

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
 INSTITUT NATIONAL
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
 PARIS

①1 N° de publication :
 (à n'utiliser que pour les
 commandes de reproduction)

2 649 712

②1 N° d'enregistrement national :

89 09669

⑤1 Int Cl⁵ : C 08 G 18/34, 18/76, 73/14; C 08 J 3/24
 C 08 J 5/00.

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11 juillet 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
 demande : BOPI « Brevets » n° 3 du 18 janvier 1991.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
 rêtés :

⑦1 Demandeur(s) : RHONE-POULENC CHIMIE. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Yves Camberlin ; Philippe Michaud.

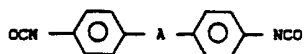
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Maurice Trolliet, Rhône-Poulenc Chimie,
 Service Brevets Chimie, Centre de Recherches des Car-
 rières.

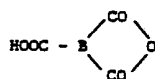
⑤4 Poly(amide-imide) aromatiques linéaires fonctionnalisés en bout de chaînes par des groupements comprenant un
 reste à fonction maléimide latente, un procédé pour leur préparation et leur emploi pour notamment préparer des
 polymères réticulés.

⑤7 La présente invention concerne de nouveaux poly(amide-
 imide) aromatiques linéaires dont les chaînes comportent des
 groupements comprenant chacun un reste à fonction maléi-
 mide latente.

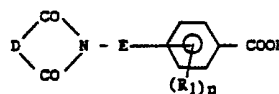
Plus précisément, ces polymères sont obtenus par réaction
 directe i d'un diisocyanate aromatique de formule :



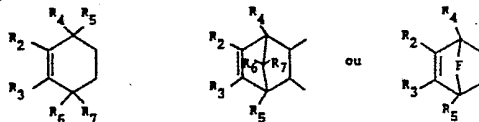
où A = lien valentiel ou groupement divalent, avec 2i un
 monoanhydride d'acide tricarboxylique de formule :



où B = groupement trivalent aromatique et avec 3i un mono-
 acide carboxylique, comprenant un reste à fonction maléimide
 latente, de formule :



où R₁ = CH₃, n = 0, 1, 2 ou 3, E = lien valentiel ou
 —CH₂—
 et D =



avec R₂ à R₇ = H et/ou alkyle et X = —O— ou —S—.

Ces poly(amide-imide), après déblocage thermique des fonc-
 tions maléimide libres, sont utilisables notamment pour la
 réalisation de pièces moulées et ils peuvent être réticulés à la
 chaleur.

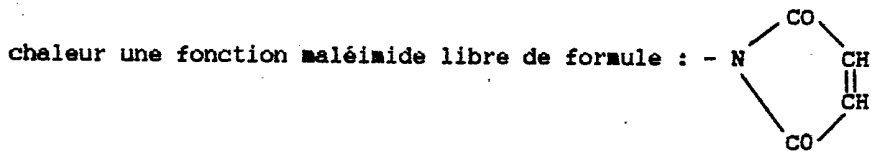
FR 2 649 712 - A1

D

POLY(AMIDE-IMIDE) AROMATIQUES LINEAIRES FONCTIONNALISES
EN BOUT DE CHAINES PAR DES GROUPEMENTS
COMPRENANT UN RESTE A FONCTION MALEIMIDE LATENTE, UN PROCEDE
POUR LEUR PREPARATION ET LEUR EMPLOI POUR NOTAMMENT
PREPARER DES POLYMERES RETICULES

La présente invention concerne de nouveaux poly(amide-imide) aromatiques linéaires dont les chaînes comportent des groupements terminaux comprenant chacun un reste à fonction maléimide latente. Elle concerne également un procédé de préparation de ces poly(amide-imide) fonctionnalisés en bout de chaînes. Elle a trait encore à leur utilisation pour notamment préparer des polymères réticulés.

Dans le présent mémoire, par l'expression "un reste à fonction maléimide latente", on entend définir un radical renfermant une fonction maléimide masquée, qui dans les conditions et au début de la transformation ultérieure des poly(amide-imide) de l'invention, forme sous l'effet de la



(réaction dite de déblocage thermique des fonctions maléimide).

On a déjà décrit dans la demande japonaise JA-A-50/089.499 des poly(amide-imide) fonctionnalisés en bouts de chaînes par des groupements pouvant comprendre chacun un reste à fonction maléimide latente comme un reste nadimido (ou endométhylène-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido) qui sont obtenus en enchaînant les étapes suivantes : réaction de polycondensation en solution entre, notamment, un monoanhydride d'acide tricarboxylique et un excès d'une diamine diprimaire aromatique, puis réaction de condensation de l'acide nadique (ou acide endométhylène-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalique) sur les groupements terminaux NH_2 des oligomères formés à l'issue de la réaction de polycondensation. Toutefois, la mise en oeuvre d'un pareil procédé présente plusieurs inconvénients. Un de ces inconvénients, commun à la plupart des procédés où l'on fait réagir un réactif aminé avec un composé organique carbonyle comme un anhydride d'acide carboxylique, consiste dans la nécessité de réaliser la

