

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 96 (2005)
Heft: 9

Artikel: Une tête d'extrusion novatrice pour revêtir des câbles
Autor: Ata-Caesar, Derrik / Gendre, Fabrice / Schillaci, Joseph
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857803>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Une tête d'extrusion novatrice pour revêtir des câbles

La simulation numérique pour accélérer sa conception

L'extrusion des polymères est appliquée pour déposer des couches d'isolation sur toutes sortes de câbles. Une tête d'extrusion traditionnelle génère une ligne de soudure à peine visible dans le produit fini. C'est à cet endroit que s'accumulent majoritairement les impuretés. Ce défaut affaiblit les performances mécaniques, électriques et physico-chimiques du produit. La société Novi ReS Sàrl a développé une tête d'extrusion novatrice pour pallier ces inconvénients. En collaboration avec une haute école spécialisée (HES), elle a bénéficié de la simulation de l'écoulement de fluides pour éviter les dépenses liées à des expérimentations récursives. Ainsi, le temps et l'investissement nécessaire à la conception et l'optimisation du prototype ont été nettement réduits.

L'extrusion est un procédé de transformation mécanique qui consiste à forcer, au moyen d'une vis sans fin, le passage en continu d'un polymère fondu au travers d'une tête d'extrusion et d'une filière, permettant de donner sa forme au produit fini. La tête est montée sur une

Derrick Ata-Cesar, Fabrice Gendre, Joseph Schillaci

ligne de production qui permet, en amont, la préparation et le transport de la matière première et, en aval, le conditionnement du produit fini. Ce procédé est appliqué pour la dépose des couches d'isolation dans la production des câbles électriques de toute nature, pour la fabrication de tubes ainsi que dans l'industrie alimentaire. Lorsqu'une matière synthétique est extrudée autour d'un fil, la tête a pour fonction de positionner le fil et de l'enrober d'une couche de la matière. La conception des têtes d'extrusion traditionnelles contraint la matière malléable à contourner des obstacles qui se trouvent dans sa zone de répartition au sein de la tête.

La figure 1 illustre une vue en coupe d'une tête classique de revêtement des câbles par une couche d'isolation. La ma-

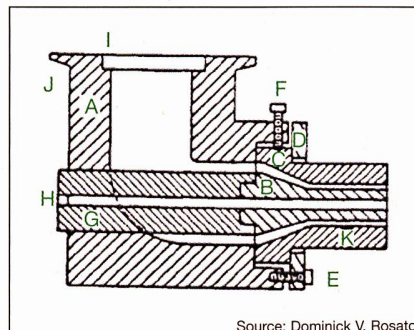


Figure 1 Tête classique de revêtement des câbles [1]

tière est introduite perpendiculairement dans la tête où un certain volume contourne le mandrin de guidage du fil (figure 1, pièce G). Cette séparation du flux de matière a pour conséquence la rupture et l'orientation des chaînes moléculaires d'une partie du polymère fondu traversant la tête. En aval, dans le dispositif de mise en forme (figure 1, pièces B et C), la rencontre des deux flux de matière n'autorise plus un enchevêtrement parfait des chaînes moléculaires et une ligne de soudure se forme dans la couche de matière sortant de l'outil de mise en forme. C'est également à cet endroit que

s'accumulent majoritairement les impuretés. Ce défaut affaiblit les performances mécaniques, électriques et physico-chimiques du produit fini.

Les têtes d'extrusion actuelles confèrent à la structure du produit fini, une orientation des chaînes moléculaires longitudinalement à la forme extrudée. Tout allongement supplémentaire du produit est ainsi limité dans des rapports relativement faibles. De plus, pour atteindre une couche d'une épaisseur sensiblement uniforme et dans les tolérances exigées, un réglage délicat de la concentricité entre la tête et l'outil de mise en forme est nécessaire (figure 1, vis F règle pièce C). Il découle de l'ensemble de ces paramètres qu'une utilisation des têtes d'extrusion traditionnelles exige souvent l'expérience d'un opérateur chevronné et cela sans garantie de la qualité du produit fini.

