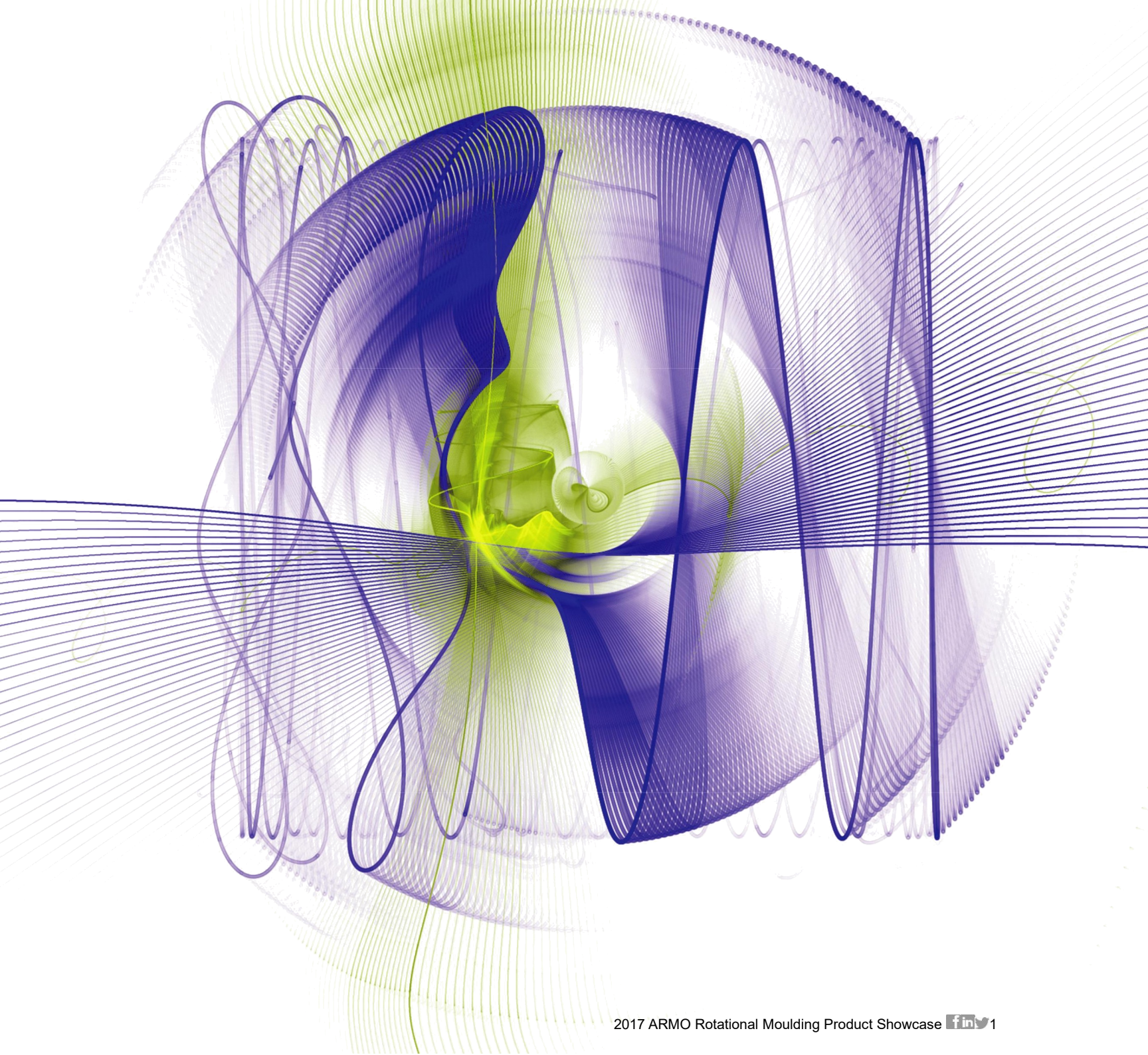


Modernité du rotomoulage

Une technique de pointe

par Paul Nugent, MNOP – USA



Les entreprises de rotomoulage s'immiscent dans un mélange éclectique d'industries partout dans le monde. Tandis qu'elles sont en contact à cause des éléments du processus de base, elles sont souvent complètement isolées en termes d'applications et des exigences finales : la flexibilité et les capacités étendues du rotomoulage permettent une variation dans les dimensions et la complexité inégalée par tout autre procédé de fabrication du plastique. Les fournisseurs médicaux produisant de minuscules implants en PVC ont des exigences très différentes de celles des fabricants de réservoirs de carburant qui utilisent du polyéthylène réticulé, mais tous les deux dépendent de la relation des vitesses de rotation. Les fabricants de ballons et de lustres veulent obtenir une épaisseur de paroi constante correspondant aux différentes exigences du client, mais tous deux dépendent de l'uniformité du transfert de chaleur. Les attentes des fabricants de kayaks se concentrent sur la finition de surface et l'apparence, tandis que les fabricants de réservoirs de produits chimiques porteront plus d'attention à l'épaisseur des parois et la performance au long terme, mais les deux dépendent des caractéristiques physiques et de l'indice de fluidité du matériau qu'ils choisissent. Tous ces fabricants font partie de la famille des rotomouleurs, mais ils sont séparés par leur spécialité et c'est la variété de ces spécialités, couplée à un esprit d'entreprise commun, qui rend l'industrie si dynamique.

En tant que procédé niche avec seulement quelques milliers d'entreprises pratiquant dans le monde, les rotomouleurs se trouvent souvent séparés par le produit ou la géographie. Bien établis sur les marchés les plus anciens comme l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Australie, on trouve aussi des rotomouleurs dans presque tous les pays du monde, poursuivant généralement un schéma de développement similaire dans de nouveaux territoires. Il y a un éventail de produits types qui agissent comme une semence pour ces nouveaux marchés : réservoirs d'eau, barrières routières, palettes, et jouets par exemple. Pour avancer au-delà de cet assortiment, il faut une combinaison de facteurs comprenant le développement de capacités de moulage plus avancées, ainsi que l'accès à des marchés industriels et/ou commerciaux qui ont une demande pour des composants en plastique. Il en résulte que les rotomouleurs les plus sophistiqués sont concentrés dans les centres industriels d'Europe et d'Amérique du Nord, tandis que les régions comme le Moyen Orient et l'Afrique sont freinées par le manque de bases industrielles régionales. La majeure partie de la croissance du rotomoulage se voit donc dans les entreprises plus modestes, comme le prouve l'explosion du nombre de mouleurs en Chine, en Inde et au Brésil ces dernières années. Bien qu'elle