

Une pompe miniature imprimée en 3D se distingue par ses performances et son coût de production

13 novembre 2020, 01:00

Jan Kempeneers

Des chercheurs ont fait une démonstration de faisabilité de pompes compactes à activation magnétique pour liquides et gaz, fabriquées par additive manufacturing. Ils ont ainsi démontré comment exploiter les avantages de l'impression en 3D, par exemple en réexaminant des problèmes jusque-là insolubles... voire en les résolvant éventuellement.

Des chercheurs du MIT (Massachusetts Institute of Technology) ont entrepris de développer une démonstration de faisabilité de pompes miniatures de 1 cm³ pour liquides et gaz. Ils voulaient ainsi proposer une alternative, meilleure et moins chère, à la production classique de ces pompes. Les pompes sont généralement fabriquées à partir de différents composants de différents matériaux et possèdent des formes complexes. Leur fabrication et leur assemblage traditionnels sont dès lors souvent coûteux. En outre, les pompes consomment moins de courant et se colmatent moins que les pompes conventionnelles de même taille.

Activation magnétique

Les pompes miniaturisées fournissent des débits précis de liquides et de gaz ou sont utilisées pour faire le vide dans de multiples systèmes microfluidiques compacts. Il existe une grande variété de pompes volumétriques microfabriquées. Ces équipements déplacent cycliquement des quantités de liquides en utilisant des chambres pilotées. Les pompes volumétriques compactes, fabriquées par microfabrication standard, utilisent généralement des actionneurs électrostatiques ou piézoélectriques. Si elles peuvent exercer des forces importantes, ces pompes ne délivrent pas des débits élevés, sauf en combinaison avec des amplificateurs hydrauliques ou des courses de pompe à haute fréquence (> 1 kHz). Les actionneurs pneumatiques et hydrauliques peuvent fournir une course importante et une force considérable. Ils exigent toutefois une source externe de gaz ou de liquide sous pression, ce qui limite leur portabilité. De plus, ils peuvent subir des hoquets à la vitesse d'activation, ce qui peut limiter le débit. L'actionnement magnétique est une façon intéressante d'aboutir à la fois à une puissance élevée et à un déplacement important avec une forme compacte.

Pompes multimatériaux monolithiques

Les chercheurs ont réalisé deux pompes volumétriques. Imprimées à partir d'un seul matériau avec des aimants frittés intégrés, il s'agit des premières pompes multimatériaux monolithiques. Leur conception n'emploie pas de valves, ce qui simplifie considérablement le fonctionnement des pompes et réduit leur consommation d'énergie par rapport aux designs avec valves actives. Elles sont en outre moins sujettes au colmatage.

Les pompes à membrane miniatures sont fabriquées par couches de 150-225 μm d'épaisseur par *fused filament fabrication*. Les composants structurels sont imprimés en nylon 12 pur. Pour sa part, l'aimant permettant l'activation de la chambre de la pompe peut être imprimé en nylon 12 avec des microparticules de NdFeB intégrées ou être emboîté par pression dans la pompe après l'impression du piston qui l'entoure.

La fabrication des pompes monolithiques fait appel à une nouvelle technologie d'impression 3D multimatériaux qui permet d'obtenir une tolérance d'alignement de seulement 13 μm . La production des pompes prend moins de 75 minutes et coûte moins de 3,89 USD en matériaux. L'équipement est entraîné par un aimant rotatif et peut atteindre des débits de 7,88 ml min^{-1} à 198 Hz pour les pompes frittées (degré N35) et de 1,68 ml min^{-1} à 204 Hz pour la version avec aimants monolithiques imprimés en 3D (~ degré N4).



(a) Coupe du modèle CAO d'une pompe imprimée en 3D. (b) Vue latérale d'une pompe imprimée en 3D. (c) Vue de dessus d'une pompe imprimée en 3D, montrant les diffuseurs et les raccords de fluide. (d) Dissection du plafond de la chambre (à gauche) et de la membrane déconnectée (à droite) au-dessus d'une pièce américaine de dix cents. (e) Vue de dessous d'une pompe imprimée en 3D avec aimant fritté. (f) Vue de dessous d'une pompe imprimée en 3D, montrant l'aimant imprimé. L'échelle est la même pour toutes les images.

(Source : MIT)

Chaque pompe possède un cadre cylindrique rigide d'un diamètre extérieur de 11,2 mm et d'un diamètre intérieur de 8,8 mm. Celui-ci est fixé par une extrémité à l'anneau extérieur d'une membrane annulaire de 150 μm ou 225 μm d'épaisseur. Le corps du piston est un cylindre de 8 mm de hauteur, d'un diamètre extérieur de 6,4 mm et d'un diamètre intérieur de 4 mm, qui contient l'aimant NdFeB imprimé ou fritté. Le cylindre est maintenu dans une zone de contact de 2,4 mm de diamètre à l'intérieur de la membrane. La chambre de la pompe se trouve directement au-dessus de ces membranes, sous un bloc comportant deux diffuseurs et des raccords de fluide. Elles contiennent une lèvre interne, concentrique et saillante, qui permet d'établir une connexion par un raccord à pression. Au cours du processus de fabrication, la membrane est déformée plastiquement et déplacée de 1 mm, créant ainsi une forme voûtée. Les diffuseurs sont des cônes creux de 1,95 mm de long avec une ouverture de 0,65 mm de diamètre sur le côté étroit et de 1,8 mm de diamètre sur le côté large. Chaque pompe contient un diffuseur avec une ouverture plus large reliée à la chambre et une ouverture plus étroite reliée à un orifice microfluidique. Un autre diffuseur est orienté en sens inverse.

Résultats

Les résultats dépassent les réalisations les plus récentes en matière de pompes miniatures pour liquides imprimées en 3D. Les performances étaient limitées par le moteur électrique et les forces magnétiques choisis pour l'étude. On attend des performances plus élevées de systèmes équipés de moteurs plus gros et/ou d'aimants plus puissants. Après 14,4 millions de cycles, une pompe ne présentait aucun signe de dégradation ou de fuite (à condition que la pression reste inférieure à la limite de fatigue du matériau). La pompe à aimant fritté (qualité N48) a également été testée comme pompe à vide employant de l'air comme fluide de travail. Elle a atteint une pression maximale de 540 Torr (0,72 bar) à la pression atmosphérique et un débit allant jusqu'à 9,3 ml min^{-1} .

dans un volume de pompe de 0,61 ml. Ces résultats peuvent être comparés à ceux de pompes à vide miniatures commerciales qui n'ont pas été réalisées par impression 3D.

Ces pompes efficaces et compactes peuvent être utilisées pour diverses applications, notamment les piles à combustible, la production d'électricité et les échangeurs de chaleur qui refroidissent les processeurs d'ordinateur.

Source

'Compact, magnetically actuated, additively manufactured pumps for liquids and gases', Anthony P Taylor et al 2020 J. Phys. D: Appl. Phys. 53 355002 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/ab8de8/pdf>

Auteurs



Jan Kempeneers