

Οργανισμός
Βιομηχανικής
Ιδιοκτησίας (ΟΒΙ)



(21) Αριθμός αίτησης: GR 20240100377

(12) ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΥΡΕΣΙΤΕΧΝΙΑΣ (B)

(47) Ημ/νία Δημοσίευσής: 29.04.2025

(11) Αριθμός Χορήγησης: 1010930

(22) Ημ/νία Κατάθεσης: 16.05.2024

(51) Διεθνής Ταξινόμηση (Int. Cl.):

B01D 63/00 (2024.01) B01D 61/48 (2024.01)
B01D 61/46 (2024.01) C02F 1/00 (2024.01)
C02F 1/469 (2024.01) A61L 2/02 (2024.01)

(45) Ημ/νία Δημοσίευσης της Χορήγησης:
14.05.2025 ΕΔΒΙ 4/2025

(71) Αρχικός (οί) Καταθέτης (ες):
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε.Κ.Ε.Τ.Α.); 6ο χλμ. Χαριλάου-Θέρμης, ΤΘ
60361, 57001 ΘΕΡΜΗ (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ) - GR.

(72) Εφευρέτης (ες):
ΚΛΑΔΟΒΑΣΙΛΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ; , GR.
ΤΖΟΒΑΡΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ; , GR.
ΠΕΧΛΙΒΑΝΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ-ΜΑΡΙΑ ΘΕΟΧΑΡΗ; , GR. ΠΕΜΑΣ
ΣΩΤΗΡΙΟΣ; , GR.

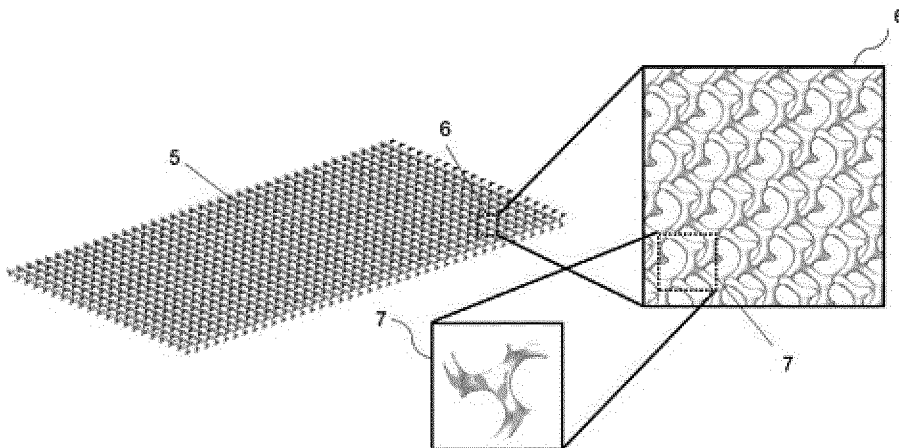
(73) Δικαιούχος (οί):
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε.Κ.Ε.Τ.Α.); 6ο χλμ. Χαριλάου-Θέρμης, ΤΘ
60361, 57001 ΘΕΡΜΗ (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ) - GR.

(74) Πληρεξούσιος:
ΜΠΑΝΤΕΚΑ ΙΩΑΝΝΑ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ; Βυζαντίου 12, 17121
ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ (ΑΤΤΙΚΗΣ).

(54) Τίτλος (Ελληνικά)
ΑΠΟΣΤΑΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΜΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ

(54) Τίτλος (Αγγλικά)
MEMBRANE SYSTEM SPACERS WITH OPEN MESH THREE-DIMENSIONAL SPACE-FRAME GEOMETRY

(57) Περίληψη
Αποστάτες διαχείρισης και διαχωρισμού συστατικών ρευστού (3) που αποτελούνται από προηγμένες γεωμετρίες πλέγματος TPMS με μορφολογίες Γυροειδούς (5), S. Διαμάντι (8) και Διαχωριστή P(11) αναπτύχθηκαν με στόχο τη βελτιστοποίηση της μεταφοράς θερμότητας και μάζας, την ενίσχυση της ροής του ρευστού, την βελτίωση της κατακράτησης ρυπογόνων συστατικών ρευστών, την επίτευξη και διατήρηση του επιθυμητού διαχωρισμού συστατικών, την ελαχιστοποίηση κατανάλωσης ενέργειας, την σταθερότητα των μεμβρανών στο σύστημα και την αύξηση του προσδόκιμου ζωής των αποστατών αλλά και συνολικά του συστήματος μεμβρανών. Τέλος, οι αποστάτες αυτοί αναπτύχθηκαν έτσι ώστε να μπορούν να τυλιχθούν σε καρούλια ώστε να είναι δυνατή η άμεση εμπορική αξιοποίησή τους.



GR 20240100377 GR 1010930

ΠΕΡΙΛΗΨΗ
ΑΠΟΣΤΑΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΜΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥ
ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ
ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ

5

Αποστάτες διαχείρισης και διαχωρισμού συστατικών ρευστού (3) που αποτελούνται από προηγμένες γεωμετρίες πλέγματος TPMS με μορφολογίες Γυροειδούς (5), S. Διαμάντι (8) και Διαχωριστή P(11) αναπτύχθηκαν με στόχο της βελτιστοποίησης της μεταφοράς θερμότητας και μάζας, την ενίσχυση της ροής του ρευστού, την βελτίωση της κατακράτησης ρυπογόνων συστατικών ρευστών, την επίτευξη και διατήρηση του επιθυμητού διαχωρισμού συστατικών, την ελαχιστοποίηση κατανάλωσης ενέργειας, την σταθερότητα των μεμβρανών στο σύστημα και την αύξηση του προσδόκιμου ζωής των αποστατών αλλά και συνολικά του συστήματος μεμβρανών. Τέλος, οι αποστάτες αυτοί αναπτύχθηκαν έτσι ώστε να μπορούν να τυλιχθούν σε καρούλια ώστε να είναι δυνατή η άμεση εμπορική αξιοποίησή τους.

10

15

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
ΑΠΟΣΤΑΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΜΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥ
ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ
ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ

5

Η παρούσα εφεύρεση αφορά την ανάπτυξη και κατασκευή αποστατών για συστήματα μεμβρανών. Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα εφεύρεση αναφέρεται στην ανάπτυξη και κατασκευή αποστατών με γεωμετρικά μοτίβα για την επίτευξη βέλτιστων καναλιών κατά μήκος της επιφάνειας μεμβρανών για αποδοτικότερες διαδικασίες διαχωρισμού αερίων ή υγρών.

