



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 33482 B1**
- (51) Cl. internationale : **G01N 11/00; G01N 33/44; G01N 11/08**
- (43) Date de publication : **01.08.2012**
-
- (21) N° Dépôt : **33544**
- (22) Date de Dépôt : **21.01.2011**
- (71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE HASSAN II AIN CHOCK CASABLANCA, Présidence de l'université Hassan II - Aïn Chock - , 19 rue Tarik Bnou Ziad Casablanca (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **Abdellah HADDOUT ; Mohamed MAZOUZI ; Fatiha RHRICH ; Mariam BENCHADOU**
- (74) Mandataire : **Sanaa MAJID**
-
- (54) Titre : **Appareil pour mesures rhéologiques en ligne et autorégulation des procédés industriels de mise en forme des matières plastiques**
- (57) Abrégé : L'INVENTION TROUVE UNE APPLICATION AVANTAGEUSE DANS LE DOMAINE DE L'INDUSTRIE DES MATIÈRES PLASTIQUES, ET PARTICULIÈREMENT DANS LES PROCÉDÉS DE MISE EN FORME PAR L'INJECTION ET PAR L'EXTRUSION DES DITES MATIÈRES PLASTIQUES. L'APPAREIL PERMET L'AUTORÉGULATION DES MACHINES D'INJECTION ET D'EXTRUSION DES MATIÈRES PLASTIQUES. L'APPAREIL PERMET L'ÉTUDE DU COMPORTEMENT THERMORHÉOLOGIQUE DES MATIÈRES PASTIQUES EN LIGNE DANS LES CONDITIONS INDUSTRIELLES DE MISE EN FORME PAR INJECTION ET EXTRUSION. IL CONVIENT À SOULIGNER QUE L'APPAREIL PERMET AUSSI L'ÉTUDE DE LA COMPRESSIBILITÉ DES POLYMÈRES AMORPHES OU SEMI-CRISTALLINS. LES ÉTUDES PEUVENT ÊTRE PORTÉES SUR DIFFÉRENTS FORMES DE MATÉRIAUX THERMOPLASTIQUES: VIÈRGES, RECYCLÉS, MÉLANGES, COMPOSITES, BIOMATÉRIAUX, NANOMATÉRIAUX... AUSSI LE BUT DE LA PRÉSENTE INVENTION EST DE PERMETTRE: LA MAÎTRISE DES PHÉNOMÈNES THERMIQUES RENCONTRÉS EN INJECTION ET EN EXTRUSION: AUTO-ÉCHAUFFEMENT AU COURS DE LA PLASTIFICATION ET REFROIDISSEMENT DANS LES MOULES D'INJECTION ET PASSAGE DANS LES FILIÈRES D'EXTRUSION. LA MAÎTRISE DES PROBLÈMES DE RETRAIT ET DE GLISSEMENT LIÉS À LA COMPRESSIBILITÉ DES MATÉRIAUX POLYMÈRES INDUSTRIELS. L'OPTIMISATION DANS LA CONCEPTION D'OUTILLAGES POUR LA MISE EN FORME L'ANALYSE DES PHÉNOMÈNES D'ÉCOULMEMENT LORS DE LA MISE EN FORME LA MAITRISE

DES PROBLÈMES D'ÉLASTICITÉ DES MATÉRIAUX PLASTIQUES L'OPTIMISATION DU
CYCLE DE PRODUCTION LA MAÎTRISE DE LA QUALITÉ DES PIÈCES PRODUITES

01 AOUT 2012
33482

1- Abrégé

L'invention trouve une application avantageuse dans le domaine de l'industrie des matières plastiques, et particulièrement dans les procédés de mise en forme par l'injection et par l'extrusion des dites matières plastiques.

L'appareil permet l'autorégulation des machines d'injection et d'extrusion des matières plastiques.

L'appareil permet l'étude du comportement thermorhéologique des matières plastiques en ligne dans les conditions industrielles de mise en forme par injection et extrusion.

Il convient à souligner que l'appareil permet aussi l'étude de la compressibilité des polymères dans les conditions d'injection. Les essais peuvent être effectués sur les polymères amorphes ou semi-cristallins.

Les études peuvent être portées sur différents formes de matériaux thermoplastiques: vierges, recyclés, mélanges, composites, biomatériaux, nanomatériaux....

