		G
Magnesium chloride - aqueous solution	10	G	Potassium nitrate-aqueous solution	10	G
Mercuric chloride - aqueous solution	6	P	Potassium permanganate-aqueous solution	1	P
Methyl acetate	100	G	Pyridine		G
Methyl alcohol	100	D	Resorcin		S
Methyl chloride	100	L	Silicone oil		G
Nitric acid		P	Silver nitrate		G
Oleic acid	100	G	Soap solution - aqueous solution		G
Oxalic acid - aqueous solution	10	D	Sodium hypochlorite - aqueous solution		G
Petrol		G	Sodium nitrite - aqueous solution	5	P
Phosphoric acid - aqueous solution	10	P	Sodium nitrate - aqueous solution	10	G
Phthalic acid - aqueous solution	saturated	D	Sodium perborate - aqueous solution	5	D
Potassium bichromate - aqueous solution	5	D	Sodium phosphate - aqueous solution	10	G
Potassium bromide - aqueous solution	10	D	Sodium sulphate - aqueous solution	10	G
Potassium carbonate	100	G	Sodium silicate		G
Propyl alcohol		D	Sodium thiosulphate - aqueous solution	10	G
Salicylic acid	100	G	Solution of iodine and potassium iodide-aqueous solution	3	P
Sodium bromide - aqueous solution	10	D	Soybean oil (commercial grade)		G
Sodium carbonate - aqueous solution	10	G	Sulphur		G
Sodium chloride - aqueous solution	10	G	Tetrahydrofuran		G
Sodium disulphate - aqueous solution	10	G	Tetraline		G
Sulphuric acid - concentrated	98	S	Toluene		G
Sulphuric acid - aqueous solution	10	P	Trichloroethylene		D
Sulphuric acid - aqueous solution	2	L	Triethanolamine		G
Tartaric acid		D	Trifluoroethanol		S
Tartaric acid - aqueous solution	10	G	Urea - aqueous solution		G
Thionyl chloride		P	Vaseline		G
Turpentine	100	S	Wine		D
Vinyl chloride	100	G	Xylol		G
Water (sea, river, drinking, distilled)		G	Zinc oxide		G
Zinc chloride	10	D			