Η ζήτηση για συστήματα μεμβρανών συνεχώς αυξάνεται μιας και λόγω της εξέλιξης της έρευνας και των τεχνολογιών αξιοποιούνται σε όλο και περισσότερες εφαρμογές ώσμωσης και διαχωρισμού. Ένα απλό σύστημα μεμβρανών αποτελείται από δυο ξεχωριστά μέρη, τη μεμβράνη και τους αποστάτες. Η μεμβράνη μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα λεπτό φράγμα ή φιλμ που επιτρέπει επιλεκτικά να περάσουν ορισμένες ουσίες ενώ εμποδίζει άλλες. Από την άλλη μεριά, οι αποστάτες είναι δομές που τοποθετούνται μεταξύ των μεμβρανών που εμπεριέχονται σε ένα σύστημα μεμβρανών, για παράδειγμα σε ένα σύστημα 15 φιλτραρίσματος για να δημιουργήσουν κανάλια διάχυσης που διευκολύνουν τη ροή του ρευστού. Οι αποστάτες διατηρούν την απόσταση μεταξύ των μεμβρανών, αποτρέποντας την μεταξύ τους επαφή και διασφαλίζοντας τη σωστή κατανομή της ροής. Ένας ιδανικός 20 αποστάτης εξισορροπεί την υψηλή ροή και τη χαμηλή πτώση πίεσης ενώ ελαχιστοποιεί τη ρύπανση των μεμβρανών αυξάνοντας την επιφάνεια επαφής του ρευστού με τη μεμβράνη και μειώνοντας τις νεκρές ζώνες. Συνεπώς, οι αποστάτες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο μεταξύ των μεμβρανών δημιουργώντας ένα ικανό διάκενο μεταξύ τους 30 αποτρέποντας την έμφραξη αυτών και την βελτίωση της λειτουργία τους ενισχύοντας τη ροή της ύλης μέσω των καναλιών της επιφάνειας τους, επηρεάζοντας σημαντικά την απόδοση ενός συστήματος μεμβρανών μετριάζοντας το φαινόμενο της πόλωσης - συγκέντρωσης και συμβάλλοντας στην καλύτερη διαχείριση της ροής ενός ρευστού στις 35 διαδικασίες φιλτραρίσματος οδηγώντας σε μείωση της δημιουργίας στρώματος συμπυκνώματος. Ο σχεδιασμός καινοτόμων αποστατών με βέλτιστη γεωμετρία δομής πλέγματος με στόχο μεγαλύτερων καναλιών κατά μήκος της επιφάνειας των μεμβρανών συμβάλλει στην βελτιωμένη μεταφορά μάζας, θερμότητας και στον καλύτερο διαχωρισμό των 40 στοιχείων του ρευστού. Οι εφαρμογές που αξιοποιούνται οι αποστάτες

ποικίλουν και κυρίως αφορούν τομείς όπως η επεξεργασία νερού, διαχωρισμό αερίων, η επεξεργασία λυμάτων, η βιοτεχνολογία, τα φαρμακευτικά προϊόντα, η νανοτεχνολογία, κ.α.

Το πρόβλημα που επιλύει η παρούσα εφεύρεση είναι η βέλτιστη ροή της ύλης κατά μήκος της επιφανείας μεμβρανών μέσω των αποδοτικών καναλιών των αποστατών που δημιουργούνται σε κατάλληλη γεωμετρία. Οι σημερινοί εμπορικά διαθέσιμοι αποστάτες για συστήματα μεμβρανών παρουσιάζουν τα εξής μειονεκτήματα λόγω της γεωμετρίας του πλέγματος τους η οποία μπορεί να είναι είτε παραλληλεπίπεδου πλέγματος είτε παράλληλων ινών. Τα μειονεκτήματα αυτά αφορούν: α) την συσσώρευση ρύπων, β) την αντίσταση ή διάχυση στην μεταφορά θερμότητας και μάζας, γ) την πτώση πίεσης της ροής του ρευστού και δ) την στήριξη των μεμβρανών. Σχετικά με την συσσώρευση ρύπων, οι γεωμετρίες των συμβατικών αποστατών έχουν μεγάλο αριθμό σημείων ανακοπής της ροής του ρευστού στα οποία και συσσωρεύονται ρύποι. Αναλυτικά, η συσσώρευση ρύπων πάνω τους δημιουργεί πρόσθετη αντίσταση στην μεταφορά θερμότητας και μάζας προκαλώντας πτώση πίεσης της ροής ρευστού και αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για να διατηρηθεί η ροή. Οι ρύποι μπορεί να είναι οργανικά ή ανόργανα σωματίδια όπως θεικό ασβέστιο, ανθρακικό ασβέστιο, φωσφορικό ασβέστιο, θεικό βάριο και θεικό μαγνήσιο αναλόγως την εφαρμογή του εκάστοτε συστήματος μεμβρανών. Σε ένα σύστημα μεμβρανών, οι αποστάτες παίζουν κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση της μεταφοράς μάζας και θερμότητας, και το πρόβλημα που παρουσιάζουν οι συμβατικοί αποστάτες είναι πως έχουν περιορισμένο λόγο επιφάνειας προς όγκο οπότε έχουν και μικρότερη διάχυση ρευστού. Επίσης στους συμβατικούς αποστάτες δεν επιτυγχάνεται η ίδια διάχυση σε όλα τα κανάλια με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφορετικές πιέσεις σε διαφορετικά σημεία του συστήματος των μεμβρανών. Έτσι, οι αποστάτες μπορούν να αυξήσουν την ενεργειακή δαπάνη προκαλώντας πτώση πίεσης στα κανάλια της μεμβράνης. Η βελτίωση της υδροδυναμικής ροής και των υπόλοιπων παραγόντων που επηρεάζονται από την γεωμετρία του αποστάτη είναι απαραίτητη για τη μείωση της απώλειας ενέργειας στα συστήματα μεμβρανών. Η ανάπτυξη προηγμένων γεωμετριών είναι ζωτικής σημασίας καθώς χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές με συνεχή και απρόσκοπτη ροή (συστήματα φιλτραρίσματος, αφαλάτωσης, κ.α.), συνεπώς η αύξηση του κύκλου ζωής του, η ενίσχυση της απόδοσης και η μείωση της απαιτούμενης λειτουργούν πολλαπλασιαστικά στο σύστημα προσκομίζοντας ακόμα μεγαλύτερο όφελος.