Aussi le but de la présente invention est de permettre :

- La maîtrise des phénomènes thermiques rencontrés en injection et en extrusion: auto-échauffement au cours de la plastification et refroidissement dans les moules d'injection et passage dans les filières d'extrusion.
- La maîtrise des problèmes de retrait et de glissement liés à la compressibilité des matériaux polymères industriels.
- L'optimisation dans la conception d'outillages pour la mise en forme
- L'analyse des phénomènes d'écoulement lors de la mise en forme
- La maîtrise des problèmes d'élasticité des matériaux plastiques
- L'optimisation du cycle de production
- La maîtrise de la qualité des pièces produites

2-DESCRIPTION

La présente invention a pour objet de fournir un appareillage universel permettant la détermination des propriétés rhéologiques différentes telles que la viscosité, l'élasticité et/ou la compressibilité, dans les conditions réelles de transformation par injection, ou extrusion sans perturbation du cycle de transformation en un minimum de temps et avec une grande précision. L'appareil est équipé d'une filière de hauteur et de diamètre variables, en particulier l'utilisation de diamètres inférieurs à 2,5 mm qui nécessitent le développement de capteurs de pressions et de températures spéciaux, de diamètre au moins égal à 2mm et de grande stabilité thermique. Avec nos filières interchangeables, on couvre des taux de cisaillement variant entre $10s^{-1}$ et 10^7s^{-1} .

Cette plage de taux de cisaillement couvre bien les taux de cisaillement atteints en production industrielle (10^2s^{-1} à 10^6s^{-1}) et particulièrement lors de la fabrication des pièces techniques à paroi variable. Ainsi, la présence de trois capteurs de pression dans la filière et au moins et deux capteurs de température au moins en amont et en aval de la filière au contact de la matière et la possibilité d'atteindre des taux de cisaillement assez élevés permettent d'étudier d'autres phénomènes physiques autres que la viscosité tels que :

- **L'élasticité de la matière:** paramètre très important dans la mise en œuvre des polymères: la connaissance de ce paramètre permet de définir la limite des contraintes à appliquer à la matière ainsi que l'état de surface de l'outillage.

- **La compressibilité de la matière:** qui se manifeste à partir des taux de cisaillement de 10^5s^{-1} environ correspondant à des pressions d'injection de 800 à 900 bars suivant la nature de la matière et cela conduit à une diminution du volume libre et donc à une augmentation exponentielle de la viscosité en fonction de la pression, lorsqu'on dépasse 1000 bars la valeur de la viscosité est multipliée par trois,(en production industrielle la pression d'injection varie entre 750 et 1900bars).

- **L'auto-échauffement de la matière:** pour des taux de cisaillement proches de 10^5s^{-1} , la température varie de 10 à 15°C entre l'entrée et la sortie de la filière ce qui influence les valeurs de la viscosité et l'élasticité de la matière. Cela est dû en particulier à la faible conductivité thermique des polymères et à leur forte viscosité. La mesure de cette variation de température permet la connaissance exacte des valeurs de viscosité et d'élasticité de la matière et conduit ainsi à une évaluation de l'auto-échauffement de la matière au cours de l'écoulement de la matière dans les outillages de mise en forme par extrusion et par injection.
- **Le glissement à la paroi de la filière:** à partir des taux de cisaillement de 10^4s^{-1} , un nombre important de polymères présentent des phénomènes de glissement à la paroi de la filière qui se caractérise par une augmentation de la vitesse de la matière dans la filière et une chute de pression. La connaissance de ce paramètre permet les corrections sur les valeurs de la viscosité et conduit à une adaptation de l'état de surface de l'outillage de transformation.
- **La séparation des phases:** dans le cas des mélanges de polymères: à partir de taux de cisaillement de 10^3s^{-1} , selon la concentration relative des constituants et leur viscosité relative, on observe des séparations de phases qui se caractérisent par une chute de pression brusque dans la filière. Cette mesure permet de définir la limite du cisaillement des mélanges et d'établir ainsi les conditions de mise en œuvre optimum.