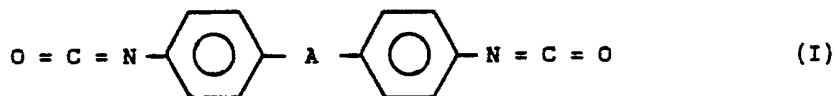
déshydratation cyclisante des poly(amide-acide) formés intermédiairement ; cette réaction étant équilibrée, il faut éliminer l'eau libérée et cette opération de cyclisation ne peut généralement pas être effectuée de manière complète en solution. Un autre inconvénient, qui résulte de l'impossibilité ou tout au moins de la grande difficulté à obtenir une cyclisation complète des poly(amide-acide) formés intermédiairement, consiste dans le développement de réactions secondaires, faisant intervenir les poly(amide-acide) non cyclisés, qui sont responsables d'une fonctionnalisation imparfaite des bouts de chaînes poly(amide-imide) par des groupements à reste nadimido et d'une augmentation des masses moléculaires ; il en résulte une grande difficulté, si non une impossibilité, de pouvoir mettre en oeuvre ces polymères (après déblocage thermique des fonctions maléimide) à des températures égales ou inférieures à 300°C et à des pressions égales ou inférieures à 10 MPa pour fabriquer par exemple des articles conformés par moulage par compression.

Il a maintenant été trouvé, et c'est ce qui constitue l'objet de la présente invention, de nouveaux poly(amide-imide) fonctionnalisés en bouts de chaînes par des groupements comprenant chacun un reste à fonction maléimide latente, qui ne présentent pas les inconvénients mentionnés ci-avant tant à propos de leur procédé de préparation qu'à propos de leur transformation ultérieure.

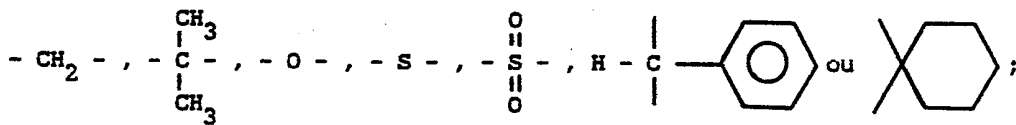
Plus précisément, la présente invention concerne de nouveaux poly(amide-imide) aromatiques linéaires dont les chaînes comportent des groupements terminaux comprenant chacun un reste à fonction maléimide latente, ces poly(amide-imide) étant caractérisés en ce qu'ils sont préparés par un procédé présentant les particularités suivantes :

* on réalise un chauffage, en opérant à une température allant de 50°C à 200°C et en présence d'un solvant organique ou mélange de solvants organiques, des réactifs (i), (2i) et (3i) suivants, lesdits réactifs étant mis à réagir simultanément :

- (i) est un diisocyanate de formule :



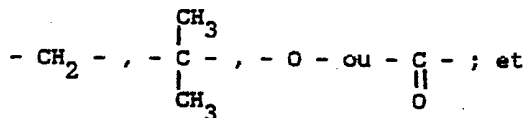
dans laquelle le symbole A représente un lien valentiel simple ou un groupement :



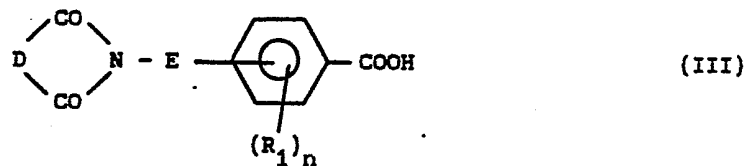
- (2i) est un monoanhydride d'acide tricarboxylique de formule :



dans laquelle le symbole B représente un radical trivalent consistant dans un radical aromatique possédant au moins 6 atomes de carbone, substitués ou non, ou dans deux de ces radicaux reliés entre eux par un lien valentiel simple ou un groupement :



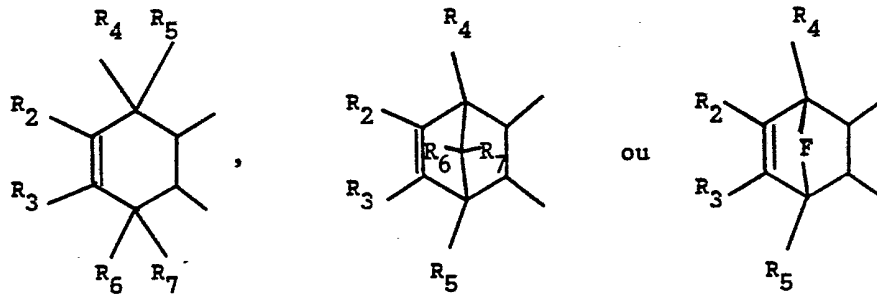
- (3i) un monoacide carboxylique, comprenant un reste à fonction maléimide latente, de formule :



dans laquelle :

- . le symbole R_1 représente un radical méthyle ;
- . n est un nombre entier égal à 0, 1, 2 ou 3 ;
- . le symbole E représente un lien valentiel simple ou un groupement $-CH_2-$ et se trouve en position ortho, méta ou para par rapport à l'atome de carbone du cycle benzénique relié au groupe COOH ;

. le symbole D représente un groupement divalent :



où les symboles R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 et R_7 , identiques ou différents, représentent chacun un atome d'hydrogène ou un radical alkyle, linéaire ou ramifié, ayant de 1 à 4 atomes et le symbole F représente un atome d'oxygène ou de soufre ;

* les proportions respectives des réactifs (i) et (2i) sont choisies de façon à ce que le rapport r :

$$\frac{\text{nombre de moles de diisocyanate (i)}}{\text{nombre de moles d'anhydride (2i)}}$$

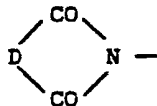
se situe dans l'intervalle allant de 1,05/1 à 2,1 ;

* la proportion du réactif (3i) est choisie de façon que le rapport r' :

$$\frac{\text{nombre de moles d'acide carboxylique (3i)}}{\text{nombre de moles de diisocyanate (i) - nombre de moles d'anhydride (2i)}}$$

soit égal à 2.