Οι αποστάτες οι οποίοι έχουν απασχολήσει τα τελευταία χρόνια τόσο την ερευνητική κοινότητα όσο και τις εταιρίες παραγωγής τους περιγράφονται στα έγγραφα US8603219B2, JP5902706B2, AU2022287627B2, US9463988B2, EP1758671B1, US4624784A, 5 US4624778A, US4022692A, JP2004243194A που αφορούν κυρίως μέρη από συσκευές καθαρισμού και διαχωρισμού ρευστών. Τέτοιες συσκευές χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό και τον καθαρισμό υδρογόνου, για τον διαχωρισμό ουσιών σε κυψέλες καυσίμου και για τον επιλεκτικό διαχωρισμό αερίων σε ποικίλες ιατρικές, βιολογικές και 10 βιομηχανικές εφαρμογές. Συγκεκριμένα το έγγραφο US4624778A παρουσιάζει την χρήση αποστατών σε εφαρμογές που διαχειρίζονται βιολογικά ρευστά και χρησιμοποιούνται στην αιμοκάθαρση και στην οξυγόνωση του αίματος. Επίσης το έγγραφο JP2004243194A παρουσιάζει αντιμικροβιακούς αποστάτες που χρησιμοποιούνται σε 15 συστήματα επεξεργασίας νερού και καταστέλλουν την εμφάνιση βακτηρίων και μούχλας σε διαχωριστές και φίλτρα. Σήμερα οι πιο εξελιγμένοι αποστάτες που υπάρχουν στο εμπόριο αποτελούνται από απλές γεωμετρίες πλέγματος και αυτό συμβαίνει λόγω των περιορισμών που υπάρχουν στις διαδικασίες παραγωγής τους. Τέτοιες γεωμετρίες 20 είναι η απλή γεωμετρία παράλληλων ινών που παρουσιάζεται στο έγγραφο US4022692A και παραλληλόγραμμου πλέγματος όπως το πλέγμα που αναφέρεται στο έγγραφο US9463988B2. Στο περιεχόμενο των περισσότερων των παραπάνω εγγράφων παρουσιάζονται τρόποι για την αύξηση της απόδοσης των διαδικασιών διαχωρισμού 25 εξοικονομώντας παράλληλα ενέργεια και πόρους. Επίσης, καινοτόμα σχέδια αποστατών υποστηρίζουν την ελαχιστοποίηση της κάλυψης της επιφάνειας της μεμβράνης και την βελτιωμένη απόδοση μεταφοράς μάζας.

Αναλυτικά οι αποστάτες με ανοικτού πλέγματος τρισδιάστατη 30 γεωμετρία χωροδικτυωμάτων που παρουσιάζονται στην παρούσα εφεύρεση τοποθετούνται σε συστήματα μεμβρανών και επιλύουν προβλήματα όπως η ενίσχυση της ροής του ρευστού, η βελτίωση της μεταφοράς μάζας και θερμότητας, η πρόληψη ρύπανσης της μεμβράνης, η διατήρηση του επιθυμητού διαχωρισμού που πρέπει να επιτυγχάνεται 35 στο σύστημα μεμβρανών, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του συστήματος και η διατήρηση της σταθερότητας των μεμβρανών στο σύστημα. Η αλλαγή των υφιστάμενων γεωμετριών των αποστατών με νέα σχέδια προηγμένης μορφής πλέγματος έχει πολλαπλά οφέλη όπως η μείωση του σχηματισμού νεκρών ζωνών όπου κατακάθονται ρύποι 40 διατηρώντας την επιθυμητή ροή ρευστού μέσα από τις μεμβράνες. Με

την χρήση τεχνολογικά προηγμένων σχεδιαστικών αλγορίθμων, την υπολογιστική μοντελοποίηση και προσομοίωση ρευστών παρέχεται η δυνατότητα για την ανάπτυξη βελτιωμένων δομών τύπου πλέγματος με ποικίλα οφέλη. Για παράδειγμα οι δομές με τριπλή περιοδική ελάχιστη επιφάνεια (Triply Periodic Minimal Surface-TPMS), οι οποίες και
 5 χρησιμοποιούνται στην παρούσα εφεύρεση έχουν το μοναδικό τοπολογικό χαρακτηριστικό της μηδενικής μέσης καμπυλότητας για κάθε σημείο που τις απαρτίζει, δηλαδή το άθροισμα των κύριων καμπυλοτήτων σε κάθε σημείο ισούται με μηδέν. Αυτό το γεγονός
 10 μειώνει τον σχηματισμό των νεκρών ζωνών και κατ' επέκταση την μείωση των επικαθήμενων ρύπων. Αποστάτες με προηγμένες γεωμετρίες έχει παρατηρηθεί ερευνητικά και πειραματικά ότι έχουν συγκριτικά πολύ μικρότερο αριθμό επικαθήμενων ρυπογόνων ουσιών σε σχέση με αυτούς που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Επίσης μέσα από υπάρχουσες
 15 επιστημονικές μελέτες έχει αποδειχθεί ερευνητικά ότι σε αποστάτες με γεωμετρία πλέγματος TPMS παρατηρείται βελτιωμένη απόδοση ροής ρευστού και παράλληλα βελτιώνονται φαινόμενα μεταφοράς μάζας και θερμότητας συγκριτικά με τους συμβατικούς αποστάτες καθώς ελαχιστοποιούνται τα σημεία ανακοπής της ροής (stagnation points),
 20 δηλαδή τα σημεία στα οποία η ταχύτητα του ρευστού μηδενίζεται. Σύμφωνα με την ισχύουσα στάθμη τεχνικής δεν υπάρχουν στο εμπόριο αποστάτες γεωμετρίας πλέγματος TPMS.

Παίρνοντας όλα τα έως τώρα δεδομένα από την υπάρχουσα επιστημονική βιβλιογραφία πάνω στην ανάπτυξη αποδοτικότερων
 25 αποστατών και εξετάζοντας τα πειράματα που έχουν γίνει σε θεωρητικό στάδιο, δοκιμάστηκε με επιτυχία ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη αποτελεσματικότερων γεωμετριών πλέγματος για αποστάτες μεμβρανών. Συγκεκριμένα, η τεχνική λύση που προτείνει η παρούσα εφεύρεση είναι ο ανάπτυξη γεωμετρικών μοτίβων TPMS για δομές
 30 πλέγματός αποστατών με ενισχυμένη δομική ακεραιότητα και προηγμένη επιφάνεια για συστήματα μεμβρανών. Οι δομές TPMS αναφέρονται στην επιστημονική βιβλιογραφία, για την χρήση τους σε εφαρμογές όπου υπάρχει η ανάγκη για την βελτίωση ροής ρευστού, όμως δεν υπάρχουν στο εμπόριο με σκοπό την ενσωμάτωσή τους σε
 35 συστήματα μεμβρανών.

Αναλυτικά, η παρούσα εφεύρεση προτείνει την ανάπτυξη τριών καινοτόμων TPMS πλεγμάτων αποστατών με δυνατότητα τύλιξης σε καρούλι και η κατά περίπτωση αποκοπή και χρήση τους κατά την δημιουργία ολοκληρωμένων συστημάτων μεμβρανών. Οι προηγμένες

αυτές μορφολογίες βασίζονται στην εφαρμογή ιεραρχικών μοτίβων, δηλαδή συγκεκριμένων επαναλαμβανόμενων γεωμετρικών μορφολογιών, που μπορούν να βελτιώσουν αισθητά την τόσο την ρευστομηχανική απόδοσή όσο και την λειτουργικότητα ενός συστήματος μεμβρανών.

