

The European UP/VE Resin Association Safe Handling Guide No. 2:

Exposition professionnelle au styrène



Lorsqu'ils utilisent des résines polyester insaturé (UP), les opérateurs sont potentiellement exposés à un monomère qui s'évapore, le styrène. Dans tous les états membres de l'Union Européenne, les employeurs sont responsables du contrôle des substances dangereuses en s'assurant du respect des niveaux d'exposition maximale admissible (VLEP) fixés par les autorités nationales compétentes. Le tableau ci-contre (Fig. 2) indique les VME et VLE (valeurs seuils) appliquées en Europe. Les concentrations de styrène sont indiquées en partie par million (ppm) et représentent les concentrations moyennes mesurées pendant une durée de travail de 8 heures (VME), les valeurs limites d'exposition (VLE) et les valeurs plafond.

La VLE (valeur limite d'exposition) est la valeur maximale admissible pendant une courte durée, en général 15 minutes. Certains pays ont mis en place une valeur plafond instantanée ne devant pas être dépassée (Ceiling limit). Lorsque les valeurs limites d'exposition au styrène sont susceptibles d'être dépassées dans un atelier, des mesures appropriées de gestion des risques doivent être prises.

En complément de VLEP nationales, le règlement européen REACH (CE1907/2006) demande aux responsables des enregistrements des substances dangereuses d'établir une limite d'exposition sans effet (DNEL pour Derived Non Effect Limit) pour différents types de population et différentes voies d'exposition. La DNEL est le seuil en dessous duquel aucun effet sur la santé n'est attendu. Elle est utilisée pour établir les conditions opératoires et les mesures de gestion des risques appropriées qui définissent l'utilisation sécurisée d'une substance pour le scénario d'exposition spécifiée dans la fiche de données de sécurité étendue (eSDS) du fournisseur. La DNEL du styrène pour exposition des travailleurs par inhalation sur une moyenne de 8 heures est de 20 ppm. La DNEL pour une exposition court terme des travailleurs par inhalation est de 68 ppm.

Exigences pour la mesure et le contrôle de l'émission

Plusieurs normes européennes définissent les exigences pour mesurer les atmosphères sur les lieux de travail et l'exposition du personnel aux agents chimiques comme le styrène :

EN 838 199: Atmosphères sur le lieu de travail. Exigences et méthodes d'essai pour déterminer les gaz et les vapeurs.

EN 689 1996: Atmosphères sur le lieu de travail. Directive pour évaluer l'exposition aux agents chimiques par inhalation, pour comparaison avec les valeurs limites et pour déterminer la stratégie de mesure.

CEN/TC 137 : Normes publiées relatives à l'exposition aux agents chimiques sur le lieu de travail.

L'exposition dépend des techniques de Transformation

Les différentes techniques de transformation ont un effet marqué sur la quantité de styrène qui s'évapore de la surface de la résine.

Le taux d'évaporation du styrène dépend de plusieurs facteurs, tels que le type de résine, le procédé d'application, le matériel utilisé pour l'application, la conception et la configuration de l'outillage.

Le tableau ci-après (Fig. 1) et Fig. 7 (p. 9) donnent à titre indicatif le pourcentage moyen de perte de styrène dans les différentes techniques de traitement.

Procédé	Perte de styrène, %
Pulvérisation de gelcoat	10-14
Pistolage, résine non LSE (non à basse émission de styrène)	7-10
Application du gelcoat à la brosse	6-8
Enroulement filamenteux	5-7
Superposition manuelle des couches, résine non LSE	4-6
Pistolage, résine LSE / LSC (à faible teneur en styrène)	4-6
Pulvérisation d'une couche de finition	4-5
Application de la couche de finition à la brosse	3-4
Superposition manuelle des couches, résine LSE/LSC	3-4
Pultrusion	1-3
Béton de résine synthétique, etc.	1-3
Stratification en continu	1-2
Fabrication de SMC ou BMC	1-2
Moulage de SMC ou BMC	1-2
Procédés en moules fermés (moulage par transfert de résine RTM/RTM léger/infusion)	< 1

D'après les facteurs d'émission indiqués page 1, il est possible de combiner l'utilisation de résine dans le procédé et la capacité de ventilation de l'atelier pour obtenir une indication de la probabilité d'un dépassement de la TLV.

