



AIGLE

Lignes de coagulation pour la production de filtres/membranes



Appel à projets SWIch – Soutien aux activités de recherche, développement, innovation et aux phases d'industrialisation des résultats fonctionnels visant à accélérer la mise en production et/ou la commercialisation.

Programme régional Piémont F.E.S.R. 2021/2027

Décision d'exécution de la Commission du 7/10/2022 C (2022) 7270 final

Action I.1i.1. Soutien aux activités RSI et à la valorisation économique de l'innovation

Catégorie de projet 1.a

Titre : *SYSTÈME DE COAGULATION POUR FILTRES ÉVOLUÉS* (acronyme SGFE)



AIGLE Macchine S.r.l.
Via Donatello 8 - 10071 - Borgaro Torinese - Italie
Tel +39 011 2624382
Courriel : info@aigle.it <http://www.aigle.it>

C.F. et n° de TVA 08765330017



Résumé de la proposition de projet

Le projet fait partie de plusieurs initiatives qu'Aigle a prises depuis un certain temps pour rechercher des domaines d'application de ses propres technologies textiles (coagulation, enduction et laminage) dans des zones commerciales également éloignées des chaînes d'approvisionnement plus traditionnelles et/ou dans des systèmes de production existants qui ont besoin d'être renouvelés et évolués grâce à nos technologies.

Parmi les différents domaines d'activité dans lesquels Aigle est leader, la production d'installations de coagulation et d'enrobage joue un rôle très important.

Le projet que nous allons décrire est décliné et identifié selon les principes directeurs dans le domaine de la recherche fondamentale et spécifiquement :

- l'innovation
- la créativité
- incertitude
- la systématique de la recherche

L'idée et le projet

Nous avons conçu une ligne de coagulation (inversion) avec l'option intégrée de deux systèmes d'enrobage - fente et racle sur cylindre. La machine intègre les deux systèmes et les rend disponibles sans pratiquement aucune modification du matériel. Le système à fente permet de coaguler des produits chimiques de faible viscosité à l'aide d'un solvant vert sans l'aide du DMF (un solvant qui a toujours été utilisé pour le processus de coagulation des polymères sur les films et les tissus). En bref, l'objectif principal était de rendre la ligne compatible avec les exigences mécaniques et fluïdo-dynamiques des nouveaux produits chimiques à utiliser pour ce type de traitement. Cela se vérifie à la fois dans la manière dont les matières premières sont manipulées le long de la ligne et dans la triple manière dont les produits chimiques sont appliqués aux nombreux supports possibles (filets textiles, TNT, mylar, coton, etc.).). Tous ces supports ont également la possibilité d'être doublement enrobés de mylar. La ligne permet donc l'application d'une chimie dédiée à différentes technologies, certaines très innovantes, d'autres plus traditionnelles, d'autres encore consistant en des technologies traditionnelles utilisées avec des matériaux innovants. Cela ouvre des espaces techniques et commerciaux très prometteurs pour l'utilisation de ces produits.

Idée et motivation du projet, problème abordé et objectifs généraux

Aigle produit principalement des équipements d'enduction, de coagulation, de flocage et de laminage pour l'industrie textile. De 1985 à 2000, Aigle a produit de nombreuses lignes de coagulation de textiles utilisant des polyuréthanes dispersés dans du DMF. Le DMF est un solvant peu respectueux de l'environnement et de la santé publique. Dans les systèmes de coagulation traditionnels, la solution eau-DMF, résidu du processus de coagulation (2500 l/h de solution dans une installation fonctionnant en trois équipes), était ensuite séparée en eau (partiellement réutilisable dans le système) et en DMF qui était également réutilisé pour dissoudre le polyuréthane. La Communauté européenne s'est prononcée à plusieurs reprises en faveur de l'abandon de l'utilisation du DMF comme solvant pour la fabrication de similicuir et d'autres membranes coagulées.

Cette étude a permis de créer une ligne de coagulation qui fonctionne avec des polyuréthanes dissous dans des solvants alternatifs, appelés Green Solvent.

Pour mettre en pratique cette étude, Aigle a collaboré avec d'importantes entreprises industrielles (pour des raisons de confidentialité, nous ne pouvons pas mentionner les noms des entreprises ou certains types de produits qui résultent de cette technique). Outre l'utilisation du Green Solvent, la nouvelle ligne est conçue pour utiliser des films mylar afin de permettre le processus de coagulation/inversion sur les filets tissés en polyester et en nylon. Une partie de la recherche a donc porté sur la manière de gérer la tension du film fin (<50microns d'épaisseur) en même temps qu'une maille de polyester également très fine.