L'idée novatrice

La société Novi ReS Sàrl basée à Yverdon-les-Bains s'est appliquée à optimiser l'écoulement de la matière dans la tête d'extrusion de manière à obtenir un produit fini totalement homogène, sans la ligne de soudure que l'on trouve habituellement sur les tubes et les câbles. L'objectif était de réaliser une tête d'extrusion:

- dans laquelle le flux de matière n'est ni divisé par le passage autour d'obstacles, ni forcé à s'écouler au travers de trous ou de cavités séparées
- qui confère une disposition moléculaire améliorée aux produits issus du domaine de l'extrusion d'éléments cylindriques creux, pleins ou de films
- modulaire, permettant d'utiliser des modules identiques pour l'extrusion simultanée de plusieurs couches synthétiques
- dont le dispositif de mise en forme de la matière à extruder n'est pas solidaire du module d'alimentation.

Le concept élaboré pour cette tête est basé sur un écoulement axisymétrique où chaque «point» de matière subit le même historique (thermique et cisaillement). La conception d'une tête d'extrusion nécessite la prise en considération du fonctionnement mécanique, du comportement des fluides viscoélastiques ainsi que des as-

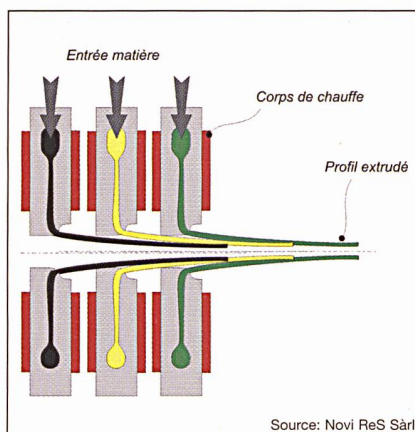


Figure 2 Tête en mode de fonctionnement multicouche

pects de fabrication. En général, la fabrication nécessite un usinage sophistiqué et précis, donc coûteux.

Dans l'exemple représenté par la figure 2, la tête en mode de fonctionnement multicouche comporte trois modules d'alimentation en matière à extruder avec un passage central pour le fil autour duquel trois couches de matière sont extrudées simultanément, les unes sur les autres. Chaque module d'alimentation comporte un conduit d'introduction tangentiel auquel l'extrudeuse est raccordée. Cette conduite débouche sur un canal de distribution périphérique qui permet de répartir le polymère de manière homogène autour d'une zone de recentrage. Cette dernière oriente la matière radialement vers le centre du module et dans les outils de mise en forme. Le flux de matière à travers ces zones est illustré par la figure 3. Chacun des modules peut utiliser des moyens de chauffage indépendants, permettant un réglage optimal de la température du polymère spécifique de

chaque couche. Il en va de même pour la pression exercée sur la matière fondue qui peut être réglée de façon indépendante à l'entrée de chaque module.

La simulation numérique

Les outils modernes de simulation numérique permettent l'analyse et l'affichage explicatif de processus réels par ordinateur. Pendant le développement ou l'optimisation de nouveaux systèmes et pièces techniques, les simulations peuvent fournir des prévisions détaillées sur le comportement de ces derniers et cela avant toute réalisation matérielle. Les mauvaises solutions peuvent ainsi être éliminées en amont du processus de dessin des plans d'exécution. Les effets de variations des conditions d'opération, des matériaux ou de la construction peuvent être étudiés sans recourir à des expérimentations coûteuses ou même dangereuses. Dans le cas des études d'accidents ou des conditions d'opérations extrêmes, la simulation demeure la seule solution. Dans chaque phase d'un projet de développement, un cycle de conception et résolution de problèmes est nécessaire. La simulation peut raccourcir temporellement ces cycles. Durant la phase de préévaluation, la liberté de décision est grande et même les décisions et changements substantiels ont une influence minime sur les coûts. Par contre, un changement pendant les phases avancées de réalisation et d'optimisation peut être impossible ou entraîner des coûts exorbitants. Il est donc recommandé de débiter avec les simulations tôt dans un cycle de développement, et non seulement de les appliquer pour la phase d'optimisation et des études de détails. Depuis une décennie, l'amélioration des logiciels pour la simu-