D'après les définitions qui précèdent, on comprend que l'expression "reste à fonction maléimide latente" désigne dans la présente invention un reste de formule :



(IV)

dans laquelle D a la signification donnée ci-avant.

A titre d'exemples spécifiques de diisocyanate (i) de formule (I) qui conviennent bien, on peut citer en particulier :

- le diisocyanato-4,4'-diphényl-2,2-propane,
- le diisocyanato-4,4'-diphénylméthane,
- le diisocyanato-4,4'-biphényle,
- le diisocyanato-4,4'-diphénylsulfure,
- le diisocyanato-4,4'-diphénylsulfone,
- le diisocyanato-4,4'-diphényléther,
- le diisocyanato-4,4'-diphényl-1,1-cyclohexane.

On utilise de préférence, pour la mise en oeuvre de la présente invention, le diisocyanato-4,4'-diphénylméthane et le diisocyanato-4,4'-diphényléther.

A titre d'exemples spécifiques de monoanhydrides d'acides tricarboxyliques (2i) de formule (II) qui conviennent bien, on peut citer en particulier :

- le monoanhydride d'acide trimellique,
- le monoanhydride-2,3 d'acide naphthalène-tricarboxylique-2,3,6,
- le monoanhydride-1,8 d'acide naphthalène-tricarboxylique-1,8,4,
- le monoanhydride-1,2 d'acide naphthalène-tricarboxylique-1,2,5,
- le monoanhydride-3,4 d'acide diphényl-tricarboxylique-3,4,4',
- le monoanhydride-3,4 d'acide diphényl-sulfone-tricarboxylique-3,4,3',
- le monoanhydride-3,4 d'acide diphényl-éther-tricarboxylique-3,4,4',
- le monoanhydride-3,4 d'acide benzophénone-tricarboxylique 3,4,4',
- le monoanhydride-3,4 d'acide diphényl-isopropylène-tricarboxylique-3,4,3'.

On utilise de préférence, pour la mise en oeuvre de la présente invention, le monoanhydride d'acide trimellique.

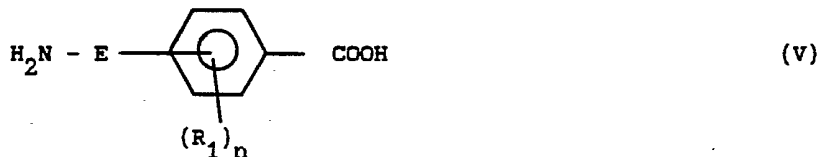
A titre d'exemples spécifiques de monoacides carboxyliques (3i) de formule (III) qui conviennent bien, on peut citer en particulier :

- l'acide (tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-2 benzoïque,
- l'acide (tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-3 benzoïque,
- l'acide (tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-4 benzoïque,
- l'acide nadimido-2 benzoïque ou acide (endométhylène-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-2 benzoïque,

- 1'acide nadimido-3 benzoïque,
- 1'acide nadimido-4 benzoïque,
- 1'acide (α -méthyl-nadimido)-2 benzoïque ou acide (méthyl-4 endométhylène-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-2 benzoïque),
- 1'acide (α -méthyl-nadimido)-3 benzoïque,
- 1'acide (α -méthyl-nadimido)-4 benzoïque,
- 1'acide (endo-oxy-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-2 benzoïque,
- 1'acide (endo-oxy-3,5 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-3 benzoïque,
- 1'acide (endo-oxy-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-4 benzoïque.

On utilise de préférence, pour la mise en oeuvre de la présente invention, 1'acide nadimido-4 benzoïque et 1'acide (α -méthyl-nadimido)-4 benzoïque.

Les monoacides carboxyliques (3i) sont des composés connus, pour la plupart, de l'art antérieur [cf. notamment Chemical Abstracts : 75,35463d (1971) ; 82,133.114e (1975) ; 92,146.595u (1980) ; et 102,148.446v (1985)]. Ils peuvent être préparés notamment en faisant réagir en solution un acide aminocarboxylique de formule :



dans laquelle les symboles R_1 , n et E ont les significations données ci-avant dans la formule (III) avec l'anhydride de formule :



dans laquelle le symbole D a la signification donnée ci-avant dans la formule (III), en opérant en présence d'anhydride acétique et par exemple de triéthylamine et d'un sel de nickel.

La réaction permettant de préparer les poly(amide-imide) selon la présente invention est conduite en milieu homogène par addition aux réactifs (i), (2i) et (3i) d'un solvant ou mélange de solvants communs aux

réactifs et au produit formé. les solvants qui conviennent bien sont les solvants polaires, en particulier le N,N-diméthyl-acétamide, le N,N-diméthylformamide, la N-méthyl-pyrrolidone-2, le diméthyl-sulfoxyde, la tétraméthyl-1,1,3,3 urée, la diméthyl-1,3 urée et un mélange de ces solvants ; ils doivent de plus être parfaitement anhydres.