Fig.7b



AGENTE	CONC. %	RESIST.	AGENTE	CONC. %	RESIST.
Acetaldeide - soluzione acquosa	40	D	Dicloro-di-fluoroetilene (vedere Freon)		B
Acetamide - soluzione acquosa	50	B	Dietanolammina		B
Acetato d'amile	100	B	Dimetilformammide	100	B
Acetato di butile	100	B	Diossano		B
Acetato di metile	100	B	Eptano		B
Acetato di piombo - soluzione acquosa	10	D	Esano		D
Acetato d'etile	100	B	Essenza d'anice		B
Acetone	100	B	Essenza di garofani		B
Acido acetico concentrato		S	Essenza di lavanda	100	B
Acido acetico - soluzione acquosa	10	S	Essenza di menta		B
Acido benzoico - soluzione acquosa	satura	D	Essenza di rose		B
Acido borico - soluzione acquosa	10	D	Essenza di violetta		B
Acido butirrico	100	D	Etere di petrolio		B
Acido cloridrico - soluzione acquosa	36	SS	Etere etilico	100	B
Acido cloridrico - soluzione acquosa	10	S	Fenolo - soluzione acquosa		SS
Acido cloridrico - soluzione acquosa	2	L	Fenolo fuso	100	D
Acido cromico - soluzione acquosa	10	S	Formaldeide - soluzione acquosa	30	B
Acido cromico - soluzione acquosa	1	D	Formamide		D
Acido citrico - soluzione acquosa	10	L	Freon 12 - liquido		B
Acido fluoridrico - soluzione acquosa	40	S	Ftalato di butile		B
Acido formico - soluzione acquosa	85	SS	Ftalato di ottile		B
Acido formico - soluzione acquosa	10	S	Furfurolo		D
Acido fosforico - soluzione acquosa	10	S	Glicerina		D
Acido ftalico - soluzione acquosa	satura	D	Glicole etilico		B
Acido lattico - soluzione acquosa	90	S	Grassi alimentari		B
Acido lattico - soluzione acquosa	10	D	Idrogeno solforato - soluzione acquosa	satura	S
Acido nitrico		S	Ipoclorito sodico - soluzione acquosa		B
Acido oleico	100	B	Isoottano		B
Acido ossalico - soluzione acquosa	10	D	Latte		B
Acido salicilico	100	B	Magnesio idrossido - soluzione acquosa	10	B
Acido solforico - concentrato	98	SS	Magnesio sali - soluzione acquosa	10	B
Acido solforico - soluzione acquosa	10	S	Margarina (grado commerciale)		B
Acido solforico - soluzione acquosa	2	L	Maionese (grado commerciale)		B
Acido tartarico		D	Mercurio		B
Acido tartarico - soluzione acquosa	10	B	Metiletilchetone		B
Acqua (marina, fiume, potabile, distillata)		B	Metil-isobutilchetone		B
Acqua di cloro		D	Naftalina		B
Acqua ossigenata - soluzione acquosa	30	S	Nafta solvente		B
Acqua ossigenata - soluzione acquosa	3	S	Nitrato d'argento		B
Acqua ossigenata - soluzione acquosa	1	S	Nitrato di potassio - soluzione acquosa	10	B
Acqua ossigenata - soluzione acquosa	0.5	L	Nitrato di sodio - soluzione acquosa	10	B
Acqua regia	100	SS	Nitrobenzolo	100	D
Acrilonitrile	100	B	Nitrometano	100	D
Alcool allilico	100	D	Oleum		SS
Alcool amilico	100	B	Oli alimentari		B
Alcool benzilico	100	L	Olio di copra		B
Alcool butilico	100	D	Olio di lino		B
Alcool etilico	96	D	Olio di paraffina		B
Alcool isopropilico		D	Olio di silicone		B

Fig.7b



AGENTE	CONC. %	RESIST.	AGENTE	CONC. %	RESIST.
Alcool metilico	100	D	Olio diesel		B
Alcool propilico		D	Olio minerale		B
Alogeni gassosi		S	Olio per trasformatori		B
Ammoniaca	10	B	Olio di soia grado commerciale		B
Ammoniaca gassosa		L	Ossido di zinco		B
Anidride acetica concentrata		SS	Ozono		S
Anilina	100	D	Percloroetilene		S
Benzaldeide	100	L	Piridina		B
Benzina		B	Plastificanti (Ftalati , fosfati) grado comm.		B
Benzolo	100	B	Profumi		D
Bevande alcoliche		D	Permanganato potassico - soluzione acquosa	1	S
Bicromato di potassio - soluzione acquosa	5	D	Petrolio		B
Bisolfito di sodio - soluzione acquosa	10	B	Potassa caustica - soluzione acquosa	50	D
Bitume		D	Potassa caustica - soluzione acquosa	10	B
Bromuro di potassio - soluzione acquosa	10	D	Potassa caustica - soluzione acquosa	5	B
Bromuro di sodio - soluzione acquosa	10	D	Resorcina		SS
Burro		B	Sali di Bario - soluzione acquosa concentrata		B
Butano		B	Sali di rame - soluzione acquosa	10	B
Butilene glicole	100	D	Silicato sodico		B
Caffe		B	Soda caustica - soluzione acquosa	50	D
Canfora	100	B	Soda caustica - soluzione acquosa	10	B
Carbonato potassico	100	B	Soda caustica - soluzione acquosa	5	B
Carbonato sodico - soluzione acquosa	10	B	Sodio nitrito - soluzione acquosa	5	S
Cherosene		B	Sodio perborato - soluzione acquosa	5	D
Cloro gassoso	100	S	Sodio fosfato - soluzione acquosa	10	B
Clorobenzene		B	Solfato d'alluminio - soluzione acquosa	10	B
Clorobromometano		D	Solfato di rame - soluzione acquosa	10	B
Cloroformio	100	S	Solfato sodico - soluzione acquosa	10	B
Cloruro d'alluminio-soluzione acquosa	10	B	Solfuro di carbonio	100	B
Cloruro d'ammonio-soluzione acquosa	10	B	Soluz. di iodio e ioduro di potassio - sol. acq.	3	S
Cloruro di bario - soluzione acquosa	10	B	Soluzione di sapone - soluzione acquosa		B
Cloruro di calcio - soluzione acquosa	20	SS	Stearato di piombo	100	B
Cloruro di calcio - soluzione acquosa	10	B	Succhi di frutta		B
Cloruro d'etile	100	D	Tintura di iodio - alcoolica		S
Cloruro di magnesio - soluzione acquosa	10	B	Tetracloruro di carbonio		B
Cloruro di metile	100	L	Tetraidrofurano		B
Cloruro di sodio - soluzione acquosa	10	B	Tetralina		B
Cloruro di tionile		S	Tiosolfato sodico - soluzione acquosa	10	B
Cloruro di vinile	100	B	Toluolo		B
Cloruro di zinco	10	D	Tricloroetilene (trielina)		D
Cloruro ferrico - soluzione acquosa	10	B	Trietanolamina		B
Cloruro mercurico - soluzione acquosa	6	S	Trifluoro etanolo		SS
Coca-cola		B	Urea - soluzione acquosa		B
Cicloesano	100	B	Vasellina		B
Cicloesanol	100	B	Vino		D
Decalina		B	Zolfo		B
Detergenti (per piatti)		B	Xilolo		B
Diacetonalcool		B			