lation numérique a vu d'importants progrès. D'une part le choix des phénomènes physiques interprétés, l'efficacité des algorithmes ainsi que le rapport puissance/coûts des ordinateurs ont crû. De l'autre part, leur application est devenue plus complexe par la grande quantité de modèles physiques établis qu'il faut sélectionner avec soin. L'exécution d'une simulation et l'interprétation des résultats exigent une expertise certaine. Le développement de ce savoir-faire spécifique et les licences des logiciels commerciaux demandent encore des investissements financiers et en formation importants. Cette approche des développements et optimisations de processus technologiques sont donc, aujourd'hui, encore difficilement accessibles aux PME. Grâce aux licences académiques offertes par la plupart des fournisseurs de logiciels de simulations commerciaux, ces outils sont

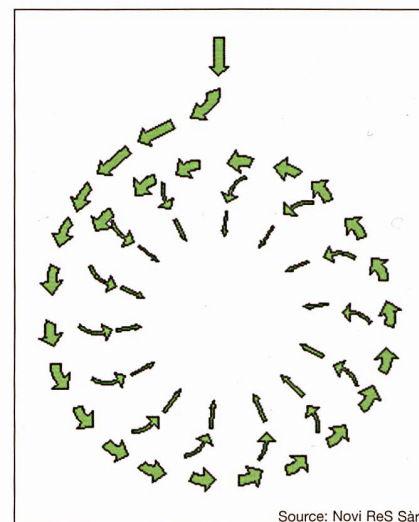


Figure 3 Flux de matière

Energie erzeugen ►► Energie transformieren ►► Energie messen ►► **Energie**

Mittelspannungsanlagen für die Energieverteilung müssen zuverlässig und wirtschaftlich sein.

UNIFLUORC

- ist modular aufgebaut und unterstützt einen platzsparenden Anlagenbau
- gestattet den Einsatz konventioneller Kabelanschlusstechnik
- ist ausgelegt für UN: 24 kV, IN: 630 A, Nennkurzzeitstrom (1s): 20 kA
- unterstützt Sie entscheidend beim Aufbau einer sicheren Energieversorgung

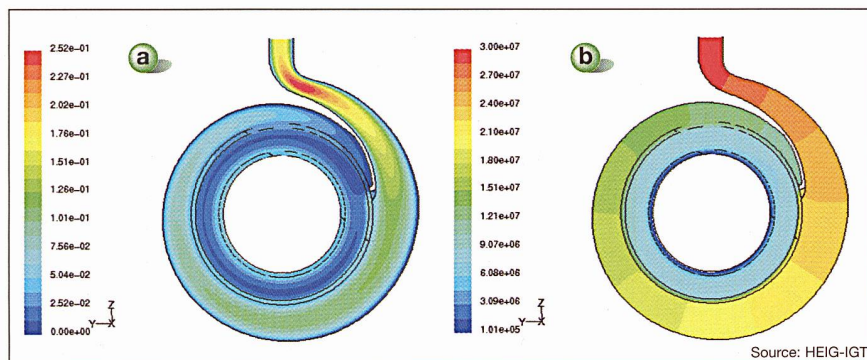


Figure 4 Grandeurs physiques calculées, vitesse (a) et pression (b)

déjà largement établis dans les institutions académiques et leurs centres de transferts technologiques. Ceci met les simulations complexes à la portée d'une communauté d'utilisateurs grandissante. Pour preuve, le nombre de diplômés sortant des Ecoles Polytechniques Fédérales et des Hautes Ecoles Spécialisées avec de bonnes connaissances de ces outils croît rapidement. De telles compétences de pointe offrent d'intéressantes opportunités professionnelles dans les grands groupes industriels du monde entier ainsi que dans de petites sociétés spécialisées dans la simulation de toutes sortes de technologies ou de phénomènes physiques, chimiques et biologiques.