soit importante, cette base reste au bas de l'échelle de sophistication et relativement peu d'entreprises arrivent à se différencier en termes de qualité, innovation ou solides capacités commerciales. Toutefois, la technologie du procédé avance et la communication moderne permet même des opérations à distance pour bénéficier des nouvelles idées et des récents développements. Une revue des techniques de pointe révèle que l'industrie va de l'avant et l'on constate de nouveaux développements dans la connaissance du procédé, des machines, des moules et des matériaux.

Chaise Kuki créée par Zaha Hadid pour Sawaya & Moroni



Fondamentaux du procédé

Les éléments essentiels du rotomoulage n'ont pas changé depuis ses débuts : transformation d'un polymère en poudre fluide ou sous forme liquide distribué uniformément dans une coque creuse en utilisant une rotation multiaxiale accompagnée d'un chauffage et d'un refroidissement uniformes. En effet, un grand nombre de mouleurs fonctionnent aujourd'hui avec la même panoplie de contrôles et de paramètres opérationnels que leurs prédécesseurs pionniers dans les années 50. Ce qui a changé pour ceux qui ont une approche plus moderne c'est la compréhension du procédé et des transitions du matériau pendant le procédé, comment les surveiller et finalement comment les contrôler.

Les systèmes de contrôle de la température basés sur la température de l'air à l'intérieur du moule ou en utilisant les températures scannées à la surface du moule sont maintenant aisément disponibles, en option sur les machines aussi bien qu'en dispositifs ajoutés après l'achat. Même la plus basique des opérations de moulage peut bénéficier des données prélevées parce que les informations fournies donnent des indications visuelles sur la transition du matériau du coulis de moulage au solide, le niveau de durcissement atteint et le régime de refroidissement auquel il a été soumis. Pour les mouleurs plus expérimentés, la capacité de « voir » à l'intérieur du moule est absolument essentielle afin de pouvoir harmoniser les opérations et améliorer la qualité de la pièce. Les matériaux ou les pièces exigeant beaucoup de surveillance comme les mousses, les constructions multicouches, le polyéthylène réticulé, les systèmes réactifs liquides, les qualités destinées à l'ingénierie ou les procédés garnissage par rotation sont mieux surveillés avec des données du moule en temps réel. Les données de température du moule peuvent aussi être utilisées de façon plus générale pour ajuster l'ensemble du procédé aux changements des conditions ambiantes ou les réglages commandés par l'opérateur : le rotomoulage est très dépendant de l'environnement de l'atelier pour la vitesse de refroidissement, et la conception des machines accomplissant des opérations simultanées peuvent multiplier les petits retards aux postes de démoulage, pouvant entraîner des pertes sur plusieurs cycles. Ces changements et ces pertes peuvent maintenant être compensés