Fig. 2 Les VME et VLE (valeurs seuils) appliquées en Europe

Pays	8-hour TWA (ppm)	15 min STEL (ppm)
L'Autriche	20	80
Belgique	25	50
Bulgarie	20	50
Croatie	100	250
Tchéquie	24	90
Danemark	-	25*
Estonie	20	50
Finlande	20	100
France	23.3	46.6
Allemagne	20	40 (4x15 mins)
Grèce	100	250
Hongrie	50	50*
Irlande	20	40
Italie	10	20
Lettonie	2.4	7
Lituanie	20	50
Pays-Bas	20	20*
Norvège	25	37.5
Pologne	12	47
le Portugal	20	40
ATTEINDRE DNEL	20	68
Roumanie	12	35
Slovaquie	20	50*
Slovénie	20	80
Espagne	20	40
Suède	10	20
la Suisse	20	40 (4x10 mins)
Royaume-Uni	100***	250
États-Unis (ACGIH)	10	20

* Valeur Plafond

*** Obligation de réduire autant que possible

Evaluation des niveaux d'exposition sur le lieu de travail

Il est indispensable que les niveaux de styrène sur le lieu de travail soient régulièrement évalués. Utilisez le matériel disponible dans le commerce pour mesurer l'exposition des travailleurs et contrôler les concentrations de styrène dans l'air. Ce matériel permet aux mouleurs de matériel composites de prendre les mesures appropriées, et le cas échéant, de réduire l'exposition afin d'assurer la conformité à la législation locale ou nationale ainsi qu'au scénario d'exposition concerné.

Les concentrations de styrène sur le lieu de travail et la capacité de ventilation peuvent être estimées de la façon suivante : supposez un taux d'évaporation de 1 kg de styrène par heure. Afin de rester inférieur à une concentration de 20 ppm sur le lieu de travail, il faut approximativement 12.000 m³ d'air pour extraire le styrène de l'air de ce lieu. Il est possible d'estimer la capacité nécessaire de ventilation d'après les facteurs d'émission des différents procédés, indiqués par la fig. 1, ainsi que de consommation horaire de résine. Dans les cas où le moulage en moule fermé peut être introduit, l'investissement est rentable. Non seulement les émissions de styrène sont énormément réduites (cf. fig. 1), mais les produits finis présentent une plus grande régularité. Les techniques de moulage en moule fermé comprennent le moulage par transfert de résine (RTM), l'injection de résine (moules mâle et femelle) ou l'infusion de résine (un film souple forme le moule mâle).

Une illustration

Si nous supposons que 50 kg de résine LSE est traitée par stratification manuelle en une heure, cela signifie que l'émission de styrène sera d'environ 1,5 kg/heure. Une capacité minimum de ventilation de 18.000 m³ par heure est donc nécessaire pour maintenir la concentration de styrène inférieure à 20 ppm.

Mais en pratique, la capacité de ventilation installée doit être plus élevée, parce que la vapeur de styrène ne sera jamais diluée de façon homogène dans l'atmosphère de l'atelier.

Pour une opération de stratification manuelle, l'air dans le local de travail doit être généralement renouvelé 10 à 15 fois par heure. Pour les opérations de pulvérisation, ce taux de renouvellement peut être considérablement plus élevé.

Maintenir de faibles niveaux d'exposition

Il y a de nombreuses façons de conserver de faibles niveaux d'exposition. Certaines concernent le choix approprié des matières premières, d'autres le procédé de transformation ou le matériel et d'autres les connaissances et la spécialisation de l'opérateur. Nous donnons ci-après – sans que ce soit exhaustif – plusieurs suggestions pour maintenir de faibles taux d'exposition. Ces informations doivent être utilisées en conjonction avec les conditions opératoires et les mesures de gestion des risques spécifiées dans chaque scénario d'exposition établi par votre fournisseur.

Traitement par des produits de nettoyage

Un bon entretien peut avoir une conséquence énorme sur le maintien d'une faible exposition au styrène. Il a également une répercussion positive sur la sécurité et les frais d'exploitation. Utilisez des résines LSE dans la mesure du possible et toujours une résine ayant la teneur la plus faible possible en styrène.

Évitez les cuves et seaux de résine/gelcoat ouverts

La résine et le gel coat doivent toujours être stockés dans un local spécifique bien ventilé. Évitez la pulvérisation excessive et les déversements pendant l'application. Les déversements doivent être éliminés aussi rapidement que possible.