La simulation de la dynamique des fluides et du transfert de chaleur

Un bon nombre des procédés industriels sont caractérisés par le comportement des fluides en écoulement, qui font souvent intervenir plusieurs phases, réactions chimiques ou transferts thermiques. Les techniques de dynamique des fluides

assistées par ordinateur (Computational Fluid Dynamics, CFD) permettent d'analyser ces procédés et, comme déjà évoqué, peuvent apporter une aide considérable à la conception en éliminant le re-

cours aux méthodes expérimentales pour l'étude d'équipements complexes. Les équations mathématiques exactes décrivant des fluides en écoulement tridimensionnel sont un ensemble complexe d'équations aux dérivées partielles couplées, dont la résolution exige des méthodes numériques précises et robustes ainsi que des ressources de calcul substantielles. Les versions des équations différentielles obtenues par la technique des volumes finis peuvent être résolues moyennant un coût informatique modéré. La CFD regroupe l'ensemble des moyens mis en oeuvre pour résoudre ces équations par voie informatique et permet de supprimer les imprécisions liées à des hypothèses de calculs trop simplificatrices. Les solutions sont toujours plausibles sur le plan physique. Il est néanmoins indispensable d'effectuer une évaluation ri-

La collaboration avec un Centre de Transferts Technologiques

Depuis quelques années, les HES ont reçu pour mission, par la Confédération, d'offrir, dans le cadre général des activités de Recherche appliquée et Développement (Ra&D), des services de transfert de technologie à l'économie et en particulier à l'industrie. Dans le Canton de Vaud, le Centre d'Etudes et de Transferts Technologiques (CeTT) représente cette interface entre la Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG) et l'économie. Elle veille à la valorisation des nouvelles technologies, des sciences et des concepts issus des unités de recherche de la HEIG. Les activités de Ra&D ont pour but d'actualiser le savoir dispensé aux étudiants ainsi que de contribuer au processus d'innovation des petites et moyennes entreprises (PME) et, plus largement, au développement économique régional ou national. *Dans le but d'étudier les paramètres importants du flux de matière viscoélastiques (vitesse, température, pression) afin d'optimiser la géométrie de la zone de distribution dans la tête, la société Novi ReS Sàrl s'est adressée au CeTT qui a passé la main à son unité Ra&D adéquate: l'Institut de Génie Thermique (IGT) de la HEIG. L'IGT utilise des logiciels de calcul numérique de pointe permettant la simulation de la dynamique des fluides et du transfert de chaleur.*

verteilen



stationenbau

...plant, baut, verbindet...

Stationenbau AG
Schützenhausstrasse 2
5612 Villmergen
Telefon 056/619 88 00
Telefax 056/619 88 04
E-Mail: info@stationenbau.ch
www.stationenbau.ch

goureuse des modèles physiques et chimiques appliqués pour un calcul par CFD, en particulier de ceux qui concernent la turbulence, la cinétique chimique et les procédés de transport entre différentes phases. Dans le cas de phénomènes très complexes, il est encore recommandé de calibrer les résultats théoriques par le biais d'essais expérimentaux ou de techniques empiriques. Les domaines d'application sont très variés: écoulements internes de toutes sortes de fluides, aéronautique, thermique, ventilation et climatisation, environnement et combustion. Le traitement des écoulements complexes est devenu nécessaire pour obtenir un avantage concurrentiel dans ces domaines d'applications où de petites différences de performances peuvent avoir comme conséquence des gains significatifs. Le développement de logiciels de calcul spécialisés a permis d'agrandir le champ d'application aux prévisions des interactions entre l'écoulement de fluides et les structures rigides. Les puissances de calcul liées aux développements informatiques permettent maintenant de traiter un grand nombre d'écoulements dans un grand nombre de

géométries différentes. La CFD s'impose donc actuellement comme un nouvel outil de résolution, extrêmement performant et entraînant des gains de temps et financiers conséquents.

L'approche scientifique de la société Novi ReS Sàrl en collaboration avec une HES, appliquant la CFD, combinée avec des essais expérimentaux, a fourni des prévisions capitales pour la réalisation et le brevetage d'une tête d'extrusion innovante. La figure 4 illustre un exemple des grandeurs physiques calculées par CFD: vue en 2 dimensions des champs des vitesses et des pressions dans les zones de distribution de la matière au sein de la tête.