automatiquement par la machine car elle contrôle l'effet directement sur le moule, soit de l'intérieur ou, plus commodément, sur la surface extérieure. L'utilisation directe des données de température a également été complétée par les analyses dérivées comprenant la mesure de la zone correspondant au profil de température interne pendant les stades clés du procédé, la pente et la durée de la courbe pendant la fusion et le durcissement, et la vitesse de refroidissement pendant le stade initial de refroidissement du matériau fondu. Le prochain pas en avant sera peut-être de réintroduire les systèmes reposant sur les caméras, essayés pour la première fois dans les années 80, pour surveiller les transitions et résoudre les problèmes des zones à risque depuis l'intérieur du moule.

Machines

Les principes de la fabrication sans gaspillage se retrouvaient dans les premières machines à « rotomoulage continu » fabriquées par la McNeil Corporation dans les années 60 (plus fréquemment appelées carrousel). Des stations de chauffage, refroidissement et entretien du moule simultanés permettaient un usage relativement efficace de l'espace et du personnel. En principe ce format de rotomoulage à grand volume n'a pas beaucoup changé depuis lors – les principaux développements ont été la qualité de construction de la machine, la performance du transfert de chaleur et les contrôles.

Eclairage par COSMO

Un large éventail d'autres styles de machines a été développé pour une gamme de produits : machines à dispositif pendulaire pour pièces volumineuses ou avec de longues durées de service, fours à chariot (rock-and-roll ovens) pour les pièces longues comme les kayaks, machines rabattables (clam shell machines) à station unique pour les espaces restreints, et machines à dispositif pendulaire avec plusieurs bras et plusieurs stations pour la production en grandes quantités. Des machines automatisées avec système de chauffe directement dans le moule ont été utilisées pour des pièces complexes qui requièrent un contrôle rigoureux de l'épaisseur des parois, ou plusieurs couches, ou pour les grosses quantités. Et bien qu'il ait été démontré que l'automatisation complète du cycle est possible, depuis le remplissage du moule jusqu'à l'extraction, le coût et la complexité limitent son application à la production de courte série. Pour la production à long terme de gros volumes, les machines multi-stations à carrousel ne peuvent pas être supplantées, mais pour les produits sur mesure de courte série, une machine plus flexible avec changement rapide des moules s'avère plus pratique.

L'industrie du rotomoulage est souvent cataloguée comme inefficace en termes d'énergie à cause de la principale méthode de chauffe, le chauffage direct au gaz. Du coup, il y a une demande constante pour économiser l'énergie, même si dans ce procédé la composante de coût pour l'énergie est typiquement faible. Des innovations telle qu'un chauffage électrique ont été utilisées dans certains cas où le tarif pour un four à convection complet est économique, ou de manière plus ciblée en chauffant directement les moules au moyen de collecteurs tournants. La récupération d'énergie des moteurs, les échangeurs de chaleur sur les gaz d'échappement des fours et les systèmes de recirculation à grande vitesses ont rendu les machines modernes de plus en plus efficaces. Il a même été prouvé qu'il était possible d'utiliser l'énergie solaire. Celle-ci pourrait être pratique dans les régions isolées, mais cela reste à démontrer pour une utilisation généralisée, particulièrement la nuit. Les systèmes infrarouge développés en France sont efficaces pour une chauffe rapide mais cela s'est avéré un véritable challenge de contrôler son uniformité sur les surfaces complexes. Et dans l'ultime procédé croisé, les mouleurs ont utilisé dans le passé des pulvérisations de sels eutectiques fondus – salissant mais avec une grande vitesse de chauffage par conductivité.