De manière préférentielle, les proportions des réactifs (1) et (2i) sont choisies de façon que le rapport r :

$$\frac{\text{nombre de moles de diisocyanate (1)}}{\text{nombre de moles d'anhydride (2i)}}$$

se situe dans l'intervalle allant de 1,1/1 à 1,5/1.

La réaction de polymérisation est effectuée à une température comprise entre 50°C et 200°C ; les meilleurs résultats sont obtenus à des températures comprises entre 80°C et 190°C.

Pratiquement, on dissout les réactifs de départ, qui sont engagés ensemble, dans le (ou les) solvant(s) en opérant de préférence à température ambiante (de l'ordre de 20°C à 30°C), puis on élève la température de la solution obtenue à la température de réaction désirée comprise entre 50°C et 200°C, et de préférence entre 80°C et 190°C, soit directement, soit de manière progressive, en opérant généralement sous la pression atmosphérique pendant une durée qui va varier dans une large mesure en fonction des conditions précises de températures adoptées. De manière très préférentielle, le processus opératoire consiste à porter la solution réactionnelle à une température comprise, au début de la réaction, entre 80°C et 110°C puis à élever la température en cours de réaction, de 80°C à 110°C au début de la réaction jusqu'à 160-190°C, en suivant un programme avec une montée en température de l'ordre de +50°C à +110°C au bout d'une unité de temps variant de 1 heure à 3 heures ; une fois la température maximale désirée (entre 160°C et 190°C) atteinte, on pratique encore un palier de chauffage à cette température pendant une durée allant de 2 heures à 4 heures.

La réaction permettant de préparer les poly(amide-imide) selon la présente invention peut être conduite au besoin en présence d'un catalyseur approprié. Les catalyseurs utilisables le cas échéant sont des composés

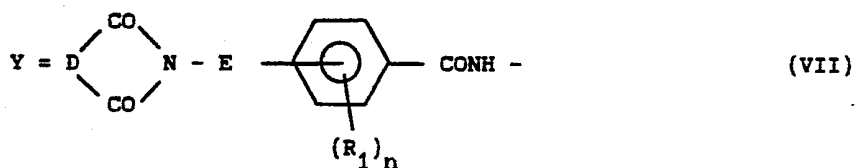
organiques ne comportant pas de groupements fonctionnels à hydrogène mobile susceptible de réagir avec les groupes isocyanates. Conviennent bien dans cette optique notamment les amines tertiaires appartenant à la famille des composés mono- ou polycycliques ayant au moins un atome d'azote tertiaire intra- et/ou extracyclique ; à titre d'exemples spécifiques de catalyseurs utilisables, on peut citer en particulier : le diazo-1,4-bicyclo [2,2,2] octane, les N,N'-dialkylpipérazines, la N-alkylmorpholine, la N-alkylpipéridine dans lesquelles le radical alkyle est un radical méthyle et/ou éthyle. On peut également envisager d'utiliser comme catalyseurs des sels de métaux ; à titre d'exemples spécifiques de pareils catalyseurs, on peut citer en particulier : le dilaurate de dibutylétain, l'acétylacétonate de cobalt.

La quantité de catalyseur, quand on choisit d'en utiliser un, représente généralement de 0,1 à 2 % du poids total des réactifs (i), (2i) et (3i) mis en solution.

En fin de réaction, le poly(amide-imide) est obtenu sous forme de solution. On le fait précipiter par addition dans le milieu réactionnel d'un non-solvant ou d'un mélange de non-solvants et on sépare le polymère précipité du milieu réactionnel. Les non-solvants convenables sont par exemple l'eau, l'acétone, le tétrahydrofurane, le toluène ou tout autre solvant ne solubilisant pas le polymère souhaité. Il est aussi possible d'obtenir le polymère par évaporation du (ou des) solvant(s) du milieu réactionnel dans une étuve ventilée. Une fois séparé et séché, le polymère obtenu se présente sous forme d'une poudre qui peut subir des opérations ultérieures de broyage et de tamisage.

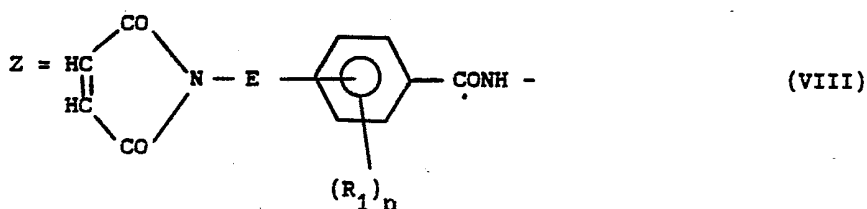
Le déblocage thermique des fonctions maléimide peut être réalisé aisément par simple chauffage du polymère en poudre à une température comprise entre 200°C et 300°C et, de préférence, entre 220°C et 280°C pendant une durée qui va varier en fonction des conditions précises de températures adoptées et est généralement comprise entre 30 minutes et 2 heures. Pendant ce traitement thermique, il se produit la transformation, en bouts de chaînes du poly(amide-imide) :