Fig.7b



7.1 ACIDS

Polyamides 6 and 66 generally have poor resistance to acids. This means that they should not be used with most inorganic acids such as, for example, nitric acid, hydrochloric acid, sulphuric acid, etc. They do have fairly good resistance to organic acids such as butyric acid, oleic acid, salicylic acid etc., which have limited or no damaging effects.

7.2 BASES

As a rule, base chemicals cause hydrolytic fission in polyamides 6 and 66. At room temperature, the speed of hydrolysis is very slow and the damaging effects on the polymer are negligible. Therefore, polyamides 6 and 66 may come into contact with highly diluted solutions of base products.

7.3 ALCOHOL

Alcohol containing the OH group behave in a similar way to water and tend to adhere to the polymeric structure thereby forming hydrogen bridges, which results in an inflating of the plastic material. Polyamides 6 and 66 have good resistance to aliphatic alcohol types such as, for example, allyl alcohol, amyl alcohol, butyl alcohol, ethyl alcohol, methyl alcohol etc., whereas aromatic alcohol types such as benzyl alcohol, phenols, cresols etc. are highly damaging.

7.4 ALDEHYDES

Aldehydes, especially aromatic types, attack polyamides 6 and 66.

7.5 KETONS AND ESTERS

Polyamides 6 and 66 generally have good resistance to ketons and esters such as, for example, acetone, methylethylketon, amyl acetate, butyl acetate, ethyl acetate, methyl acetate, butyl and octyl phthalate.

7.6 CHLORINATED ORGANIC COMPOUNDS

Chlorinated organic compounds have different effects on polyamides 6 and 66. They may be moderately damaging (such as, for example, trichloroethylene, ethyl chloride, etc.), highly damaging (such as, for example, chloroform, thionyl chloride, calcium chloride in aqueous solution, etc), or virtually harmless (such as, for example, carbon tetrachloride, vinyl chloride, ferric chloride in aqueous solution, etc.).

7.7 OIL AND OIL BY-PRODUCTS

Polyamides 6 and 66 have good resistance to petroleum and petroleum by-products, lubricating oils, fuel oils etc.