Maintien de faibles températures sur le lieu de travail

Une température élevée sur le lieu de travail accroît l'évaporation de styrène et donc les expositions et émissions. Évitez les emballages ouverts et assurez-vous que tous les restes de stratifiés ainsi que les chiffons et le papier contaminés par des résines soient toujours placés dans un conteneur fermé. Mettez ces conteneurs à l'extérieur ou dans une zone bien ventilée lorsque l'opération de stratification est terminée.

Bien que l'exposition au styrène se produise principalement par inhalation, évitez le contact excessif de la peau avec des résines, ainsi donc portez toujours des vêtements et gants de protection.

Adoptez le traitement en moule fermé si possible

Choisissez des techniques de transformation mettant en œuvre une application de la résine sans atomisation comme l'application au rouleau ou des systèmes de projection à jet convergent.

La pulvérisation robotisée convient si les séries sont en quantités suffisamment importantes.



L'émission de styrène peut être considérablement réduite en adoptant des techniques de moulage en moule fermé, comme l'infusion de résine (1) ou l'injection de résine (2).

Méthode de surveillance de l'exposition au styrène



Pendant la transformation de résines polyester insaturé (résines UP), les opérateurs sont exposés à des émissions de styrène. Dans la plupart des pays européens, des limites sont établies pour déterminer le niveau maximum d'exposition professionnelle au styrène.

Ces limites légales sont expliquées ci-dessus. L'exposition au styrène peut être mesurée de plusieurs façons, depuis le simple tube à variation de couleur jusqu'au système de contrôle des données à long terme.

Ce bulletin présente les différentes méthodes disponibles et explique comment choisir la meilleure méthode dans différentes conditions.

Exigences légales pour la mesure et le contrôle du styrène

Plusieurs normes européennes définissent les exigences pour mesurer les atmosphères sur les lieux de travail et l'exposition du personnel aux agents chimiques comme le styrène :

EN 838 1996

Atmosphères sur le lieu de travail. Echantillonneurs par diffusion pour la détermination des gaz et vapeurs. Exigences et méthodes d'essais.

EN 689 1996

Atmosphères sur le lieu de travail. Directive pour évaluer l'exposition aux agents chimiques par inhalation, pour comparaison avec les valeurs limites et méthodes de mesure.

CEN/TC137

Normes publiées. Evaluation de l'exposition aux agents chimiques sur le lieu de travail.

Les législations, pour la plupart, stipulent qu'il incombe à l'employeur de mesurer et contrôler les concentrations des substances dangereuses sur le lieu de travail. L'entreprise peut effectuer elle-même les travaux nécessaires ou peut charger un organisme extérieur de procéder au contrôle pour son compte.

L'adéquation et la représentativité des données obtenues par le contrôle sur le lieu de travail dépendent largement de la qualité de l'échantillonnage. Cette qualité est influencée par de très nombreux facteurs, comme le procédé adopté, les conditions de ventilation, l'heure de la journée, la température, la phase dans le cycle de moulage au moment de la mesure et la proximité de l'instrument de mesure par rapport à l'opérateur.

L'exposition réelle au styrène ne peut donc être correctement évaluée que si les mesures sont effectuées tout en procédant à une observation physique de l'opérateur qui est contrôlé.

Systèmes et paramètres de mesure

Le moyen le plus simple de mesurer une concentration de styrène dans l'air consiste à utiliser des tubes en verre contenant un fluide qui se décolore lorsqu'il est exposé au styrène. L'étendue de la décoloration indique la concentration de styrène. Ces tubes sont utiles pour des sondages rapides des niveaux de concentration, mais ne remplacent pas les procédés de contrôle avec des mesures sur de longues périodes.

Si l'exposition au styrène est mesurée pour vérifier la conformité aux limites d'exposition légales, comme une valeur seuil moyenne en 8 heures, le matériel doit être choisi de façon à pouvoir mesurer la concentration moyenne de styrène durant la journée. Des badges en charbon actif ou des tubes Tenax se sont révélés une méthode adéquate pour ce type de mesure

Cependant, les badges en charbon actif à eux seuls ne donnent pas d'informations sur les variations de l'exposition dues aux conditions du procédé, à la ventilation dans l'atelier et à la position de l'opérateur durant les travaux.