Pour mener à bien ce projet, Aigle s'est appuyé sur sa longue expérience de fabricant de lignes de coagulation avec des solvants traditionnels, puis a su trouver des solutions très innovantes pour résoudre les problèmes posés par les nouveaux solvants et médias :

- viscosité relativement plus faible des résines polymères
- nécessité de paramétrer le système de détection de la concentration, qui n'a pas été conçu pour le solvant Green.
- doivent créer un système de traction avec une tension très limitée (< 0,5 N par cm) sans s'étirer ni se plisser.
- trouver une technologie d'enduction ambivalente capable de gérer des plages de viscosité très élevées et de gérer le contrôle de la température du composé et des cuves de coagulation et de lavage (50-90°).

Au fil des ans, Aigle a développé diverses technologies orientées dans cette direction, en soutenant cette recherche en grande partie par l'autofinancement et en partie par le financement public.

Les techniques de revêtement sont surtout utilisées sur le métal, le plastique, le caoutchouc, etc. pour des secteurs tels que l'automobile, la construction, l'emballage, le médical, etc.

Les résultats de cette recherche ont ainsi permis à Aigle de proposer ces nouvelles solutions à différents marchés avec beaucoup de succès ces dernières années. Aigle a ainsi pu gagner d'importantes parts de marché dans le domaine des équipements de revêtement et de laminage, par exemple dans les secteurs de l'automobile, de la construction, des textiles techniques et autres.

Les secteurs où l'utilisation de cette nouvelle technologie est possible sont nombreux (certains ne peuvent être nommés pour des raisons de confidentialité) tels que la filtration (automobile, industrie des produits blancs), le médical (remplacement de tissus), la recherche pure (nouveaux matériaux, membranes).

Dans tous les secteurs mentionnés, il existe une forte demande d'utilisation des avantages fonctionnels de la technologie étudiée (performances accrues en matière de perméabilité à l'air mais pas aux liquides, etc. Le tout avec une durabilité absolue, qui est un aspect essentiel et universellement reconnu pour la plupart des entreprises dans le monde.

Cependant, nous avons rencontré un certain nombre de difficultés pour y parvenir, tant au niveau des processus que des solutions techniques.

Problèmes liés au processus de production :

- difficultés liées à l'utilisation du solvant vert dans un processus impliquant principalement du DMF
- la gestion des pousses de transport de tissus et de mylar
- fragilité mécanique du support de la maille

Problèmes liés à la recherche des matières premières les plus appropriées :

- la difficulté de trouver des matériaux compatibles avec les formulations chimiques des fibres à traiter (les polymères et les solvants, les supports) à utiliser dans les processus de coagulation.

Les nouveaux systèmes industriels et les technologies appliquées exigent également une rationalisation des critères de production et une augmentation de la productivité, ainsi que la recherche de matières premières appropriées (composés et tissus/films). Dans le même temps, l'augmentation constante des normes de qualité oblige les fabricants de ces composants à rechercher la qualité totale et donc des systèmes de production capables d'augmenter la productivité tout en maintenant un contrôle élevé de la qualité du produit semi-fini.

L'étude de cette usine et de ces technologies avait pour but de poursuivre et d'atteindre ces deux objectifs, en principe antithétiques, mais qui ont été atteints grâce aux solutions techniques proposées.

Champ d'application de l'intervention

Le développement de cette ligne de coagulation ouvre à Aigle la possibilité de réaliser des installations spécifiques dans le domaine des produits avancés et hautement innovants.

Cette innovation s'inscrit pleinement dans le cadre du secteur proposé, car elle modifie considérablement les modèles utilisés jusqu'à présent et permet l'utilisation et le développement de produits innovants, en particulier dans le domaine des textiles techniques et structurels, qui constituent également l'un des marchés les plus développés du secteur textile à l'échelle mondiale.

L'innovation proposée dans le projet vise à développer un nouveau modèle utilisant les techniques de coagulation appliquées aux textiles techniques dans les secteurs médical et industriel, ce qui permet d'élargir les marchés dans lesquels les techniques de coagulation peuvent être utilisées, et donc de préfigurer des retombées cohérentes avec celles annoncées (diversification de l'offre sur des marchés en croissance,

création de nouveaux concepts et produits pour le cadre de vie, les moyens de transport et le design, et le secteur médical).