- des groupements terminaux Y, comprenant chacun un reste à fonction maléimide latente, de formule :



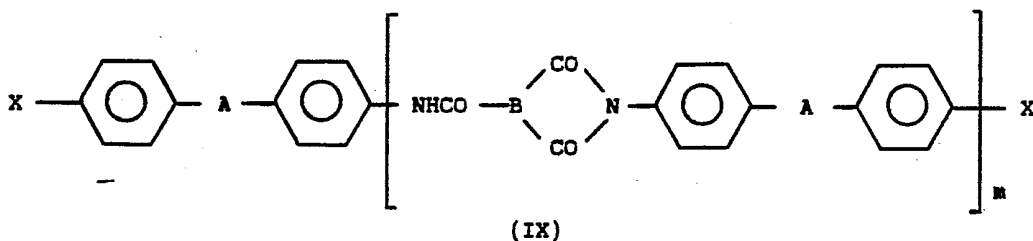
dans laquelle les symboles R_1 , n , E et D ont les significations données ci-avant à propos de la formule (III),

- en groupements terminaux Z , comprenant chacun une fonction maléimide libre, de formule :



dans laquelle les symboles R_1 , n , E et D ont les significations données ci-avant dans la formule (III).

S'agissant de la structure de la chaîne linéaire du poly(amide-imide), elle répond essentiellement à la formule suivante :



dans laquelle : les symboles A et B ont les significations données ci-avant à propos des formules (I) et (II) ; le symbole n représente un nombre au moins égal à 1 et qui se situe de préférence dans l'intervalle allant de 1 à 10 ; $X = Y$ avant déblocage thermique des fonctions maléimide et $X = Z$ après réalisation dudit déblocage.

Les poly(amide-imide) obtenus après réalisation du déblocage thermique des fonctions maléimide peuvent servir avantageusement pour la fabrication de produits conformés en utilisant les techniques du moulage

par compression avec des conditions de températures qui sont égales ou inférieures à 300°C et de pressions qui sont égales ou inférieures à 10 MPa.

Un avantage des poly(amide-imide) obtenus après déblocage thermique des fonctions maléimide réside dans le fait que, grâce à leurs groupements terminaux de type maléimido très réactifs, ils peuvent être transformés, à un moment quelconque de leur mise en forme (de préférence après mise en forme), en polymères réticulés doués d'excellentes propriétés mécaniques et électriques ainsi que d'une grande inertie chimique à des températures de 200°C à 300°C. Cette réticulation est opérée par simple chauffage à une température comprise entre 150°C et 300°C pendant un temps déterminé en présence éventuellement d'un initiateur de polymérisation radicalaire ou d'un catalyseur de polymérisation anionique.

Les poly(amide-imide) obtenus après déblocage thermique des fonctions maléimide peuvent encore être engagés dans des réactions de copolymérisation avec un ou plusieurs autre(s) composé(s) ayant des groupes capables de réagir avec les doubles liaisons réactives des groupements terminaux de type maléimido.

Les exemples qui suivent sont donnés à titre illustratif, mais non limitatif.

EXEMPLE 1 :

Dans un réacteur en verre de 250 cm³, muni d'une agitation centralisée de type ancre, d'un réfrigérant ascendant et d'un système de chauffage à l'aide d'un bain d'huile approprié, réacteur dans lequel on établit une légère surpression d'azote sec, on introduit successivement à température ambiante :

- 19,2 g (0,1 mole) de monoanhydride d'acide trimellique,
- 30,0 g (0,12 mole) de diisocyanato-4,4'-diphénylméthane,
- 11,9 g (0,04 mole) d'acide (α -méthyl-nadimido)-4 benzoïque
- et 189 g de N-méthyl-pyrrolidone-2.

Le mélange réactionnel est agité quelques minutes à température ambiante (23°C), puis il est chauffé à 100°C. L'agitation est poursuivie en suivant le protocole de montée en température ci-après indiqué :

- 2 heures 30 minutes à 100°C, puis chauffage de 100°C à 180°C,
- et 3 heures à 180°C.

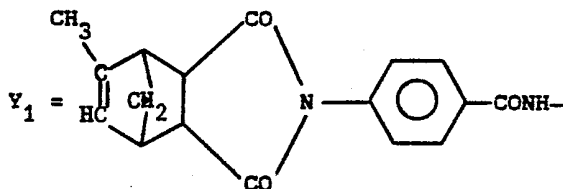
Le collodion ou solution de poly(amide-imide) ainsi obtenu est une masse liquide de couleur rouge sombre ayant un poids de 240 g (elle renferme 51 g de polymère). Par analyse infra-rouge, on ne détecte pas de fonctions NCO non réagie.

Le poly(amide-imide) est précipité par addition d'eau dans la solution où il se trouve dissout. Dans cette optique, on introduit progressivement, sous agitation, 50 g de cette solution dans 500 cm³ d'eau. Le précipité obtenu est filtré, lavé avec de l'eau, puis il est séché à 100°C pendant 24 heures sous un vide de 53,2.10² Pa. La poudre obtenue est ensuite finement broyée et tamisée pour retenir des particules inférieures à 200 µm.