Αυτή η καινοτομία των TPMS δομών πλέγματός σε αποστάτες μεμβρανών μπορεί να ενσωματωθεί σε διάφορους τύπους συστημάτων μεμβρανών για χρήσεις όπως απόσταξη, φιλτράρισμα, κτλ. Πιο αναλυτικά, η υπεροχή αυτών των νέων μορφολογιών της παρούσας εφεύρεσης έγκειται στις μοναδικές τοπολογικές ιδιότητες αυτών των δομών που επιτρέπουν πολύ υψηλό πορώδες, συνεπώς αυξάνουν την ροή του ρευστού, ενώ επίσης η ενισχύεται η ομοιόμορφη ροή του ρευστού. Η γεωμετρία TPMS είναι αποτέλεσμα σύνθετων τριγωνομετρικών εξισώσεων που προκύπτουν μέσα από πολύπλοκες αριθμητικές προσεγγίσεις μέσα από μετασχηματισμούς Φουριέ. Συνεπώς, κάθε γεωμετρία TPMS αντιστοιχεί σε μια μοναδική τριγωνομετρική εξίσωση που εξελίσσεται στον τρισδιάστατο χώρο, ενώ η σχετική της πυκνότητα της εκάστοτε δομής ρυθμίζεται μέσα από μιας σταθεράς-επιπέδου c (level-set constant). Οι μορφολογίες που αναπτύσσονται στην συγκεκριμένη εφεύρεση είναι οι γεωμετρίες του Γυροειδούς (Gyroid), του S. Διαμαντιού (S. Diamond) και του Διαχωριστή P (SplitP). Οι αντίστοιχες τριγωνομετρικές εξισώσεις για αυτές τις τρεις TPMS δομές είναι οι παρακάτω:

- Γυροειδής:

$$\sin x \cos y + \sin y \cos z + \sin z \sin x = c$$

- S. Διαμάντι:

$$\sin x \sin y \sin z + \sin x \cos y \cos z + \cos x \sin y \cos z + \cos x \cos y \cos z = c$$

- Διαχωριστή P:

$$1.1[\sin(2x^2) \cos(y^2) \sin(x^2) + \sin(2y^2) \cos(z^2) \sin(x^2) + \sin(2z^2) \cos(x^2) \sin(y^2)] - 0.5[\cos(2x^2) \cos(2y^2) + \cos(2y^2) \cos(2z^2) + \cos(2z^2) \cos(2x^2)] = c$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις μπορεί να προκύψει μια σειρά διαφορετικών δομών πλέγματος. Στα πλαίσια λοιπόν της παρούσας εφεύρεσης και επειδή ήταν επιθυμητή η τύλιξη της παραγόμενης δομής σε καρούλι επιλέχθηκε ένα μέγεθος στοιχείου τις κάθε δομής στα 5 χιλιοστά, ενώ επίσης ορίστηκε σαν αναγκαίο πορώδες το 90% για την διασφάλιση της ομαλή ροή αλλά και την παροχή της αναγκαίας δομικής ακεραιότητας του αποστάτη. Για να επιτευχθεί αυτό το υψηλό πορώδες

η σταθερά-επιπέδου c για κάθε σχεδιασμένη δομή επιλέχθηκε στο -1 για το Γυροειδές, στο -0.8 για το S. Διαμάντι και στο -0.6 για τον Διαχωριστή P. Αξίζει να σημειωθεί ότι το c έχει αρνητικές τιμές για πορώδες μεγαλύτερο του 50%, θετικές τιμές για πορώδες μικρότερο του 50% ενώ για πορώδες ίσο με 50% έχει μηδενική τιμή.

Οι παραπάνω τιμές είναι ενδεικτικές προκειμένου να επιτευχθεί το 90% του πορώδες το οποίο ισχύει για τα πλέγματα των υπαρχόντων εμπορικών αποστατών.

Τα σχέδια που συνοδεύουν την εφεύρεση, απεικονίζουν εν συντομία τα εξής:

Το σχέδιο 1Α απεικονίζει ένα συμβατικό εμπορικό αποστάτη μεμβρανών γενικής χρήσης με απλή μορφολογία παραλληλεπίπεδης δομής πλέγματος μαζί με μεγεθυμένη εικόνα της δομής.

Το σχέδιο 1Β αποτυπώνει το πως ένας αποστάτης μεμβρανών γενικής χρήσης αποθηκεύεται καθώς τυλίγεται σε καρούλι επιτρέποντας έτσι την εύκολη αποθήκευση μεγάλου μήκους πλέγματος αλλά και την πιθανή χρήση τους σε αυτοματοποιημένες διεργασίες παραγωγής μεμβρανών.

Το σχέδιο 2 παρουσιάζει τα σχέδια για την TPMS δομή πλέγματος του Γυροειδούς μαζί με μεγεθυμένη άνω όψη της δομής όπου παρατηρούνται οι πόροι αλλά και μεγεθυμένη εικόνα της μοναδιαίας κυψέλης που επαναλαμβάνεται για να δημιουργήσει την συγκεκριμένη δομή.

Το σχέδιο 3 παρουσιάζει τα σχέδια για την TPMS δομή πλέγματος του S. Διαμάντι μαζί με μεγεθυμένη άνω όψη της δομής όπου παρατηρούνται οι πόροι αλλά και μεγεθυμένη εικόνα της μοναδιαίας κυψέλης που επαναλαμβάνεται για να δημιουργήσει την συγκεκριμένη δομή.

Τα σχέδιο 4 παρουσιάζει τα σχέδια για την TPMS δομή πλέγματος του Διαχωριστή P μαζί με μεγεθυμένη άνω όψη της δομής όπου παρατηρούνται οι πόροι αλλά και μεγεθυμένη εικόνα της μοναδιαίας κυψέλης που επαναλαμβάνεται για να δημιουργήσει την συγκεκριμένη δομή.

Η εφεύρεση περιγράφεται λεπτομερώς παρακάτω, με τη βοήθεια ενός ενδεικτικού, μη περιοριστικού παραδείγματος και με αναφορά στα συνημμένα σχέδια, τα οποία δείχνουν μία μορφή εκτέλεσης του αντικειμένου της παρούσης εφεύρεσης.