Les retombées indiquées représentent, d'une part, des opportunités d'occuper de nouveaux segments de marché à valeur ajoutée en spécialisant l'offre et, d'autre part, des défis sociaux pour lesquels des solutions intelligentes, efficaces et efficientes doivent être trouvées afin de répondre à la concurrence mondiale.

Le projet s'inscrit dans ce contexte en proposant une innovation significative sur un marché, celui des textiles techniques et médicaux, où la production régionale occupe une place importante au niveau mondial.

Trajectoire de référence par rapport aux principaux aspects innovants du projet

Le développement de ce modèle permet l'utilisation d'un produit innovant capable de remplacer des matériaux plus traditionnels dans des secteurs tels que le médical et l'industrie légère ; grâce aux performances des nouveaux produits coagulés avec des solvants verts, il est possible d'obtenir des avantages en termes de durabilité et d'impact sur l'environnement. En effet, les caractéristiques techniques des membranes respirantes ne seront plus pénalisées par le faible facteur de durabilité qui caractérisait les produits fabriqués avec le solvant DMF.

État de l'art scientifique et technologique

Le terme "coagulation" ou "inversion de phase" désigne un processus au cours duquel un polymère est transformé de manière contrôlée d'une phase liquide (d'une solution de polymère) en une phase solide (membrane). Cette transition de phase peut être réalisée par différentes méthodes : précipitation par évaporation, précipitation par immersion, précipitation thermique, précipitation à partir de la phase vapeur du solvant. Le principe utilisé par Aigle consiste en une évaporation et une précipitation par immersion. L'inversion de phase permet de préparer des membranes de forme, de structure et de taille de pore différentes, en utilisant une grande variété de polymères et de solvants. L'effet microporeux est obtenu par la migration du solvant, qui migre pour créer des micropores à la surface. À l'intérieur du film, la migration du solvant laisse des espaces vides (cellules), dont la taille varie en fonction de la solution, des temps de traitement et des méthodes d'application qui donnent des résultats différents en termes de perméabilité au passage de l'air. Dans la plupart des cas, après le processus, les membranes sont ensuite séchées dans des fours appropriés.

Le processus de coagulation varie principalement en fonction

de la base sur laquelle le film est étalé,

- de l'épandage de produits chimiques
- par les techniques de revêtement employées.
- le type de solvant utilisé
- le type de cuve et le temps de séjour dans la cuve de coagulation.

D'un point de vue mécanique, il existe différents types de cuves de coagulation

- cylindre vertical
- chaîne verticale
- cylindre vertical et chaîne
- horizontal
- horizontal et vertical

Le type de cuve influence deux aspects du processus de coagulation :

- la tension du matériau
- la permanence du film à l'intérieur de la cuve

Ces deux aspects sont très importants pour la cellulation, qui est la variable fondamentale pour la valeur de la perméabilité membranaire. En fait, la cellulation est inversement proportionnelle à la tension. Par conséquent, dans un réservoir à développement horizontal doté d'un système de serpentín traditionnel (disposition des cylindres à l'intérieur du réservoir qui permet de retarder au maximum le contact des cylindres avec la partie droite où réside le polymère coagulé), la tension détermine la possibilité d'avoir une cellulation plus compacte ou plus large, avec pour conséquence une perméabilité plus ou moins grande. Le temps de séjour dans le réservoir influence également les caractéristiques de la cellulation, c'est-à-dire la perméabilité.

Sur le plan chimique, les variables du processus sont les suivantes

- le type de polymère
- le type de solvant
- la concentration de solvant dans le polymère
- la concentration du solvant dans le réservoir de coagulation

Le processus de microperforation du film se produit pendant la phase d'évaporation (avant l'immersion dans la cuve) et pendant la migration du solvant du film enduit vers le liquide de la solution de la cuve.

La concentration de solvant tend naturellement à augmenter avec l'apport continu de solvant lorsque le film entre dans la cuve de coagulation. Pour maintenir constant le niveau de concentration du solvant, on utilise un instrument spécial, le réfractomètre, qui commande une vanne permettant à l'eau déminéralisée d'entrer pour maintenir constante la valeur du solvant dans la solution. Cette valeur varie généralement entre 10 et 25 %.

Après la coagulation, la membrane est immergée dans la cuve de lavage. En fonction de la vitesse du processus et de la concentration du solvant, une ou plusieurs cuves de lavage en cascade sont utilisées.