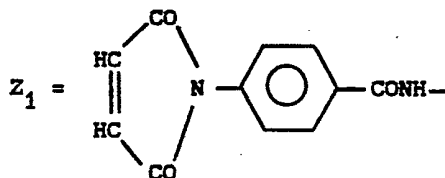
La poudre de poly(amide-imide) de granulométrie inférieure à 200 µm obtenue est ensuite chauffée à 250°C pendant 1 heure.

Pendant ce traitement thermique, il se produit simultanément un dégagement de méthylcyclopentadiène et la transformation, en bouts de chaînes du poly(amide-imide) :

- des groupements terminaux Y₁, comprenant chacun un reste α-méthyl-nadimido, de formule :

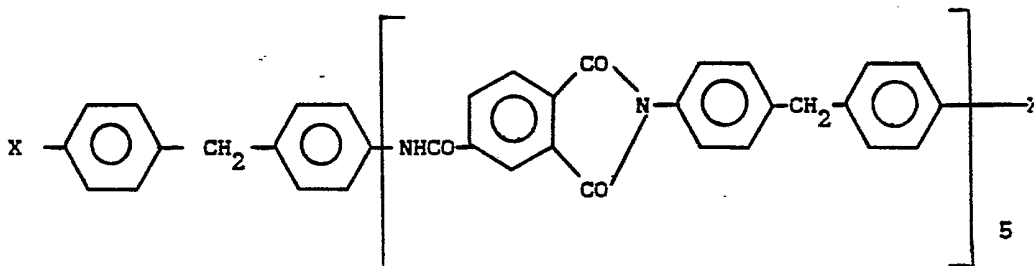


- en groupements terminaux Z₁, comprenant chacun une fonction maléimide libre, de formule :



La formation des fonctions maléimide libres est suivie par analyse infra-rouge et par des mesures de perte de poids par thermo-gravimétrie, et on constate que la transformation précitée est bien complète à l'issue du traitement thermique effectué (1 heure à 250°C).

S'agissant de la structure de la chaîne linéaire du poly(amide-imide), elle répond essentiellement à la formule suivante :



dans laquelle : avant déblocage thermique des fonctions maléimides $X = Y_1$, et après ledit déblocage $X = Z_1$.

La poudre obtenue après réalisation du déblocage thermique des fonctions maléimide est introduite, en quantité de 7,5 g, dans un moule cylindrique (diamètre : 5 cm) et on installe l'ensemble entre les deux plateaux circulaires d'une presse (ces plateaux sont adaptés à la taille du moule et préchauffés à 300°C) sur lesquels on applique une pression de 1,47 MPa. Lorsque la température de la matière atteint 250°C, on applique une pression de 4,41 MPa. Lorsque l'équilibre thermique est atteint, c'est-à-dire lorsque la température de la matière est à 300°C, on maintient l'ensemble dans ces conditions pendant 1 heure encore. On laisse ensuite refroidir le moule et son contenu pendant 12 heures sous 1 MPa de pression. Après démoulage, on obtient un objet moulé cylindrique (diamètre : 5 cm ; hauteur : 3 mm) que l'on place dans une étuve préchauffée à 250°C pendant 16 heures. Au bout de ce temps, l'objet moulé présente les caractéristiques mécaniques en flexion suivantes (mesurées selon les indications de la norme ASTM D 790 M ; portée 35 mm) :

- résistance en flexion : 140 MPa,
- module en flexion : 3500 MPa.

La température de transition vitreuse du polymère de l'objet moulé déterminée par des mesures en TMA ("Thermal Mechanical Analysis" ou Analyse Mécanique Thermique ; norme : ASTM E 831-81 avec une vitesse de

montée en température de 5°C/min) est de 280°C.

L'objet moulé est soumis à un vieillissement thermique de 3000 heures à 290°C : au bout de ce temps, il ne présente aucune dégradation apparente, fissuration ou formation de cloques.

Description du procédé de préparation de l'acide (α -méthyl-nadimido)-4 benzoïque :

Dans un réacteur agité, muni d'un réfrigérant ascendant et préchauffé à 60°C à l'aide d'un bain d'huile approprié, on introduit simultanément en 10 minutes :

- 68,5 g (0,500 mole) d'acide amino-4 benzoïque en solution dans 300 cm³ d'acétone, et
- 97,9 g (0,550 mole) d'anhydride α -méthyl-nadique ou anhydride méthyl-4 endométhylène-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalique.

On laisse réagir pendant 20 minutes sous agitation. Au bout de ce temps, on introduit successivement :

- 16,7 g (0,165 mole) de triéthylamine,
- 0,55 g d'acétate de nickel, et
- 61,2 g (0,600 mole) d'anhydride acétique.

On laisse réagir à 60°C pendant 3 heures 15 minutes sous agitation. Au bout de ce temps, on refroidit jusqu'à 20°C, ce qui provoque la formation d'un précipité beige. On précipite complètement le produit par ajout de 500 cm³ d'eau glacée.

Après filtration, le produit obtenu est purifié par traitement avec 300 cm³ de toluène dans le réacteur décrit plus haut, préchauffé à 110°C : on laisse sous agitation pendant 1 heure et, au bout de ce temps, on refroidit jusqu'à 20°C et on filtre le produit blanc obtenu. Après séchage à 100°C, sous 53.10² Pa pendant 12 heures, on obtient 84,7 g d'un produit blanc présentant un point de fusion de 220°C mesurée par analyse thermique différentielle et ayant une structure conforme à celle de l'acide (α -méthyl-nadimido)-4 benzoïque selon les analyses RMN du proton effectuées.