7.1 ACIDI

Le poliammidi 6 e 66 in genere presentano una scarsa resistenza agli acidi. Ne deriva pertanto che l'impiego di queste è sconsigliato con la quasi totalità degli acidi inorganici ad esempio l'acido Nitrico, Cloridrico, Solforico, ecc. Una discreta resistenza si ha invece nei confronti degli acidi organici come ad esempio l'acido Butirrico, Oleico, Salicilico ecc. che presentano una azione aggressiva limitata o nulla.

7.2 BASI

In linea di massima le basi sulle poliammidi 6 e 66 producono effetti di scissione idrolitica. A temperatura ambiente la velocità di idrolisi è molto lenta e gli effetti dannosi sul polimero sono trascurabili, pertanto le poliammidi 6 e 66 possono essere utilizzate a contatto con soluzioni molto diluite di prodotti basici.

7.3 ALCOLI

Gli alcoli contenendo il gruppo OH hanno un comportamento simile all'acqua, e tendono ad associarsi alla struttura polimerica formando ponti di idrogeno con conseguente rigonfiamento del materiale plastico. Le poliammidi 6 e 66 resistono abbastanza bene con alcoli alifatici come ad esempio l'alcol Allilico, Amilico, Butilico, Etilico, Metilico ecc., mentre sono fortemente attaccate dagli alcoli aromatici come ad esempio l'alcol Benzilico, Fenoli, Cresoli ecc.

7.4 ALDEIDI

Le poliammidi 6 e 66 a contatto con le aldeidi sono fortemente attaccate in modo particolare da quelle aromatiche.

7.5 CHETONI ED ESTERI

Le poliammidi 6 e 66 in generale resistono abbastanza bene al contatto con chetoni ed esteri come ad esempio l'Acetone, Metiletilchetone, acetati di Amile, Butile, Etile, Metile, i ftalati di Butile ed Ottili ecc.

7.6 COMPOSTI ORGANICI CLORURATI

I composti organici clorurati sulle poliammidi 6 e 66 possono esercitare a secondo dei tipi un'azione da moderatamente aggressiva come ad esempio il Tricloroetilene (trielina), Cloruro d'etile, ecc. a fortemente aggressiva come ad esempio il Cloroformio, Cloruro di tionile, Cloruro di calcio in soluzione acquosa ecc; a quasi indifferente come ad esempio il Tetracloruro di carbonio, Cloruro di vinile, Cloruro ferrico in soluzione acquosa ecc.

7.7 PETROLIO E DERIVATI

Le poliammidi 6 e 66 presentano una buona resistenza al petrolio ed ai suoi derivati, oli lubrificanti, oli combustibili ecc.



7.8 WATER-BASED SOLUTIONS OF SALT AND OTHER ORGANIC COMPOUNDS

Polyamides 6 and 66 have good resistance to nearly all salts in aqueous solutions, with the exception of some salts, such as potassium permanganate, etc. Aqueous chlorine and hydrogen peroxide solutions are also damaging.

7.8 SOLUZIONI ACQUOSE DI SALI E COMPOSTI ORGANICI VARI

Le poliammidi 6 e 66 offrono una buona resistenza per la quasi totalità dei sali in soluzioni acquose, fatta eccezione per alcuni come il Permanganato di potassio ecc. Sono ugualmente aggressive le soluzioni acquose di cloro e di acqua ossigenata.

8.1 TREATMENT OF VIRGIN GRANULES

Regardless of the type of press used, polyamides 6 and 66 must be moulded in a dry state with a maximum moisture level of 0.1-0.2%, in order to avoid surface defects and alteration in the quality of the material.

Since polyamides tend to absorb moisture even at room temperature, it is recommended that they be kept in packaging that remains sealed at all times. In the event of production being suspended for an extended period of time, it is very important to place the granules in tightly sealed packaging.