Les différents paramètres cités ci-dessus ne peuvent être étudiés avec l'art antérieur en particulier dans les conditions de production industrielle. Notre invention vient non seulement de compléter et améliorer l'invention de Haddout et coll., mais aussi développer un système complet d'autorégulation des machines industrielles de mise en forme des matières plastiques. En effet, cinq points originaux sont à distinguer parmi d'autres dans cette invention:

- 1- la présence de capteurs de pressions dans la filière (capillaire), à des positions bien précises et au contact de la matière polymère permet la mesure de la contrainte réelle de

cisaillement à la paroi avec précision donc la viscosité de la matière est déterminée avec une grande précision.

2- la présence de trois capteurs minimum dans la filière permet l'évaluation de l'élasticité des polymères, grandeur rhéologique à laquelle on n'a pas accès avec d'autres appareillages.

3- La possibilité de varier la longueur et le diamètre de la filière dans la présente invention ouvre un champ large d'études suivant la nature des polymères (produits de base, composites, mélanges, élastomères etc...) donc permet l'accès à d'autres paramètres indispensables pour la transformation, telles que la compressibilité de la matière en fonction de la pression, le glissement à la paroi en particulier dans le cas des élastomères, les phénomènes de séparation de phases en fonction du taux de cisaillement dans le cas des mélanges de polymères etc...

4- la présence de capteurs de température au contact de la matière permet la mesure avec précision de la température du polymère, paramètre indispensable pour l'étude des caractéristiques rhéologiques de la matière et qui conditionne en grande partie la transformation. Ainsi, la présence de deux capteurs de température en amont et en aval de la filière (104 et 105) permet l'étude du phénomène d'auto-échauffement de la matière.

5- le système d'acquisition de données intégré au microprocesseur permet non seulement l'enregistrement et la présentation des propriétés rhéologiques mais, également la détermination d'une loi de comportement du matériau basée sur les données expérimentales. Cette loi est indispensable pour la modélisation de l'écoulement des polymères au cours de la transformation. Enfin, ce système permet, en présence des capteurs dans le moule, d'étudier le comportement de la matière dans les canaux d'alimentation et dans l'empreinte du moule.

3-REVENDICATIONS

- 1- L'appareil (100), (figure 1) est destiné à être disposé en sortie d'une vis (303) de machine de production industrielle des matières plastiques extrusion ou injections. La figure 2 présente un descriptif du rhéomètre et la figure 3 présente un exemple type de l'installation et de fonctionnement sur machine industrielle. La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.
- 2- Le dispositif suivant les revendications 1 caractérisé en ce qu'il comporte un corps (107) adaptable sur le fourreau de la machine, une buse (101) de géométrie bien déterminée avec forme extérieure et de rapport L/D variables.
- 3- L'appareil est équipé d'une filière (102) dont l'état de surface intérieure est ajusté et de rugosité bien déterminée, selon la nature du polymère à étudier. La dite filière (102) est de diamètre (D) et de longueur(L) variables ($1\text{mm} \leq D \leq 4\text{mm}$; $20\text{mm} \leq L \leq 100\text{mm}$).
- 4- Dans la filière (102) selon l'une quelconque des revendications précédentes, sont placés au moins trois capteurs de pression(103) ou de températures (104) interchangeables. De même, en amont et en aval de la filière sont placés les capteurs de pressions et de températures de grande précision et de bonne stabilité thermique. Le corps du rhéomètre est enveloppé d'une résistance chauffante (106) permettant la variation de la température et la régulation thermique de ce dernier. Le corps du rhéomètre (100) est composé d'au moins trois parties variables.
- 5- L'ensemble des capteurs selon l'une quelconque des revendications précédentes, sont reliés à un système d'acquisition, d'enregistrement et de traitement de données placé directement dans le microprocesseur (400) de la machine. De même, le système d'acquisition permet le traitement d'informations enregistrées sur la partie moule (200) de la machine.
- 6- Le rhéomètre selon l'une quelconque des revendications précédentes est caractérisé en ce que la filière (102) est démontable et interchangeable avec une autre filière de rapport L/D différent et/ou d'état de surface différente et/ou de positions de capteurs de pression et de températures différentes.