Réservoirs pour l'industrie chimique



Le rotomoulage génère énormément d'énergie, des bras chargés de moules entrent et sortent des fours qui sont constamment en train de s'ouvrir et de se fermer, si bien que les ateliers de rotomoulage climatisés sont rares. Dans ce procédé le refroidissement dépend fortement des conditions ambiantes autour de la machine, ce qui signifie que les cycles varient considérablement suivant la région et la saison. La plupart des cycles de refroidissement sont une combinaison de ventilateurs ultra-rapides, avec l'usage intermittent de fines pulvérisations d'eau ou de brumisateurs, produisant des vitesses de refroidissement qui sont empiriquement poussées à la limite pour le retrait contrôlé des pièces en polyéthylène. Comme les mouleurs recherchent un avantage, le refroidissement interne par circulation d'air ou même par brumisation peut aider le procédé à atteindre une vitesse de refroidissement plus équilibrée à travers la paroi de la pièce moulée, réduisant ainsi la déformation et la distorsion. Un développement intéressant réalisé par les fabricants de machines automatiques a montré les avantages obtenus en montant les ventilateurs de refroidissement près de la surface du moule, sur le bras de la machine

– les distances plus courtes créent une vitesse du transfert de chaleur plus efficace et le système peut alors utiliser des ventilateurs plus petits pour un effet supérieur.

Des ateliers trop chauds rendent l'environnement de travail difficile et pour les mouleurs il est judicieux de penser aux conditions de travail de l'opérateur. Des systèmes de refroidissement pour le personnel, des systèmes de manutention de la poudre pour la distribuer directement dans les moules, des plateformes sécurisées et des dispositifs pour rendre l'ouverture des moules et la manutention des pièces plus aisée et plus sûre sont autant de détails qui s'avéreront bénéfiques pour la longévité et l'attitude de l'ouvrier.

Moules

Au cœur du procédé, les moules rotationnels sont des coques fines et creuses. Ils fonctionnent en complète dichotomie, devant être fins pour un rapide transfert de chaleur et aussi suffisamment épais pour leur durabilité : c'est un délicat exercice d'équilibre qui peut osciller entre d'une part un besoin excessif d'entretien et de l'autre un poids excessif et des cycles lents.

La technologie du moule varie énormément d'une région du globe à l'autre, les moules en tôle étant les plus communément utilisés pour les formes simples. Toutefois, dans de nombreuses applications, les moules en aluminium coulé, et de plus en plus souvent aujourd'hui en aluminium usiné, sont l'équilibre idéal par le coût, l'apparence et la qualité finale de la pièce. Le rotomouleur qui veut maîtriser le coût place souvent le choix de la construction du moule au niveau le plus bas, mais une rapide revue des avantages qu'il y a à construire un moule d'une meilleure qualité initiale pour le cycle de vie d'un produit peut souvent payer des dividendes en termes d'acceptation des clients (et donc des ventes). Quand l'application le permet, les moules rotationnels peuvent maintenant être fabriqués avec un chauffage multizone pour le contrôle de l'épaisseur des parois, les bras robotiques peuvent être programmés pour une rotation en dehors des vitesses biaxiales standard et fixées, et l'avenir nous apportera peut-être la possibilité de contrôler l'épaisseur des parois en temps réel à l'intérieur du moule, pendant le cycle. Les mouleurs spécialisés utilisent une construction composite pour les prototypes ou la production de courte série, les formes en céramique ou en caoutchouc pour le moulage liquide à température ambiante, et même des moules électroformés en cuivre ou en nickel pour les cycles haute vitesse. Les fabricants de moules ont prouvé qu'ils étaient un des groupes de fournisseurs les plus innovants pour l'industrie du rotomoulage, particulièrement en Europe, et ils méritent la reconnaissance des mouleurs.