8.2 TREATMENT OF REGROUND WASTE PRODUCTS

It is possible to mix reground waste products with virgin granules in quantities that do not exceed 15-20% as long as the waste products are in a dry state.

Mixing virgin granules with reground waste products that have been reheated for the second time will result in a reduction of the transparency of the piece, depending on the quantity of the reground material.

To dry reground granules that have absorbed too much moisture properly, it is necessary to place them in a hot-air stove, or even better in a nitrogen current, for approximately 10-12 hours at 70-80°C. Another option is to leave them in a vacuum for 7-8 hours at 100°C so that the material reaches a moisture level of about 0.1%. For colored materials, in order to control variations in heat, we suggest keeping them at a temperature which is 10-15°C lower.

8.1 TRATTAMENTO GRANULI VERGINI

A prescindere dal tipo di pressa utilizzata, per evitare difetti di superficie e l'alterazione della qualità del materiale, le poliammidi 6 e 66 devono essere stampate allo stato secco con un tenore di umidità massimo di 0.1÷0.2%.

Poiché le poliammidi hanno la tendenza ad assorbire umidità anche a temperatura ambiente si raccomanda di conservare i sacchi sempre chiusi. In caso di interruzione prolungata del lavoro è molto importante riporre i granuli in sacchi ben chiusi.

8.2 TRATTAMENTO SCARTI RIMACINATI

E' possibile mescolare pezzi rimacinati, in quantità non superiore a 15÷20 %, con granuli vergini a condizione che gli scarti siano allo stato secco.

Mescolando i granuli vergini con i rimacinati riscaldati per la seconda volta si ha una riduzione della trasparenza del pezzo, in funzione della quantità del rimacinato riciclato.

Per un buon essiccamento dei rimacinati e dei granuli che hanno preso troppa umidità, occorrono circa 10÷12 ore a 70÷80°C in stufa ad aria calda o meglio in corrente di azoto oppure 7÷8 ore a 100°C sotto vuoto perché il materiale raggiunga una umidità intorno allo 0.1%. Per i materiali colorati per contenere la variazione di colore sono consigliate temperature di 10÷15°C più basse.

Articles that are made of polyamide are in a dry state after they have been shaped. If they are left at room temperature, they tend to reabsorb moisture until equilibrium with the atmosphere is reached. At the same time, two contradictory phenomena affect the article: on one hand, moisture absorption leads to an increase in size (around 0.3% for every 1% of moisture absorbed); on the other hand, there is a reduction in size resulting from the increase in internal stresses that originated during the shaping process.

Unless the article is particularly thin, both of these phenomena take place very slowly. For precision applications where the variations in size must be extremely small over time, the parts may be subjected to stabilising procedures designed, among other things, to influence some of the properties such as impact strength or surface hardness.

9.1 STABILISATION AND ELIMINATION OF INTERNAL STRESS

The adjustment of internal tensions, taking place very slowly at room temperature, will speed up as the temperature increases. It may lead to contractions of around 1–1.2% at temperatures ranging from 180–200°C. Stabilisation is aimed at accelerating the adjustment process so that the working conditions of the part will only result in negligible variations. The parts must be dipped in a bath of mineral oil, which is subsequently heated to a temperature that is 20°C higher than that in which the piece will be used. As soon as the bath has reached this set temperature, the treatment should be maintained for about 30 minutes for each millimetre of thickness.

Cooling must take place slowly and may occur in the bath itself or in a closed container that has the smallest possible volume. This is done to avoid oxidation when the part comes into contact with the air.

Finally, the residual traces of the mineral oil are removed by washing the part with the appropriate solvents (such as trichloroethylene). It should be noted that this treatment results in the part being tempered to a certain extent, which increases surface hardness. This may be particularly useful for certain applications.

9.2 WATER ABSORPTION

Manufactured goods that are made of polyamides 6 or 66 experience increases in weight and variations in size when they are placed in humid environments or when they come into contact with water. If they are directly dipped in water, the rate of water absorption is relatively high until it reaches a maximum of around 10%. In humid air, absorption takes place very slowly until it reaches a balance with the moisture level in the air.