La membrane doit sortir de la cuve de lavage avec des valeurs de solvant insignifiantes. Après le lavage, la membrane est séchée dans un four à air chaud.

Les secteurs industriels utilisant le processus de coagulation comprennent les textiles, les chaussures, l'automobile, le secteur médical, la construction, les géotextiles, etc.

L'évolution de la coagulation est donc orientée vers la recherche et la combinaison de

- nouveaux solvants verts
- nouveaux produits chimiques répandus
- de nouveaux supports sur lesquels s'étendre.
- de nouveaux types de transporteurs en cas de besoin

L'objectif de la recherche était précisément de partir d'une base d'enduction qui présente déjà des caractéristiques intrinsèques innovantes. En effet, dans le passé, il était principalement enduit sur des tissus traditionnels en coton ou sur des tissus non tissés, alors que l'étude envisage d'enduire le polymère à coaguler sur des tissus à mailles ou sur du mylar en développant et en combinant de nouvelles techniques d'enduction (comme le slotting) et en utilisant de nouveaux produits chimiques ou, en tout cas, des produits étalables qui n'ont pas encore été appliqués à la coagulation.

Les raisons pour lesquelles ces techniques/technologies ne sont pas encore très développées tiennent principalement aux facteurs suivants :

- Peu d'entreprises comme Aigle peuvent se prévaloir d'une expérience aussi vaste dans les techniques de coagulation, grâce à l'expérience accumulée dans diverses installations industrielles et laboratoires sur des lignes de coagulation traditionnelles avec DMF. Ce savoir-faire est indispensable pour pouvoir analyser de manière experte les technologies les plus appropriées à utiliser en fonction des matières premières de l'installation à construire :
- La difficulté de la coagulation sur le mylar ou les tissus légers réside dans la recherche de produits chimiques qui adhèrent et conservent les performances souhaitées après le séchage. En outre, les tissus en mylar et en maille sont mécaniquement fragiles et nécessitent des systèmes de synchronisation et de tension en ligne particulièrement avancés.

Citons quelques exemples qui non seulement n'épuisent pas le potentiel de la recherche, mais soulignent également combien son champ d'application pourrait être encore plus large : biomédical, applications de filtration dans des secteurs très variés. Les possibilités de croissance du secteur sont considérables.

Dans le contexte des membranes avancées, on parle de perméabilité sélective. Cela signifie que si deux substances présentes dans une solution traversent une membrane à des vitesses différentes, les courants de perméat et de rétentat peuvent contenir une grande quantité de l'une des deux, en exploitant précisément cette différence de vitesse de passage. La recherche consacre beaucoup de ressources à ce domaine car les possibilités d'utilisation des membranes technologiquement avancées sont considérables, voire très nombreuses :

- le dessalement de l'eau, pour la rendre potable
- la récupération de composés bioactifs ou de polluants (médicaments, pesticides, métaux lourds) à partir de l'eau.
- dérivation industrielle dans les domaines agro-alimentaire et pharmaceutique,
- réactions enzymatiques, dialyse (rein artificiel),
- développement de capteurs moléculaires, cristallisation de protéines,
- récupération de substances à partir de matrices naturelles, concentration de jus,

Comme nous l'avons dit, il ne s'agit que de quelques exemples qui n'épuisent certainement pas les utilisations potentielles importantes et les développements évolutifs (techniques et commerciaux) en perspective.

Innovations réalisées dans le cadre du projet

L'objet de l'étude est une ligne de coagulation innovante qui, partant des technologies de coagulation traditionnelles pour la production de cuir synthétique pour l'habillement et l'ameublement avec l'utilisation de PU et de DMF, arrive à une ligne innovante qui peut être adaptée à la production de filtres à usage médical avec l'utilisation d'une chimie différente.

Nous avons conçu une ligne de coagulation avec la possibilité d'intégrer deux systèmes d'enrobage - fente et racle sur cylindre. La machine intègre les deux systèmes et les rend disponibles sans pratiquement aucune modification matérielle. Le système à fente permet d'utiliser des produits chimiques à faible ou très faible viscosité tout en maintenant une précision absolue du film de revêtement.