Dans ce cas, il est nécessaire d'utiliser du matériel qui saisit et enregistre la concentration en styrène dans une mémoire interne. La lecture des données et la vérification des résultats par rapport aux activités de l'opérateur durant la mesure permettent d'obtenir des informations importantes sur la relation entre ces activités et le niveau d'exposition.

Quand les opérateurs utilisent un équipement de protection personnelle, tel que des masques respiratoires qui fournissent de l'air filtré, la concentration en styrène dans l'air donne un résultat trop élevé (lors) de l'évaluation de l'exposition.

Dans ces cas, l'exposition devra de préférence être évaluée par une méthode biologique : une mesure des produits de décomposition du styrène dans des échantillons d'urine (acide mandélique (MA) et acide phénylglyoxylique (PGA)), prélevés sur l'opérateur en fin de son poste.

Le tableau de la page 3 récapitule les méthodes les mieux appropriées.



Système de contrôle des badges et d'analyse des données pour enregistrer l'exposition au styrène sur le lieu de travail

Méthodes de mesure et instruments de mesure

Plusieurs dispositifs différents de contrôle et de test analytique existent sur le marché. La liste ci-après n'est pas exhaustive et nous ne préconisons pas les produits ou services d'une société plutôt que ceux d'une autre.

Mesures par sondage

Les sociétés suivantes fournissent des tubes en verre avec flui de colorant : Kitagawa (www.komyokk.co.jp), Dräger (www.draeger.com)

Contrôles par rapport aux limites légales d'exposition : Une concentration moyenne sur 8 heures peut être mesurée par diverses méthodes. Les badges à charbon actif, fournis par plusieurs sociétés, notamment 3M (www.3M.com), sont largement utilisés.

D'autres moyens de mesurer une concentration moyenne sur 8 heures consistent dans l'absorption sur tubes Tenax (www.sgab.com) ou dans l'utilisation de films à variation de couleur (www.piezoptical.com).

Système de contrôle du styrène avec saisie de données

Il existe plusieurs types d'équipements portatifs permettant de stocker les données mesurées : le système PID (détection par photo-ionisation) est un principe de détection assurant une réponse très rapide et à une large gamme de mesure.

Des équipements PID peuvent être fournis par Rae Systems (www.raesystems.com) ou BW Technologies (www.gasmonitors.com). Un autre équipement portatif est commercialisé par Draeger (www.draeger.com) (Draeger PAC III).

L'analyse à infrarouge (IR) ou la chromatographie gazeuse (CG) peut aussi être utilisée, surtout lorsqu'il s'agit de mesurer plus d'un gaz volatil. Dans la plupart des cas, ce système ne sert qu'aux analyses scientifiques, car il est trop coûteux pour l'utilisation journalière.

Méthode de Contrôle	Tubes Kitagawa, Draeger	Charbon, Tenax, PiezOptic Badges	PID PAC III Check-It IR	Contrôle biologique
Estimation rapide	Oui	Non	Non	Non
Contrôle par rapport à la valeur TLV	Non	Oui	Oui	Oui
Evaluation pendant toute une journée de travail	Non	Oui	Oui	Oui
Exposition de l'opérateur en temps réel	Non	Non	Oui	Oui
Informations sur le procédé	Non	Oui	Oui	Non
Rapport sur l'hygiène professionnelle	Non	Oui	Oui	Oui
En combinaison avec la protection personnelle	Non	Non	Non	Oui
Précision	Non	Oui (+/- 10%)	Oui	Oui



Système combiné de détection par photo-ionisation (PID) et de surveillance des gaz.

Ventilation du lieu de travail dans l'industrie des polyesters



Pendant l'utilisation des résines UP ou d'autres produits contenant du styrène, le styrène monomère s'évapore durant l'application, en particulier dans le cas des procédés à moules ouverts. Une conception adéquate de la fabrication et un bon entretien sont importants pour maintenir l'exposition des opérateurs en dessous des valeurs seuils.

Le matériel d'application doit être choisi de façon à réduire l'évaporation de styrène durant l'utilisation. Dans la mesure du possible, utilisez toujours une résine à faible émission de styrène (LSE) ou à faible teneur en résine (LSC). Une bonne ventilation du lieu de travail et un équipement approprié de protection personnelle sont également indispensables pour minimiser les niveaux d'exposition.

Ce bulletin d'information examine les principes de la ventilation du lieu de travail. Il donne également des informations sur la façon d'estimer la capacité de ventilation requise dans un atelier de polyester.