The quantity of water absorbed and the speed of absorp-

Gli articoli in poliammide, immediatamente dopo la loro conformazione, si trovano allo stato secco e se lasciati a temperatura ambiente tendono a riassorbire umidità in misura tale da riportarsi all'equilibrio con l'atmosfera; contemporaneamente si verificano due fenomeni che agiscono in maniere opposte.

Da una parte l'assorbimento di umidità provoca un aumento delle dimensioni (circa lo 0.3% per ogni 1% di umidità assorbita) e per contro si ha una diminuzione dimensionale dovuta all'aumento delle tensioni interne originatesi nella fase di conformatura. Ambedue i fenomeni, a meno che l'articolo non abbia spessori molto ridotti, hanno luogo molto lentamente. Per le applicazioni di precisione dove le variazioni dimensionali devono essere ridottissime come entità nel tempo, i pezzi possono essere sottoposti a procedimenti di stabilizzazione che hanno fra l'altro anche lo scopo di influire su alcune caratteristiche come la resistenza all'urto o la durezza superficiale.

9.1 STABILIZZAZIONE DIMENSIONALE

L'assestamento delle tensioni interne, molto lento a temperatura ambiente, cresce in velocità con l'aumento della temperatura e può portare a contrazioni dell'ordine del 1÷1.2% a temperatura di 180÷200°C Il trattamento di stabilizzazione ha lo scopo di accelerare il processo di assestamento in modo che nelle condizioni di lavoro del pezzo non si abbiano che trascurabili variazioni. I pezzi devono essere immersi in un bagno di olio minerale che deve essere portato successivamente a una temperatura di 20°C superiore a quella d'impiego del pezzo. Non appena il bagno avrà raggiunto la temperatura fissata, il trattamento avrà una durata di circa 30 minuti per ogni mm di spessore. Il raffreddamento, deve avvenire lentamente, e può essere effettuato nel bagno stesso o in recipienti chiusi, di volume il più ridotto possibile per evitare l'ossidazione a contatto con l'aria. Si asportano infine le tracce residue di olio mediante lavaggio con opportuni solventi (es. trielina). Da notare che il trattamento conferisce una specie di tempra con un aumento della durezza superficiale che in certe applicazioni può essere particolarmente richiesta.

9.2 ASSORBIMENTO DI ACQUA

I manufatti in poliammide 6 e 66 in ambiente umido, e in particolare quando vengono a contatto con acqua, subiscono aumenti di peso e variazioni dimensionali. Per immersione diretta in acqua, l'assorbimento della stessa è relativamente rapido fino a raggiungere un massimo del 10% circa. In presenza di aria umida l'assorbimento procede molto lentamente fino a raggiungere un equilibrio con l'umidità dell'ambiente.

La quantità di acqua assorbita e la velocità di assorbimen-



tion depend on various factors such as water temperature (an increase in temperature accelerates the absorption process), degree of crystallinity of the product (an increase in crystallinity reduces water absorption), presence of water-repellent additives, fillers, and/or reinforcements, etc.

When they come out of the moulding phase, manufactured goods that are made of polyamide have a low impact strength and tend to vary in size as a result of water absorption. For precision items or articles that require good impact strength, it is also necessary to accelerate the process.

Since dipping the product in cold water is too slow a process, it is possible to dip the parts in boiling water containing 5-15 g/l of sodium carbonate or sodium hydrate and 5-10 g/l of a surfactant.

2.5-3.0% moisture must be absorbed in order to reach a balance with atmospheric humidity under average RH conditions. The treatment should last around 30 minutes for each millimetre of thickness (in boiling water). For polyamides with a lower level of water absorption, and depending on thickness, longer periods of time are needed. In polyamides, the process of water absorption is reversible, since the materials always tend to reach a balance with the moisture of the surrounding environment.

to sono in funzione di diversi fattori tra i quali, la temperatura dell'acqua (all'aumentare della temperatura il processo di assorbimento viene accelerato), il grado di cristallinità del prodotto (l'aumento di cristallinità riduce l'assorbimento), la presenza di additivi idrorepellenti, la presenza di cariche e/o rinforzi ecc.