EXEMPLE 2 :

On opère comme indiqué ci-avant à l'exemple 1, mais à partir des charges suivantes :

- 55 g (0,22 mole) de diisocyanato-4,4'-diphénylméthane,
- 38,4 g (0,20 mole) de monoanhydride d'acide trimellique,
- 11,9 g (0,04 mole) d'acide (α -méthyl-nadimido)-4 benzoïque
- et 246 g de N-méthyl-pyrrolidone-2.

On laisse réagir pendant 5 heures 30 minutes, sous agitation, en suivant le protocole de montée en température indiqué à l'exemple 1.

Le collodion ou solution de poly(amide-imide) ainsi obtenu est une masse liquide de couleur rouge sombre ayant un poids de 332 g (elle renferme 86 g de polymère). Par analyse infra-rouge, on ne détecte pas de fonctions anhydride et NCO dans le collodion.

La précipitation du collodion dans l'eau ainsi que le lavage et le séchage du précipité formé sont identiques aux opérations décrites à l'exemple 1. On obtient une poudre beige qui est ensuite broyée finement et tamisée en particules inférieures à 200 μ m.

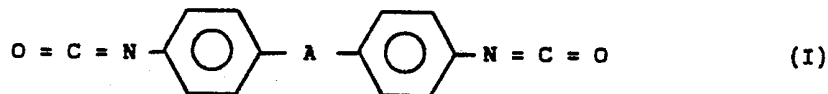
On procède ensuite au déblocage thermique des fonctions maléimide, puis à l'opération de moulage en utilisant là aussi les méthodes décrites à l'exemple 1. Dans ce second exemple, l'objet moulé cylindrique obtenu est soumis à un recuit dans une étuve préchauffée à 250°C pendant 48 heures (au lieu de 16 heures dans l'exemple 1) : la température de transition vitreuse du polymère de l'objet moulé est trouvée égale à 280°C.

REVENDEICATIONS

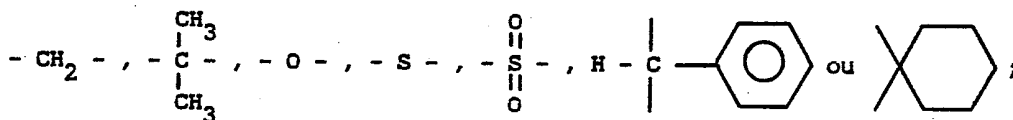
1/ Poly(amide-imide)aromatiques linéaires dont les chaînes comportent des groupements terminaux comprenant chacun un reste à fonction maléimide latente, ces poly(amide-imide) étant caractérisés en ce qu'ils sont préparés par un procédé présentant les particularités suivantes :

* on réalise un chauffage, en opérant à une température allant de 50°C à 200°C et en présence d'un solvant organique ou mélange de solvants organiques, des réactifs (1), (2i) et (3i) suivants, lesdits réactifs étant mis à réagir simultanément :

- (1) est un diisocyanate de formule :



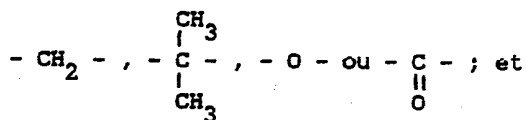
dans laquelle le symbole A représente un lien valentiel simple ou un groupement :



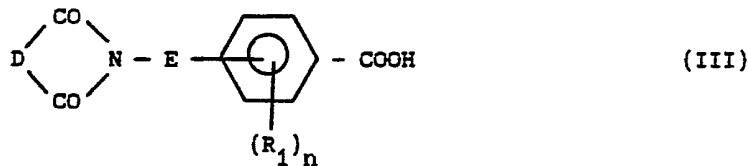
- (2i) est un monoanhydride d'acide tricarboxylique de formule :



dans laquelle le symbole B représente un radical trivalent consistant dans un radical aromatique possédant au moins 6 atomes de carbone, substitués ou non, ou dans deux de ces radicaux reliés entre eux par un lien valentiel simple ou un groupement :

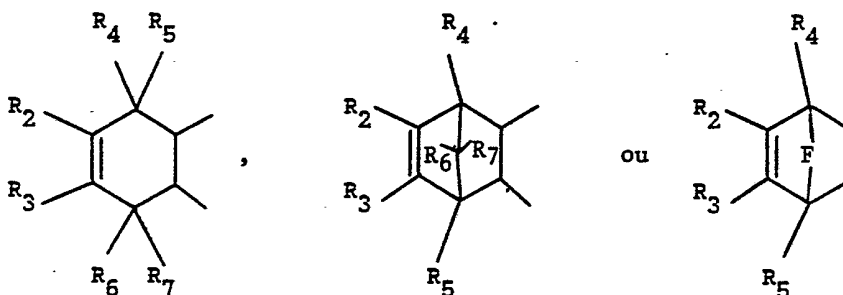


- (3i) un monoacide carboxylique, comprenant un reste à fonction maléimide latente, de formule :



dans laquelle :