Principes de ventilation

Au cours des travaux avec des résines de polyester, la majorité de la vapeur de styrène est produite très près de l'opération de moulage. De préférence, l'extraction doit être située aussi près que possible de la source. C'est ce qui garantit la ventilation la plus efficace d'un atelier et permet aux vapeurs de styrène d'être éliminées à des concentrations relativement élevées avec un faible volume de déplacement d'air.

Si la vapeur de styrène peut se diffuser à travers l'atelier, la capacité de ventilation requise pour l'éliminer devient alors beaucoup plus élevée.

Le système de ventilation doit donc être conçu en tenant compte de ce qui précède. Cependant, il n'y a pas de plan standard de ventilation pour un atelier de polyester, car le volume de résine utilisée et la technique de traitement constituent des facteurs importants. Une forte fluctuation de la consommation de résine entraînera une forte variation de l'émission.

La capacité de ventilation doit donc être conçue pour l'émission maximale. **Il existe essentiellement trois différentes méthodes ventilation, chacune ayant ses avantages et inconvénients spécifiques.**

Ventilation générale de l'atelier

La ventilation générale de l'atelier (appelée aussi ventilation par dilution) s'effectue en renouvelant son volume totale d'air plusieurs fois par heure.

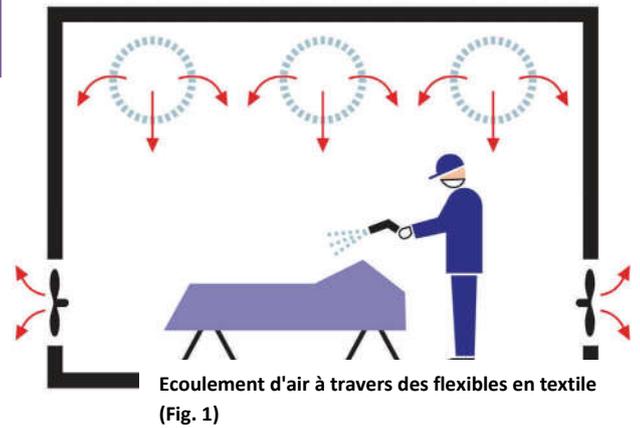
Ce principe de ventilation est largement répandu, car il est relativement simple et donne un degré élevé de flexibilité dans le mouvement des matières et des produits dans l'atelier. L'inconvénient est qu'il nécessite un déplacement d'air très élevé pour maintenir la concentration de styrène au niveau désiré. Pendant les périodes froides, il peut également occasionner des frais excessifs de chauffage.

Une ventilation générale de l'atelier n'est pas toujours suffisante, surtout pour les moulages de grandes dimensions, comme bateaux et silos.

Dans ces cas, la ventilation générale du lieu de travail est souvent complétée par des ventilateurs qui soufflent l'air à l'écart de l'opérateur. Mais il en résulte inévitablement une nouvelle dispersion de la vapeur de styrène dans tout l'atelier.

C'est pourquoi, avec la ventilation générale, il est important de maintenir la vitesse de l'air aussi faible que possible. Ce type de ventilation est souvent obtenu en amenant de l'air frais à travers des flexibles en textile posés en dessous du plafond de l'atelier (cf. fig. 1).

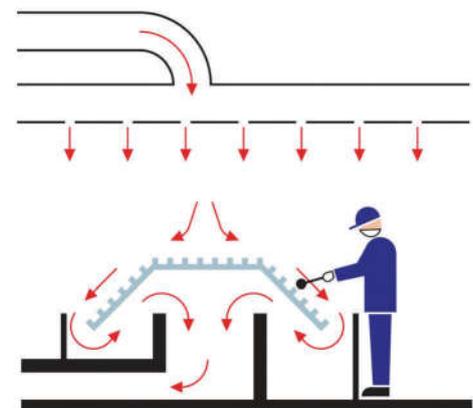
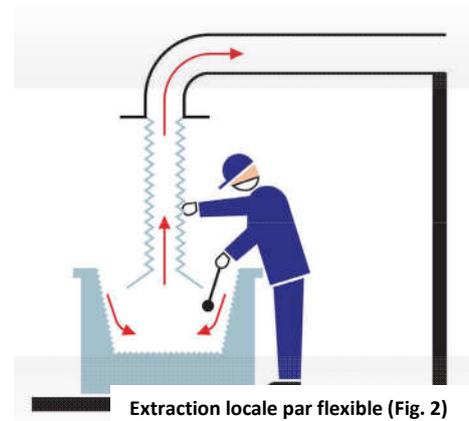
L'air concentré en styrène est extrait près du niveau du plancher. La ventilation générale n'est suffisante à elle seule que dans le cas des petites opérations de moulage.