I manufatti in poliammide provenienti dallo stampaggio presentano una ridotta resistenza all'urto e tendono a variare dimensionalmente per effetto dell'assorbimento dell'acqua. Anche in questo caso, è necessario per articoli di precisione o che devono avere buone proprietà di resistenza all'urto, accelerare il processo.

Poiché anche l'immersione in acqua fredda costituisce un procedimento troppo lento, si possono immergere i pezzi in acqua all'ebollizione, contenente 5÷15 g/l di carbonato o idrato sodico e 5÷10 g/l di un tensioattivo.

La quantità di umidità da fare assorbire per raggiungere le condizioni di equilibrio con l'atmosfera a medie condizioni di UR sono all'incirca 2.5÷3.0%. I tempi di trattamento sono di circa mezz'ora per 1 mm di spessore (in acqua all'ebollizione), tempi maggiori sono richiesti a parità di spessore, per poliammidi a più basso assorbimento d'acqua. Nelle poliammidi il processo di assorbimento d'acqua è reversibile, nel senso che i materiali tendono sempre a portarsi in equilibrio con l'umidità dell'ambiente circostante.

The information provided in this documentation corresponds to our knowledge on the subject at the date of its publication.

This information may be subject to revision as new knowledge and experience become available. The data provided falls within the normal range of product properties and relates only to the specific material designated; this data may not be valid for such material used in combination with any other materials or additives or in any process, unless expressly indicated otherwise. The data provided should not be used to establish specification limits nor used alone as the basis of design; it is not intended to substitute for any testing you may need to conduct to determine for yourself the suitability of a specific material for your particular purposes. Since Radici Plastics cannot anticipate all variations in actual end-use conditions Radici Plastics makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information. Nothing in this publication is to be considered as a license to operate under or a recommendation to infringe any patent rights.

Le informazioni contenute in questo documento sono fondate sulla base delle migliori conoscenze in nostro possesso al momento della pubblicazione.

Queste informazioni sono soggette a revisioni a seguito dell'ottenimento di nuove conoscenze ed esperienze. I dati forniti corrispondono alla gamma normale di proprietà materiali e si riferiscono solo al materiale specificato: i dati potrebbero non essere validi per gli stessi materiali utilizzati in combinazione con altri materiali o additivi, o altri processi non specificati. I dati forniti non devono essere utilizzati al fine di stabilire valori di specifiche, né utilizzati da soli per la progettazione. Non si intendono come una sostituzione per gli esperimenti che dovrete effettuare per determinare l'adattabilità dei nostri prodotti all'uso specifico al quale li avete destinati. Dato che non è possibile per Radici Plastics prevedere ogni variazione nell'utilizzo finale dei nostri prodotti, Radici Plastics non fornisce alcuna garanzia, né assume alcuna responsabilità concernente l'utilizzo di queste informazioni. La presente pubblicazione non può essere in alcun modo interpretata come una licenza d'uso né come una istigazione a violare brevetti esistenti.

RADICI NOVACIPS SpA
Via Bedeschi, 20 – 24040 Chignolo d'Isola (BG) – I
Tel. +39 035 4991311 – Fax +39 035 994386
e-mail: italia.plastics@radicigroup.com

RADICI NOVACIPS SpA
Via Provinciale, 1331 – 24020 Villa d'Ogna (BG) – I
Tel. +39 0346 22453 – Fax +39 0346 23730
e-mail: italia.plastics@radicigroup.com



RADICI PLASTICS

RADICI PLASTICS GmbH
Glockengiesserwall 2 – 20095 Hamburg - D
Tel. +49 40 3095410 – Fax +49 40 30954199
e-mail: deutschland.plastics@radicigroup.com