Το σχέδιο 1Α απεικονίζει μια τυπική μορφολογία αποστάτη παραλληλεπίπεδου πλέγματος (1) για σύστημα μεμβρανών (4) μαζί με μεγεθυμένη εικόνα της δομής του πλέγματος (2) και πως αυτή αποθηκεύεται σε διάταξη καρούλιού (σχέδιο 1Β), όπου το πλέγμα του αποστάτη (3) τυλίγεται γύρω από ένα συμβατικό καρούλι. Αυτή η διάταξη είναι αναγκαία για την μαζική παραγωγή συστημάτων μεμβρανών καθώς η πληθώρα των μεμβρανών είναι σε μορφή καρούλιού. Η παραγωγή ενός τυπικού συστήματος μεμβρανών με διαχωριστή πραγματοποιείται ως εξής: δυο καρούλια μεμβρανών και ένα καρούλι αποστάτη ξετυλίγονται και συναρμολογούνται μεταξύ τους με διαστρωματική διάταξη μεμβράνη-αποστάτης-μεμβράνη και στην συνέχεια επανατυλίγονται σε ένα ενιαίο καρούλι. Έτσι, δημιουργείται ένα κυλινδρικό σύστημα μεμβρανών με διαδοχικές στρώσεις μεμβράνης και αποστάτη. Το παρόν μη περιοριστικό παράδειγμα της εφεύρεσης προτείνει την ανάπτυξη και κατασκευή τριών νέων αποστατών πλέγματος με προηγμένη δομή πλέγματος για βελτιστοποιημένη απόδοση που είναι συμβατοί με την διάταξη του σχεδίου 1Β. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν αποστάτες σε μορφή πλέγματος με τρεις διαφορετικές μορφολογίες TPMS ακολουθώντας αυστηρούς τριγωνομετρικούς κανόνες: η Γυρωιδής (5), S. Διαμάντι (8) και ο Διαχωριστή P (11). Αυτοί οι καινοτόμοι αποστάτες μεμβρανών με δομή πλέγματος μπορούν να κατασκευαστούν από όλκιμα μέταλλα, όπως ενδεικτικά κράματα αλουμινίου, χαλκού και β-φάσης τιτανίου ανάλογα με την εφαρμογή. Επίσης, είναι δυνατόν να κατασκευαστούν από ελαστομερή μονωτικά υλικά, όπως θερμοπλαστική πολυουρεθάνη, λάστιχο, κ.α., σε περίπτωση εφαρμογής όπου επιζητείται ο περιορισμός μετάδοσης θερμότητας. Σε περίπτωση εφαρμογής ελαστομερών υλικών, επιτυγχάνεται ένας αποστάτης με μεγαλύτερη ελαστικότητα και θερμική μόνωση ενώ σε περίπτωση που υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα και μεγαλύτερη δομική αντοχή μπορούν να εφαρμοστούν και κράματα μετάλλου, όπως για παράδειγμα ο ανοξείδωτος χάλυβας. Η εξαιρετικά πολύπλοκη γεωμετρία των επιλεγμένων δομών πλέγματος TPMS, καθιστούν εξαιρετικά δύσκολη και ασύμφορη τη μηχανική κατεργασία για την παραγωγή αυτών των αποστατών. Εξαιρετική συνεισφορά, έναντι της μηχανικής κατεργασίας αποτελεί η τρισδιάστατη εκτύπωση είτε μετάλλου είτε ελαστομερών. Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της εφεύρεσης αυτής οι παραχθέντες αποστάτες εκτυπώθηκαν τρισδιάστατα με την τεχνική επιλεγμένης πυρροσυσσωμάτωσης με τη βοήθεια δέσμης λέιζερ από θερμοπλαστική πολυουρεθάνη ενισχυμένη με άνθρακα προκειμένου να έχουν την αναγκαία δομική ακεραιότητα

αλλά και την δυνατότητα τύλιξής τους σε καρούλι. Επίσης, είναι δυνατή και η κατασκευή τους με άλλες τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης, όπως η τήξη μετάλλου με δέσμη ηλεκτρονίων/λείζερ σε περίπτωση που επιλεχθεί σαν υλικό κατασκευής κάποιο κράμα μετάλλου, ή μέσω της

5 τεχνικής εκτόξευσης υλικού για πιο γρήγορη και ποιοτικά ανώτερη παραγωγή ελαστομερών αποστατών με προηγμένη δομή πλέγματος. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν για περιορισμένο αριθμό τεμαχίων, ενώ σε περίπτωση ανάγκης εφαρμογής για μαζική παραγωγή αυτού του είδους των αποστατών μπορεί να εφαρμοστεί η χύτευση

10 επένδυσης μετάλλου ή ελαστομερών ανάλογα την εφαρμογή.

Το σχέδιο 2 αποτυπώνει τα σχέδια για τον αποστάτη με δομή πλέγματος Γυροειδούς (5), όπως φαίνεται στην ισομετρική του όψη στο σχέδιο 2. Η δομή πλέγματος αυτή έχει συνολικό πορώδες 90% (6) μπορεί να έχει πάχος από 1mm έως 5mm το οποίο καθορίζει και το μέγεθος της

15 κάθε μοναδιαίας κυψελίδας, δηλαδή αν το πάχος είναι 1mm τότε και η ακμή της κάθε μοναδιαίας κυψελίδας της δομής θα είναι 1mm. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει ελευθερία επέκτασης της δομής στις άλλες δυο κατεύθυνσης λόγω της περιοδικότητας που εμφανίζει η συγκεκριμένη δομή πλέγματος TPMS. Εμφανής είναι σε λεπτομερή όψη

20 και η μοναδιαία κυψέλη του Γυροειδούς (7) σε μεγέθυνση, δηλαδή το γεωμετρικό στοιχείο το οποίο επαναλαμβάνεται στον χώρο ώστε να δημιουργηθεί ο επιθυμητός αποστάτης. Άξιο αναφοράς είναι ότι η μοναδιαία κυψέλη της δομής έχει κυβική διάταξη η ακμή της οποίας ορίζεται από το επιθυμητό πάχος απόσταση (1mm έως 5mm) και όπου

25 βάση και του επιλεγμένου πορώδους εξάγεται και το πάχος των χωροδικτυωμάτων που την αποτελούν.

Το σχέδιο 3 αποτυπώνει τα σχέδια για τον αποστάτη με δομή πλέγματος S. Διαμάντι (8), όπως φαίνεται στην ισομετρική του όψη. Η δομή πλέγματος αυτή έχει συνολικό πορώδες 90% (9) και μπορεί να έχει

30 πάχος από 1mm έως 5mm το οποίο καθορίζει και το μέγεθος της κάθε μοναδιαίας κυψελίδας, δηλαδή αν το πάχος είναι 1mm τότε και η ακμή της κάθε μοναδιαίας κυψελίδας της δομής θα είναι 1mm. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει ελευθερία επέκτασης της δομής στις άλλες δυο κατεύθυνσης λόγω της περιοδικότητας που εμφανίζει η συγκεκριμένη

35 δομή πλέγματος TPMS. Εμφανής είναι σε λεπτομερή όψη και η μοναδιαία κυψέλη του S. Διαμάντι (10) σε μεγέθυνση, δηλαδή το γεωμετρικό στοιχείο το οποίο επαναλαμβάνεται στον χώρο ώστε να δημιουργηθεί ο επιθυμητός αποστάτης. Άξιο αναφοράς είναι ότι η μοναδιαία κυψέλη της δομής έχει κυβική διάταξη η ακμή της οποίας