Ventilation locale

Méthode plus efficace que la ventilation générale de l'atelier, car la vapeur de styrène est évacuée par des hottes de ventilation montée aussi près que possible du lieu de dégagement de styrène (cf. fig. 2).

L'implantation des hottes de ventilation peut être réalisée avec souplesse, pour leur permettre de rester efficaces même si des produits différents sont émis. Pour rester efficaces, les hottes de ventilation doivent être placées aussi près que possible de la zone de travail. Ces hottes peuvent avoir l'inconvénient d'entraver la liberté de mouvement autour du moule.



L'association de hottes de ventilation avec un réseau d'écoulements d'air qui poussent l'air chargé de styrène directement vers une hotte donne un système de va-et-vient, capable de réduire très efficacement l'exposition au styrène.

Pour les petites pièces, les tables de stratification peuvent être équipées de systèmes avec tirage vers le bas, associées à des hottes d'extraction semi-enfermées (cf. fig. 3). Un bon exemple de ventilation locale consiste à placer des bouches d'aspiration dans le plancher du lieu de travail, avec amenée d'air frais arrivant d'au-dessus du moule. Ainsi, l'opérateur travaille toujours en ayant sa zone de respiration dans l'air frais (cf. fig. 4).

C'est lorsque des produits de dimensions relativement faibles sont fabriqués en un lieu fixe que la ventilation locale est la plus efficace.

Ventilation par zone

La ventilation par zone associe la ventilation générale à la ventilation locale. Dans ce cas, une partie de l'ensemble de l'atelier, ou compartiment, est ventilée de façon à extraire le styrène avant sa dilution dans l'air de tout l'atelier.

La division d'un atelier en compartiments n'est efficace qu'en présence d'un bon équilibre entre l'amenée d'air frais au compartiment et l'extraction de l'air contaminé.

Les cabines de pulvérisation donnent un bon exemple d'application de la ventilation par zone. Une cabine de pulvérisation est un compartiment plus ou moins séparé du reste de l'atelier. L'écoulement d'air peut être mieux contrôlé et il faut moins d'air pour extraire la vapeur de styrène.

La vitesse de l'air à l'entrée d'une cabine de pulvérisation doit être prévue entre 0,3 et 1,0 m/sec., ce qui peut encore donner lieu à un important déplacement d'air. Il existe diverses façons d'optimiser ce déplacement dans la cabine.

La série de fig. 6 indique la façon d'optimiser l'écoulement d'air dans une cabine de pulvérisation. Le premier schéma (6a) montre qu'une extraction ouverte de la pulvérisation peut donner lieu à beaucoup de turbulence. Mais si la cabine de pulvérisation est conçue minutieusement pour diriger l'écoulement d'air vers l'arrière (cf. fig. 6, série b-d), il y a moins de turbulence et il faut donc moins d'air pour l'extraction de styrène.

Estimation des exigences de ventilation

Le taux d'évaporation du styrène dans un atelier de polyester dépend de nombreuses variables, comme le type de résine, le procédé d'application, le matériel d'application, la conception et la configuration de l'outillage, etc.

La figure 7 donne à titre indicatif le pourcentage typique de perte de styrène dans les différentes techniques de traitement, calculée en tant que perte en poids de résine.