Afin de répondre aux exigences de polyvalence et de contrôle du processus de production, la ligne se caractérise par un système de tension du matériau à coaguler, qui a donc été conçu spécifiquement pour les tissus très légers adaptés au traitement requis, et pour l'entrelacement de deux matériaux superposés (tissu léger plus film de support). Le système est conçu pour maintenir constante la tension du matériau entre 0,1 et 1 N par cm linéaire. La coexistence des deux matériaux entraîne des plis et des glissements qui nuisent au processus de coagulation. C'est pourquoi le contrôle de la tension et l'enrobage spécial sont des éléments de recherche qui permettent d'éviter ces phénomènes préjudiciables au processus. La gamme de vitesses est très élevée par rapport à des lignes similaires de 0,1 à 5 mètres/m'. Pour ce faire, des cylindres pneumatiques spéciaux à faible friction ont été utilisés (pour déplacer les "danseurs", qui sont chargés de contrôler la tension du matériau afin de donner le signal au moteur d'entraînement qui y est connecté). Un transducteur spécial a ensuite été utilisé pour fournir un signal très précis à l'automate qui le traite pour faire bouger le servomoteur avec un mouvement linéaire et sans à-coups, même à des vitesses très faibles.

Tables d'enrobage utilisées dans une ligne de coagulation avec trois technologies différentes d'une extrême flexibilité :

- revêtement de lames de racle avec une grande précision et des épaisseurs de revêtement très faibles, de l'ordre de 40 à 50 microns.
- Enduction à la raclette dans l'air avec possibilité de faire pénétrer le polymère dans le tissu à coaguler.
- revêtement avec fentes de distribution pour utiliser des produits chimiques même à faible viscosité. Un système innovant dans ce secteur

Des systèmes particuliers de contrôle et de gestion des processus ont été envisagés et appliqués (capteurs de température, d'épaisseur, de vitesse, synchronismes, contrôle des processus par PLC, etc.)

La somme des innovations technologiques permet à Aigle de construire une ligne de coagulation présentant les caractéristiques suivantes :

- l'utilisation du solvant vert, et donc de mettre sur le marché une technologie durable qui n'a pas d'impact négatif sur l'environnement.

- l'utilisation de films mylar pour permettre le processus de coagulation/inversion sur des filets tissés en polyester et en nylon, ce qui permet d'obtenir des membranes de haute technologie pour une variété d'utilisations.

Durabilité technico-économique

Les décennies d'expérience d'Aigle dans le secteur technique et commercial concerné et les installations dont elle dispose lui permettent d'aborder cette recherche avec optimisme. Les hypothèses de temps et de coûts sont basées sur des expériences similaires déjà menées et réussies les années précédentes.

Depuis de nombreuses années, Aigle développe, fabrique et installe des systèmes de coagulation pour les applications les plus diverses.

L'orientation est toujours de combiner des matières premières souvent innovantes (compounds, etc.) avec des systèmes d'application de ces produits sur des articles de différentes natures : récemment, par exemple, des lignes d'enduction avec un système d'extrusion à fentes pour tissus élastiques pour la production de similicuir ont été conçues et développées.

Ce projet fait partie du programme de renouvellement de la gamme de produits Aigle. Il s'agit donc d'essayer d'utiliser des technologies de pointe dans différents domaines pour réaliser des installations qui peuvent être attrayantes parce qu'elles sont innovantes.

C'est également avec un ancien procédé d'enduction sur fibre de verre pour papier peint que l'une des premières confirmations du besoin du marché en matière de développements technologiques et techniques dans ce domaine de recherche a été faite.

On a également évalué les types de secteurs dans lesquels cette étude sera utile : on sait déjà qu'elle est utile dans la production de filtres automobiles et dans l'industrie blanche (où, en outre, il existe de nombreux domaines dans lesquels ces membranes coagulées pourraient être utilisées avec succès), mais on s'attend à ce que d'autres secteurs soient également intéressés : par exemple, dans les produits liés à la biochimie, à la médecine, etc.

Intégration avec d'autres initiatives et développements futurs

Le projet s'inscrit déjà dans le cadre d'un effort continu d'intégration des technologies d'enduction dans le domaine textile, à la recherche de champs d'application différents et novateurs. Des systèmes d'enduction ont déjà été mis en œuvre, mais pour les fibres non textiles, le champ de recherche et de développement est encore très vaste et les utilisations différentes.

On pense que la coagulation sur membrane peut se poursuivre et ouvrir de nouveaux horizons à ces techniques de production, comme cela a déjà été le cas dans des expériences similaires.

Les propriétés mécaniques, fonctionnelles et esthétiques obtenues peuvent être utilisées dans les secteurs les plus divers.