Ces collaborations suscitent des défis et expériences de grande valeur pour les chercheurs des institutions académiques et permettent également de servir de base pour des projets d'étudiants stimulants et à riche contenu pédagogique.

Commercialisation

La tête d'extrusion, actuellement en phase de commercialisation, offre de nombreux avantages par rapport aux têtes

d'extrusion traditionnelles. La qualité du produit est nettement améliorée. De dimension réduite, la tête est très modulaire et peut fonctionner en mode monocouche ou multicouches. Dans le cas d'une dépose de plusieurs couches d'isolations différentes sur un conducteur électrique et lorsque les couches ont des températures de fusion différentes les unes des autres, elle permet une nette amélioration de qualité. Le nombre de modules nécessaires peut être facilement assemblé et les outils de mise en forme, qui sont d'ailleurs simples à réaliser, peuvent être aisément changés. L'extrudât se formant de manière homogène, il conserve mieux sa géométrie finale que dans les distributeurs classiques. Le positionnement de modules permet de réaliser des produits ayant un comportement mécanique différent de ceux existant actuellement. On constate une diminution des coûts de production grâce à l'augmentation de la vitesse possible et à la diminution des déchets. En conséquence, l'utilisation de la CFD à un stade avancé de la conception permet, dans ce cas, une nette diminution du «time to market», ainsi qu'une augmentation de la qualité du produit.

Référence

- [1] Dominick V. Rosato: *Plastics Processing Data Handbook*, Second edition, Rhode Island School of Design, Chatham, MA, 02633 USA

Informations sur les auteurs

Derrick Ata-Cesar est ingénieur HES en mécanique. Il a obtenu son diplôme de la Haute école Technique et Architecture (HTA) de Bienne en 2001. Depuis 2002 il travaille en tant qu'ingénieur de projets au Centre d'Etudes et de Transferts Technologiques (CeTT). A l'Institut de Génie Thermique il réalise des projets de recherche appliquée pour l'optimisation de processus de dynamique de fluides et de transfert de chaleur. Il enseigne également la CFD à l'Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud.
derrick.ata-caesar@eivd.ch

Fabrice Gendre est ingénieur HES en génie thermique. Il a obtenu son diplôme de l'EIVD en 2000, ainsi que le prix de la ville d'Yverdon et le prix ASIT pour le logiciel qu'il a créé durant son travail de diplôme. Il détient également un diplôme postgrade HES en génie logiciel. Il travaille en temps qu'ingénieur Ra&D pour le CeTT. A l'institut de génie thermique de l'EIVD, il conçoit et maintient les outils informatiques nécessaires à certaines simulations en C++ et Java sur Windows et Linux. Il soutient les étudiants et diplômés dans leurs développements informatiques et leur enseigne les bases expérimentales de la thermique.
fabrice.gendre@eivd.ch

Joseph Schillaci s'occupe de la conception, du développement et de la réalisation des têtes d'extrusion et des accessoires annexes, de l'aspect commercial et de la mise en service chez les clients.
Directeur Novi ReS Sàrl, Parc Technologique Y-Parc, 1400 Yverdon-Les-Bains, novires@y-parc.ch

Une tête d'extrusion novatrice pour revêtir des câbles

La simulation numérique pour accélérer sa conception

L'extrusion des polymères est appliquée pour déposer des couches d'isolation sur toutes sortes de câbles. Une tête d'extrusion traditionnelle génère une ligne de soudure à peine visible dans le produit fini. C'est à cet endroit que s'accumulent majoritairement les impuretés. Ce défaut affaiblit les performances mécaniques, électriques et physico-chimiques du produit. La société Novi ReS Sàrl a développé une tête d'extrusion novatrice pour pallier ces inconvénients. En collaboration avec une haute école spécialisée (HES), elle a bénéficié de la simulation de l'écoulement de fluides pour éviter les dépenses liées à des expérimentations récursives. Ainsi, le temps et l'investissement nécessaire à la conception et l'optimisation du prototype ont été nettement réduits.