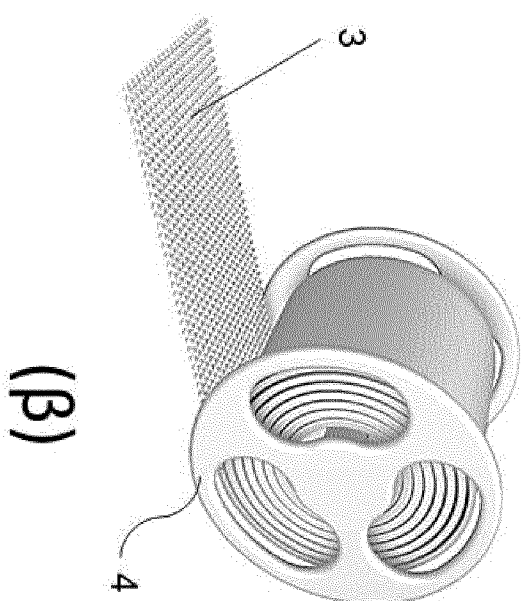
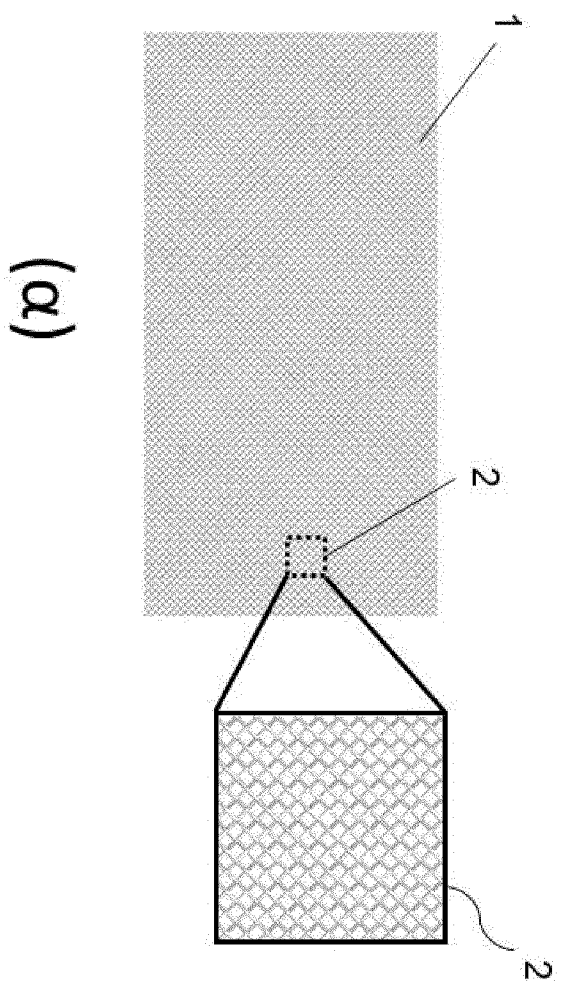
ορίζεται από το επιθυμητό πάχος απόσταση (1mm έως 5mm) και όπου βάση και του επιλεγμένου πορώδους εξάγεται και το πάχος των χωροδικτυωμάτων που την αποτελούν.

Το σχέδιο 4 αποτυπώνει τα σχέδια για τον αποστάτη με δομή πλέγματος Διαχωριστή P (11), όπως φαίνεται στην ισομετρική του όψη στο σχέδιο 2. Η δομή πλέγματος αυτή έχει συνολικό πορώδες 90% (12) και μπορεί να έχει πάχος από 1mm έως 5mm το οποίο καθορίζει και το μέγεθος της κάθε μοναδιαίας κυψελίδας, δηλαδή αν το πάχος είναι 1mm τότε και η ακμή της κάθε μοναδιαίας κυψελίδας της δομής θα είναι 1mm. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει ελευθερία επέκτασης της δομής στις άλλες δυο κατεύθυνσης λόγω της περιοδικότητας που εμφανίζει η συγκεκριμένη δομή πλέγματος TPMS. Εμφανής είναι σε λεπτομερή όψη και η μοναδιαία κυψέλη του Διαχωριστή P (13) σε μεγέθυνση, δηλαδή το γεωμετρικό στοιχείο το οποίο επαναλαμβάνεται στον χώρο ώστε να δημιουργηθεί ο επιθυμητός αποστάτης. Άξιο αναφοράς είναι ότι η μοναδιαία κυψέλη της δομής έχει κυβική διάταξη η ακμή της οποίας ορίζεται από το επιθυμητό πάχος απόσταση (1mm έως 5mm) και όπου βάση και του επιλεγμένου πορώδους εξάγεται και το πάχος των χωροδικτυωμάτων που την αποτελούν.

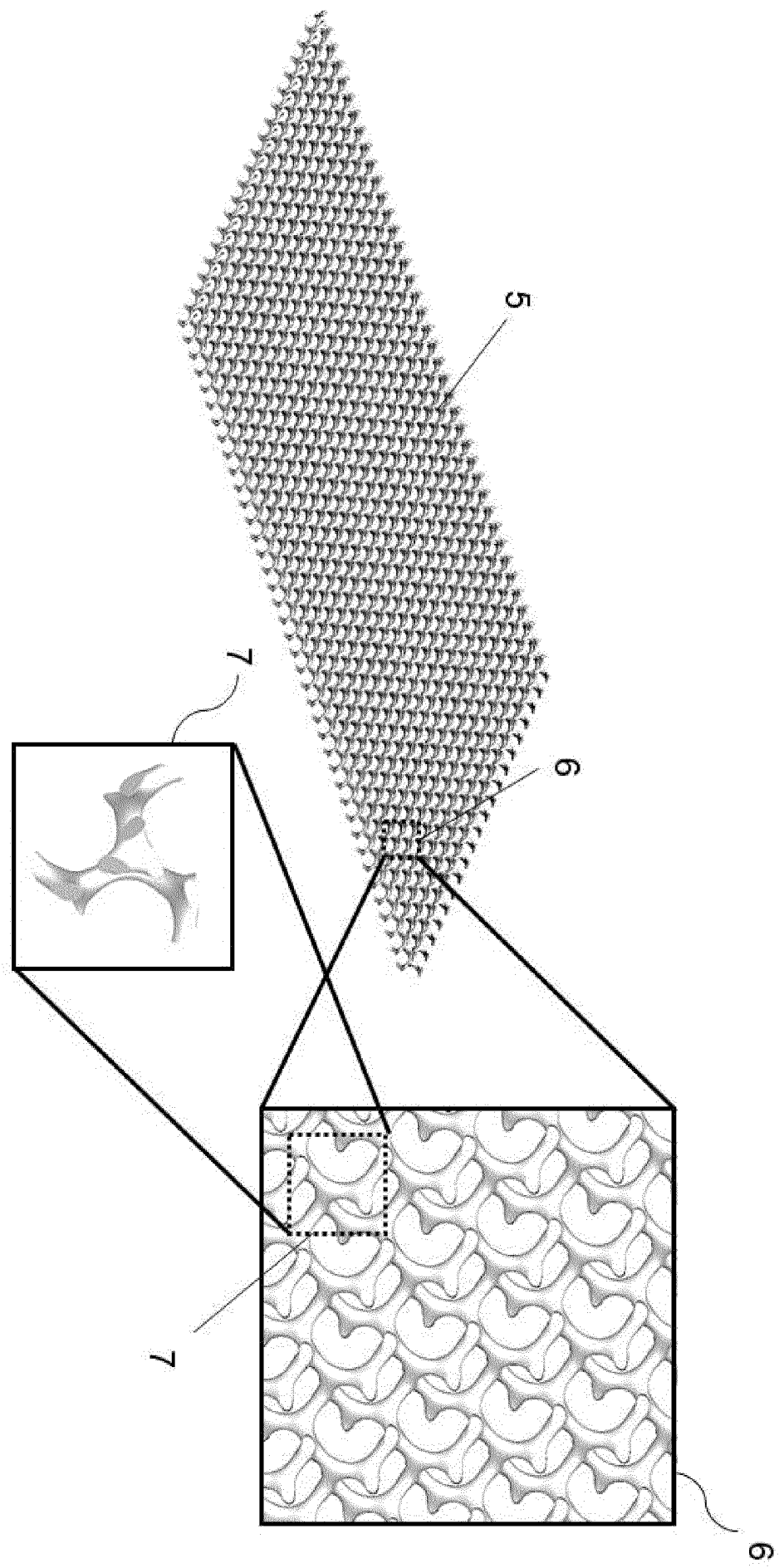
Τα τρισδιάστατα εκτυπωμένα πρωτότυπα αποστατών προηγμένης δομής πλέγματος (5),(8),(11), μετά την εκτύπωση υπόκεινται σε διαδικασίες μετ' επεξεργασίας, όπως αμμοβολή, ενώ πραγματοποιείται και η τύλιξη τους σε καρούλι αποθήκευσης ώστε να διαπιστωθεί η λειτουργικότητά τους. Οι αποστάτες με προηγμένη δομή πλέγματος ενσωματώνονται πάνω σε εμπορικά καρούλια για την εύκολη, αξιόπιστη και αποδοτική εφαρμογή τους σε τυποποιημένες διαδικασίες παραγωγής συστημάτων μεμβρανών με τύλιξη.