Production:
Elso-Klöver-Strasse, 10 – Industriegebiet Hafen
21337 Lüneburg - D

RADICI PLASTICS IBERICA SL
Avenida de la Ilustración, 20 3º J
23200 La Carolina (JAEN) – E
Tel. +34 95 3685021 – Fax +34 95 3685156
e-mail: iberica.plastics@radicigroup.com

RADICI PLASTICS UK Ltd.
High Hill House, 6A Hampstead High Street
London NW3 1PR – UK
Tel. +44 20 74314554 – Fax +44 20 74314544
e-mail: uk.plastics@radicigroup.com

RADICI PLASTICS FRANCE SA
65, Rue du Dauphiné – 69800 St. Priest – F
Tel. +33 4 72782090 – Fax +33 4 72782089
e-mail: france.plastics@radicigroup.com

RADICI PLASTICS LTDA
Rua Giuseppe Marchiori, 497
CEP 18147-970 Araçariquama – São Paulo – BR
Tel. +55 11 4136 6500 – Fax +55 11 4136 2166
e-mail: brasil.plastics@radicigroup.com

RADICI PLASTICS USA Inc.
960 Seville Road, Wadsworth, OH 44281 – USA
Tel. +1 330 3367611 – Fax +1 330 3362143
e-mail: usa.plastics@radicigroup.com

RADICI PLASTICS (Suzhou) CO., LTD.
No. 49 Ping Sheng Road, SIP
215126 Suzhou, Jiangsu Province – PR China
Tel. +86 512 62952290 – Fax +86 512 62952291
e-mail: china.plastics@radicigroup.com
Shanghai office:
Suite 319, Apollo Building, 1440 Yan An Road (M),
Jing'an District, 200040 Shanghai PR China
Tel. +86 21 6103 1709

RADICI PLASTICS MODI (P) LTD.
C-5, 1st Floor, Amar Colony Market,
Lajpat Nagar-IV, New Delhi-110024 – INDIA
Tel. +91 11 41638170
email: info.plastics@radicigroup.com

The information provided in this documentation corresponds to our knowledge on the subject at the date of its publication. This information may be subject to revision as new knowledge and experience become available. The data provided falls within the normal range of product properties and relates only to the specific material designated; this data may not be valid for such material used in combination with any other materials or additives or in any process, unless expressly indicated otherwise. The data provided should not be used to establish specification limits nor used alone as the basis of design; it is not intended to substitute for any testing you may need to conduct to determine for yourself the suitability of a specific material for your particular purposes. Since Radici Plastics cannot anticipate all variations in actual end-use conditions Radici Plastics makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information. Nothing in this publication is to be considered as a license to operate under or a recommendation to infringe any patent rights.

Le informazioni contenute in questo documento sono fondate sulla base delle migliori conoscenze in nostro possesso al momento della pubblicazione. Queste informazioni sono soggette a revisioni a seguito dell'ottenimento di nuove conoscenze ed esperienze. I dati forniti corrispondono alla gamma normale di proprietà materiali e si riferiscono solo al materiale specificato: i dati potrebbero non essere validi per gli stessi materiali utilizzati in combinazione con altri materiali o additivi, o altri processi non specificati. I dati forniti non devono essere utilizzati al fine di stabilire valori di specifiche, né utilizzati da soli per la progettazione. Non si intendono come una sostituzione per gli esperimenti che dovrete effettuare per determinare l'adattabilità dei nostri prodotti all'uso specifico al quale li avete destinati. Dato che non è possibile per Radici Plastics prevedere ogni variazione nell'utilizzo finale dei nostri prodotti, Radici Plastics non fornisce alcuna garanzia, né assume alcuna responsabilità concernente l'utilizzo di queste informazioni. La presente pubblicazione non può essere in alcun modo interpretata come una licenza d'uso né come una istigazione a violare brevetti esistenti.