Changements dans les matériaux

Le polyéthylène continue d'être le matériau dominant utilisé pour le rotomoulage et il est aisément disponible sur la plupart des marchés dans le monde entier, bien que la qualité et la convenance pour le procédé varient. En dépit de la convenance inhérente pour le procédé et la vaste gamme d'applications pour lesquelles il est idéal, la demande pour de nouvelles qualités en dehors de la gamme actuelle demeure constante. Au cours des ans les fournisseurs ont répondu avec un éventail d'alternatives mais la demande commerciale a été limitée et la capacité des mouleurs types d'avoir recours à des manipulations de matériaux spéciales ou des processus de contrôle plus complexes pour les matériaux d'ingénierie signifie que les mouleurs continuent d'utiliser un groupe de matériaux qui se comporte de façon similaire au polyéthylène (nylon, polycarbonate, polypropylène et plusieurs fluoropolymères, par exemple). Le procédé de transformation de la poudre de polyéthylène en une fusion solide sous l'action de la chaleur et la rotation définit l'essence du procédé moderne du rotomoulage : les recherches d'universités renommées ont démontré la rhéologie essentielle et les propriétés de matériau qui sont primordiales pour obtenir une qualité adéquate pour le rotomoulage. Malheureusement, la majorité des matériaux non-polyéthylène ne sont pas suffisamment fluides dans les conditions présentes à l'intérieur d'un moule rotationnel type, expliquant que l'expansion de la palette du rotomoulage a été obstinément lente en dépit du débordement d'activité des années 60 et à la fin des années 90.

Tracteur pour l'industrie agricole

Les principaux fournisseurs de matériaux ont à divers moments engagé des ressources en faveur du procédé, mais la nature fragmentée de l'industrie, sur le plan géographique et de l'utilisation finale, a fait que la justification économique de l'effort considérable requis pour développer des matériaux a été le plus souvent limitée. Il y a toutefois des exceptions et la plupart du temps ce sont les firmes intermédiaires de fabricants et distributeurs qui ont été innovantes, avec des productions de petits lots de qualité spécialisée. Des mélanges et alliages utilisant le polyéthylène comme base ont été une réussite pour plusieurs développements comme, l'ont été les polymères à base de sucre ; l'éthanol dérivé de la canne à sucre peut être utilisé pour produire du polyéthylène qui est en essence le même que les versions à base de pétrole, mais le sucre peut également être utilisé pour produire des matériaux rigides à base d'acide polylactique (PLA). La demande pour des températures et une rigidité plus élevées a revitalisé les travaux sur le polypropylène ; l'imperméabilité et la résistance aux températures continuent à alimenter la demande pour le nylon. Même le format du matériau – poudre, micro granulés, mini granulés, liquide – peut intervenir pour répondre aux exigences d'un produit spécifique. Toutefois, l'objectif ultime d'une résine universelle, résistante à l'abrasion, rigide, facile à mouler, de faible coût (véritablement le Saint Graal de l'ABS) est vraiment aléatoire. La recherche continue.

Mais la recherche pour des solutions doit se faire des deux côtés. Les mouleurs doivent être conscients que les nouvelles qualités de matériaux demanderont de nouvelles approches. S'attendre à ce que tout soit de même apparence, se moule pareil et coûte pareil que le polyéthylène, avec cependant une performance à un autre niveau, n'est vraiment pas réaliste. Des matériaux plus performants dans n'importe quelle autre industrie du plastique commandent des prix plus élevés à cause de leurs meilleures propriétés et de leurs avantages – les rotomouleurs doivent donc entrevoir de mettre en place des méthodes de traitement des matériaux, de conception des moules et de contrôle du procédé adaptées aux perfectionnements de ces nouvelles propriétés. Une approche commune entre mouleurs et développeurs de matériaux (et même utilisateurs finaux) est la clé pour décrypter le code.

Aller de l'avant

L'industrie mondiale du rotomoulage est dominée par une large base de mouleurs débutants, qui s'accroît constamment tandis que le procédé continue d'attirer les entrepreneurs, tandis que depuis plusieurs décennies les régions où ils sont bien établis comme les États-Unis et l'Europe, sont restées relativement stables. Les progrès commerciaux et techniques de ce groupe de débutants sont lourdement affectés par leur localisation : la demande régionale pour des produits simples pousse les mouleurs jusqu'aux plus bas niveaux à cause de la concurrence, tandis que les équipementiers utilisateurs finaux poussent à l'innovation et la différenciation. La capacité de satisfaire les demandes des équipementiers dépend de la capacité technique et de la technologie acquise : les machines et les moules sont déjà disponibles pour les pièces rotomoulées les plus complexes, mais ce sont probablement les nouveaux matériaux qui amèneront le procédé à un autre niveau. Soutenez vos fabricants de compounds et vos distributeurs locaux – ils pourraient être la clé de votre avenir.

paulnugent.com

Pontons flottants pour l'industrie des loisirs