ΑΞΙΩΣΕΙΣ

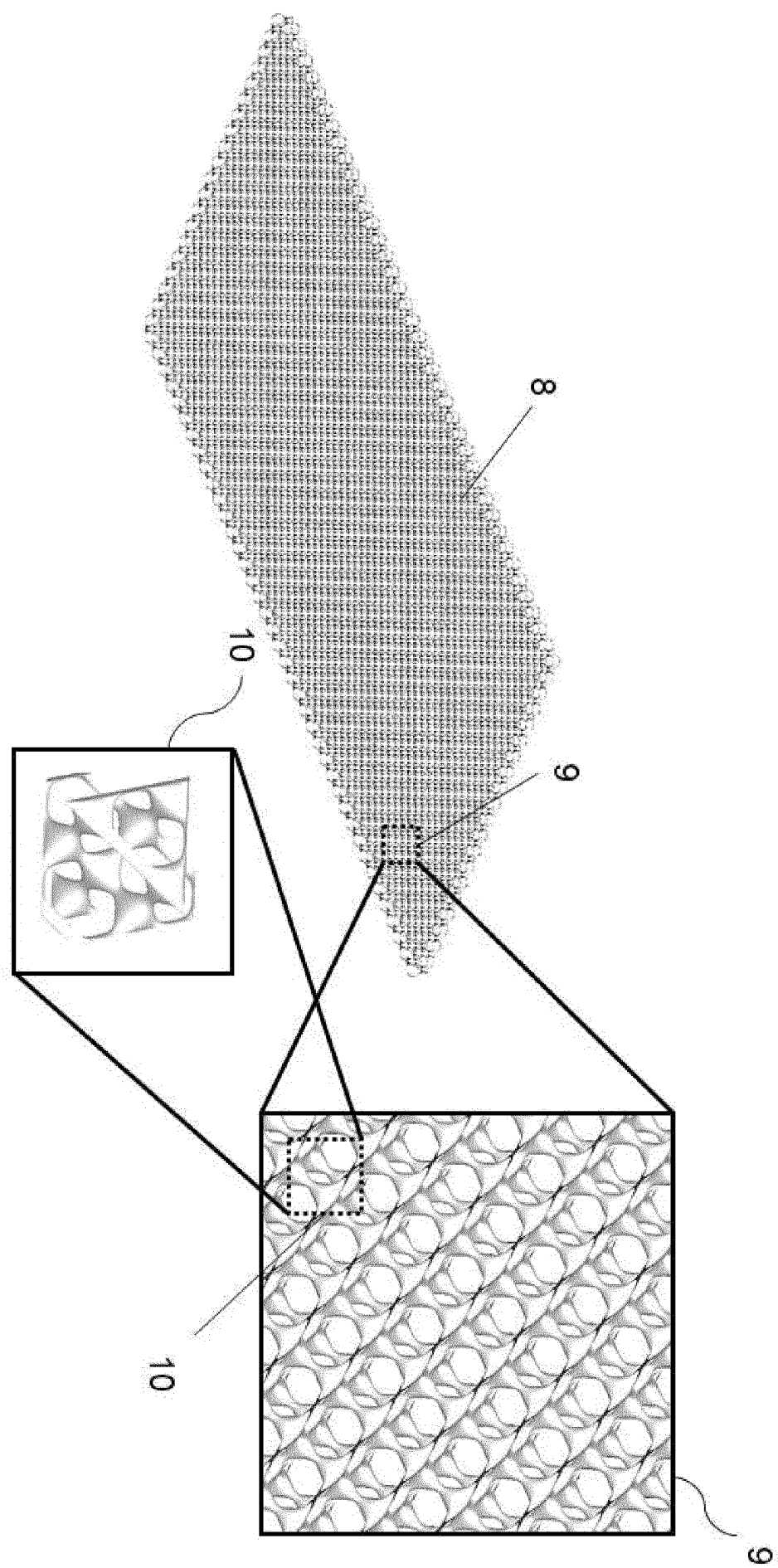
1. Αποστάτης, που τοποθετείται σε σύστημα μεμβρανών διαχείρισης και διαχωρισμού συστατικών ρευστού (4), χαρακτηριζόμενος από τρισδιάστατη δομή γεωμετρίας χωροδικτυωμάτων ανοικτού πλέγματος.
5
2. Αποστάτης που τοποθετείται σε σύστημα μεμβρανών (4), σύμφωνα με την αξίωση 1, χαρακτηριζόμενος από το ότι η δομή γεωμετρίας χωροδικτυωμάτων πλέγματος Γυροειδούς (5) προκύπτει από την τριγωνομετρική εξίσωση $\sin x \cos y + \sin y \cos z + \sin z \sin x = c$.
10
3. Αποστάτης που τοποθετείται σε σύστημα μεμβρανών (4), σύμφωνα με την αξίωση 1, χαρακτηριζόμενος από το ότι η δομή γεωμετρίας χωροδικτυωμάτων πλέγματος S. Διαμάντι (7) προκύπτει από την τριγωνομετρική εξίσωση $\sin x \sin y \sin z + \sin x \cos y \cos z + \cos x \sin y \cos z + \cos x \cos y \cos z = c$.
15
4. Αποστάτης που τοποθετείται σε σύστημα μεμβρανών (4), σύμφωνα με την αξίωση 1, χαρακτηριζόμενος από το ότι η δομή γεωμετρίας χωροδικτυωμάτων πλέγματος Διαχωριστή P (9) προκύπτει από την τριγωνομετρική εξίσωση $1.1[\sin(2x^2) \cos(y^2) \sin(x^2) + \sin(2y^2) \cos(z^2) \sin(x^2) + \sin(2z^2) \cos(x^2) \sin(y^2)] - 0.5[\cos(2x^2) \cos(2y^2) + \cos(2y^2) \cos(2z^2) + \cos(2z^2) \cos(2x^2)] = c$.
20
5. Αποστάτης που τοποθετείται σε σύστημα μεμβρανών (4), σύμφωνα με την αξίωση 1, χαρακτηριζόμενος από το ότι το πλέγμα του αποστάτη τυλίγεται σε καρούλι.
25