4- SCHEMAS

(100)

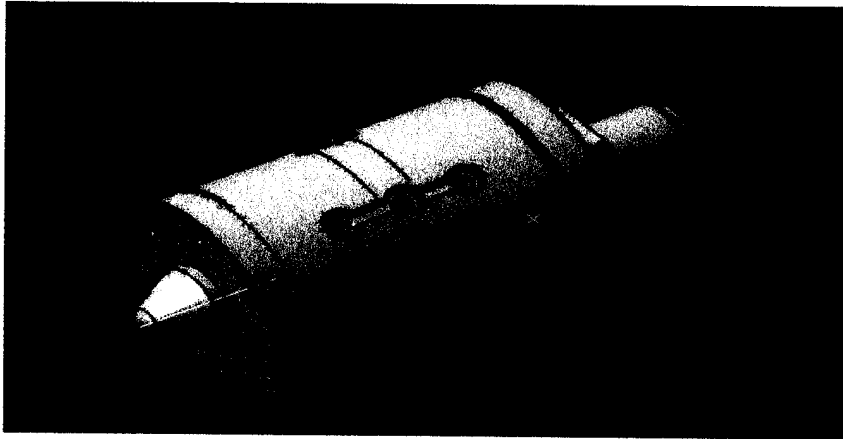


Figure N° 1

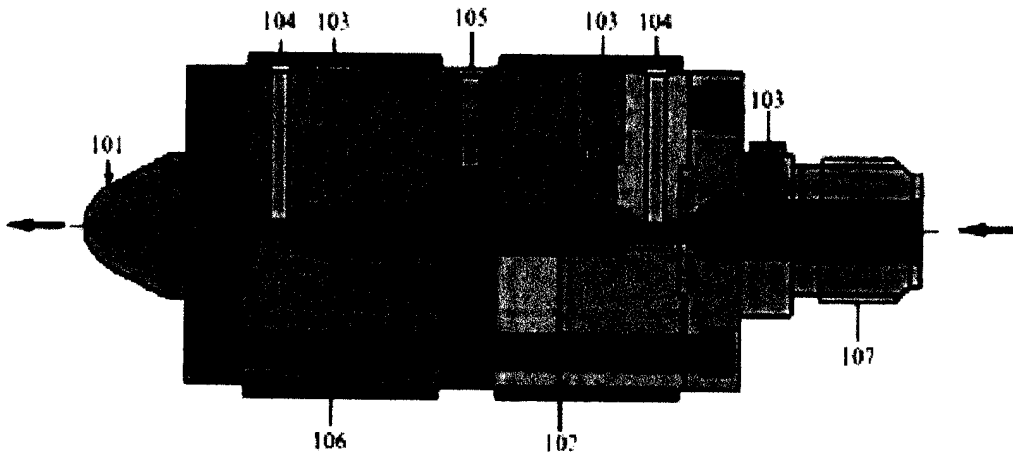


Figure N°2

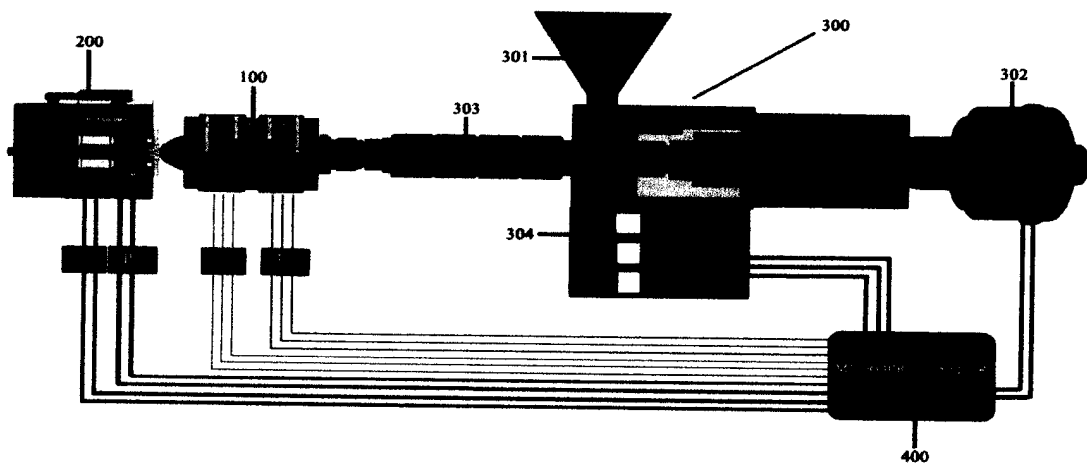


Figure N°3