- . le symbole R_1 représente un radical méthyle ;
- . n est un nombre entier égal à 0, 1, 2 ou 3 ;
- . le symbole E représente un lien valentiel simple ou un groupement $-CH_2-$ et se trouve en position ortho, méta ou para par rapport à l'atome de carbone du cycle benzénique relié au groupe $COOH$;
- . le symbole D représente un groupement divalent :



où les symboles R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 et R_7 , identiques ou différents, représentent chacun un atome d'hydrogène ou un radical alkyle, linéaire ou ramifié, ayant de 1 à 4 atomes et le symbole F représente un atome d'oxygène ou de soufre ;

* les proportions respectives des réactifs (i) et (2i) sont choisies de façon à ce que le rapport r :

$$\frac{\text{nombre de moles de diisocyanate (i)}}{\text{nombre de moles d'anhydride (2i)}}$$

se situe dans l'intervalle allant de 1,05/1 à 2,1 ;

* la proportion du réactif (3i) est choisie de façon que le

rapport r' :

$$\frac{\text{nombre de moles d'acide carboxylique (3i)}}{\text{nombre de moles de diisocyanate (i) - nombre de moles d'anhydride (2i)}}$$

soit égal à 2.

2/ Poly(amide-imide) selon la revendication 1, caractérisés en ce que le diisocyanate (i) de formule (I) est choisi dans le groupe formé par :

- le diisocyanato-4,4'-diphényl-2,2-propane,
- le diisocyanato-4,4'-diphénylméthane,
- le diisocyanato-4,4'-biphényle,
- le diisocyanato-4,4'-diphénylsulfure,
- le diisocyanato-4,4'-diphénylsulfone,
- le diisocyanato-4,4'-diphényléther,
- le diisocyanato-4,4'-diphényl-1,1-cyclohexane.

3/ Poly(amide-imide) selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisés en ce que le monoanhydride d'acide tricarboxylique (2i) de formule (II) est choisi dans le groupe formé par :

- le monoanhydride d'acide trimellique,
- le monoanhydride-2,3 d'acide naphtalène-tricarboxylique-2,3,6,
- le monoanhydride-1,8 d'acide naphtalène-tricarboxylique-1,8,4,
- le monoanhydride-1,2 d'acide naphtalène-tricarboxylique-1,2,5,
- le monoanhydride-3,4 d'acide diphényl-tricarboxylique-3,4,4',
- le monoanhydride-3,4 d'acide diphényl-sulfone-tricarboxylique-3,4,3',
- le monoanhydride-3,4 d'acide diphényl-éther-tricarboxylique-3,4,4',
- le monoanhydride-3,4 d'acide benzophénone-tricarboxylique 3,4,4',
- le monoanhydride-3,4 d'acide diphényl-isopropylène-tricarboxylique-3,4,3'.

4/ Poly(amide-imide) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisés en ce que le monoacide carboxylique (3i), comprenant un reste à fonction maléimide lente, de formule (III) est choisi dans le

groupe formé par :

- 1'acide (tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-2 benzoïque,
- 1'acide (tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-3 benzoïque,
- 1'acide (tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-4 benzoïque,
- 1'acide nadimido-2 benzoïque ou acide (endométhylène-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-2 benzoïque,
- 1'acide nadimido-3 benzoïque,
- 1'acide nadimido-4 benzoïque,
- 1'acide (α -méthyl-nadimido)-2 benzoïque ou acide (méthyl-4 endométhylène-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-2 benzoïque),
- 1'acide (α -méthyl-nadimido)-3 benzoïque,
- 1'acide (α -méthyl-nadimido)-4 benzoïque,
- 1'acide (endo-oxy-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-2 benzoïque,
- 1'acide (endo-oxy-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-3 benzoïque,
- 1'acide (endo-oxy-3,6 tétrahydro-1,2,3,6 phtalimido)-4 benzoïque.

5/ Procédé de préparation des poly(amide-imide) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on dissout les réactifs de départ (i), (2i) et (3i), qui sont engagés ensemble, dans un solvant organique ou dans un mélange de solvants organiques en opérant à température ambiante, de l'ordre de 20°C à 30°C, puis on élève la température de la solution obtenue à la température de réaction désirée comprise entre 50°C et 200°C et, de préférence, entre 80°C et 190°C.

6/ Procédé de préparation selon la revendication 5, caractérisé en ce que les solvants mis en oeuvre sont pris dans le groupe formé par : le N,N-diméthyl-acétamide, le N,N-diméthylformamide, la N-méthyl-pyrrolidone-2, le diméthyl-sulfoxyde, la tétraméthyl-1,1,3,3 urée, la diméthyl-1,3 urée et un mélange de ces solvants.

7/ Utilisation des poly(amide-imide) fonctionnalisés en bout de chaîne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 pour la préparation de polymères réticulés qui consiste : dans un premier temps à réaliser le déblocage thermique des fonctions maléimide par simple chauffage du polymère en poudre à une température comprise entre 220°C et 280°C pendant

une durée allant de 30 minutes à 2 heures ; puis, dans un second temps, à soumettre le polymère débloqué obtenu à un chauffage à une température comprise entre 150°C et 300°C en présence éventuellement d'un initiateur de polymérisation radicalaire ou d'un catalyseur de polymérisation anionique.