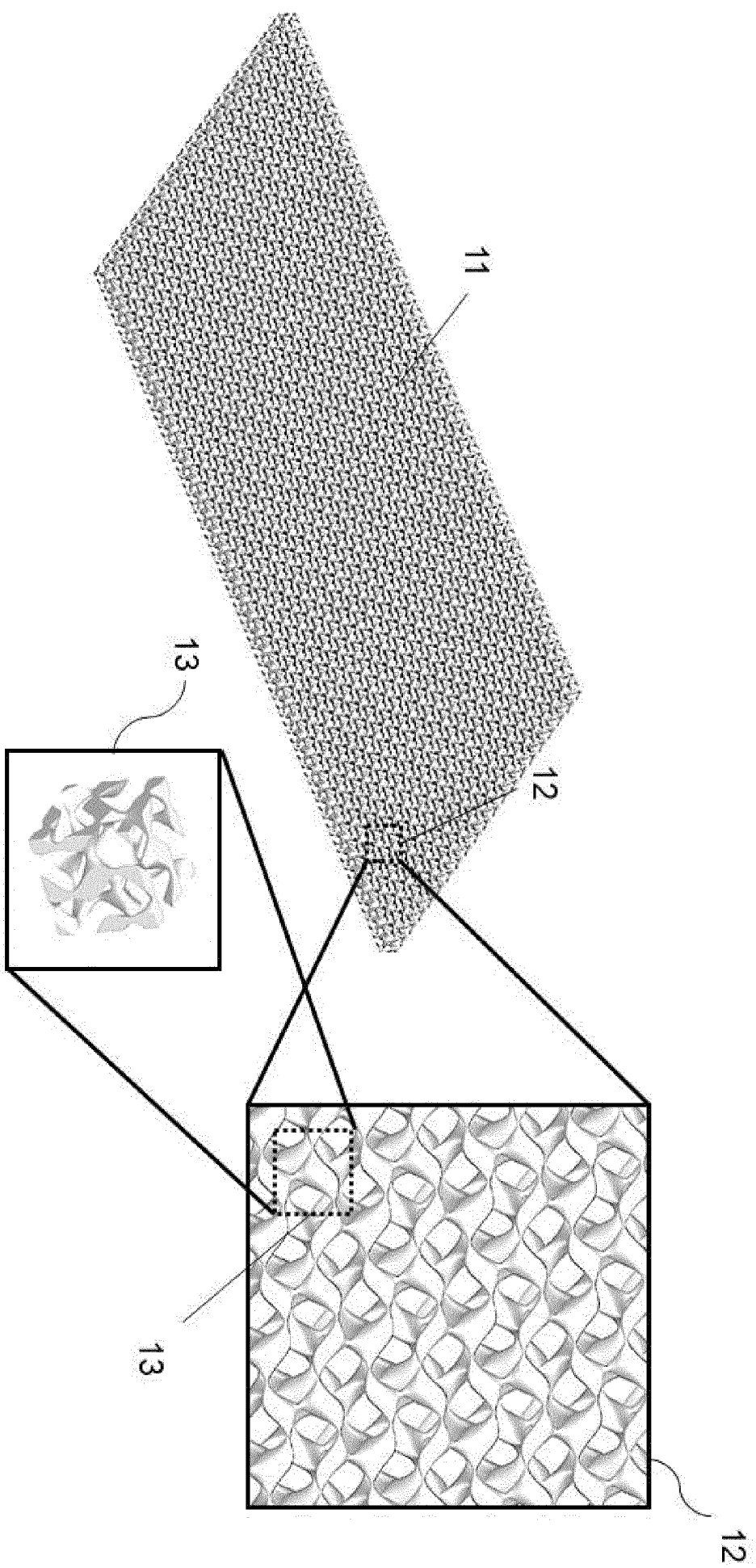
Σχ. 1



Σχ. 2



Σχ. 3





ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αριθμός αίτησης
20240100377

ΕΓΓΡΑΦΑ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΑ ΩΣ ΣΧΕΤΙΚΑ			
Κατηγορία	Σχετικό έγγραφο με επισήμανση, όπου χρειάζεται, των σχετικών παραγράφων	Σχετικό με αξίωση	Διεθν. Ταξινόμηση Int. Cl. 01/01/2025(AL)
A	WO2009077992 A2 / (UNIV BEN GURION et al.) 25.06.2009 *Ολόκληρο το έγγραφο*	1-5	B01D 63/00 B01D 61/48 B01D 61/46 C02F 1/00 C02F 1/469 A61L 2/02
A	US3565258 A / (LAVENDER ARDIS R et al.) 23.02.1971 *Ολόκληρο το έγγραφο*	1-5	
A	US3541595 A / (EDWARDS MILES LOWELL) 17.11.1970 *Ολόκληρο το έγγραφο*	1-5	
A	US4624778 A / (CLERMONT CHRISTIAN et al.) 25.11.1986 *Ολόκληρο το έγγραφο*	1-5	
A	US5681438 A / (PROULX ANDREW G) 28.10.1997 Ολόκληρο το έγγραφο*	1-5	
A	US4263017 A / (KARN WILLIAM S) 21.02.1981 *Ολόκληρο το έγγραφο*	1-5	Τεχνικά πεδία που ερευνήθηκαν B01D C02F A61L

Ημερομηνία περάτωσης της έρευνας :	03/04/2025
------------------------------------	------------

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΗΛΟΥΜΕΝΩΝ ΕΓΓΡΑΦΩΝ	
X: ιδιαίτερα σχετικό αν ληφθεί μεμονωμένα Y: ιδιαίτερα σχετικό αν συνδυαστεί με άλλο έγγραφο της ίδιας κατηγορίας A: τεχνολογικό υπόβαθρο O: μη έγγραφη αποκάλυψη P: ενδιάμεσο έγγραφο	T: βασική θεωρία ή αρχή στην οποία βασίζεται η εφεύρεση E: προγενέστερο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, το οποίο δημοσιεύτηκε την ημερομηνία κατάθεσης ή μετά από αυτήν D: έγγραφο αναφερόμενο στην αίτηση L: έγγραφο αναφερόμενο για άλλους λόγους Δ: μέλος της ίδιας οικογένειας ευρεσιτεχνιών, αντίστοιχο έγγραφο

ΛΟΥΔΟΒΙΚΟΣ ΒΑΝΕΡΚ
ΕΞΕΤΑΣΤΗΣ
Προϊστάμενος (ΤΕΠΕ)