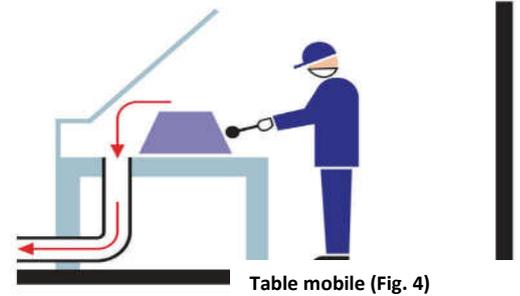
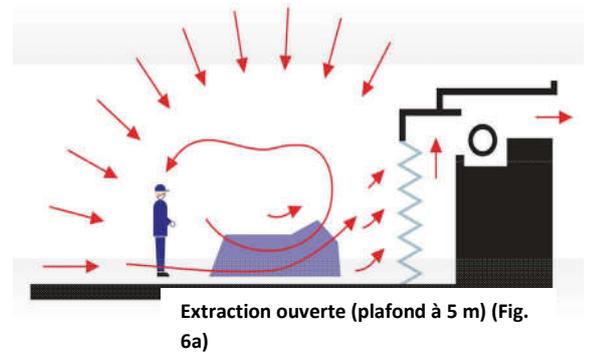
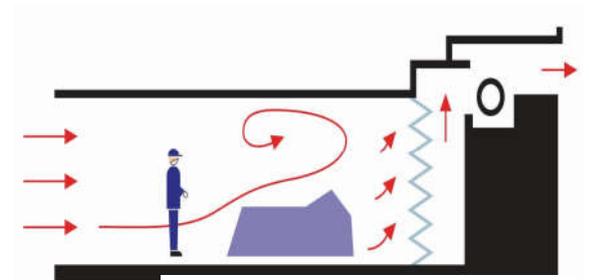


Table mobile (Fig. 4)



Extraction ouverte (plafond à 5 m) (Fig. 6a)



Cabine (ouverture de 5 x 2,5 m) (Fig. 6b)

Procédé	Perte de styrène (% en poids de résine)
Pulvérisation de gel coat	10-14 %
Pistolage, résine non LSE	7-10 %
Application manuelle du gel coat à la brosse	6-8 %
Enroulement filamenteux	5-7 %
Superposition manuelle des couches, résine non LSE	4-6 %
Pistolage, résine LSE / LSC	4-6 %
Pulvérisation d'une couche de top coat	4-5 %
Application de la couche de top coat à la brosse	3-4 %
Superposition manuelle des couches, résine LSE/LSC	3-4 %
Pultrusion	1-3 %
Stratification en continu	1-2 %
Fabrication de SMC ou BMC	1-2 %
Moulage de SMC ou BMC	1-2 %
Procédés en moules fermés (moulage par transfert de résine RTM/RTM léger/infusion)	< 1 %

Fig. 7, Perte de styrène selon le procédé

Types de cabine de pulvérisation

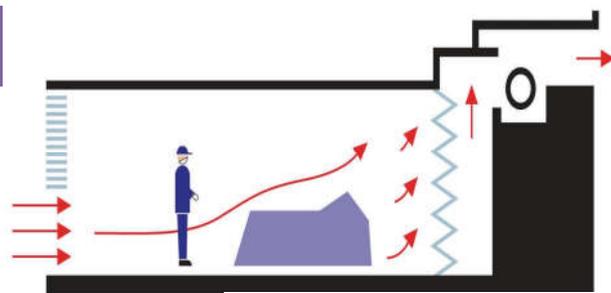
Ce tableau permet d'estimer la capacité de ventilation. Un atelier mesure 40 x 20 x 5 m, son volume est donc de 8000 m³. Si 150 kg de résine sont stratifiés par pulvérisation, s'agissant d'une résine LSE/LSC à taux d'évaporation de styrène de 4 %, l'émission horaire de styrène est de 6 kg.

Dans l'hypothèse où cette quantité de styrène est répartie régulièrement dans toute l'atmosphère de l'atelier, sa concentration sera de 750 mg/m³. Si la ventilation se fait par dilution, nous pouvons estimer la capacité minimale de ventilation requise pour maintenir la concentration de styrène en dessous de la valeur de concentration maximale admissible (CMA). A une valeur CMA de 108 mg/m³ (25 ppm), le volume de l'atelier doit être renouvelé $750/108 = 7$ fois par heure, ce qui signifierait une capacité minimale de ventilation de 56000 m³/h.

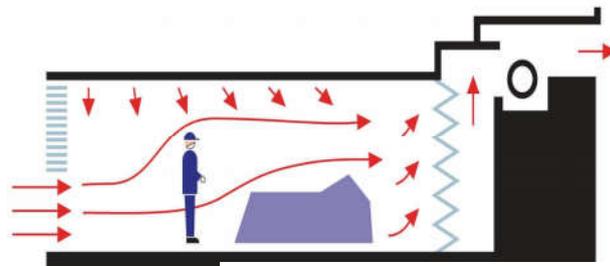
La ventilation réelle requise peut être beaucoup plus élevée. Si le même atelier sert régulièrement aussi à des opérations d'application de gel coat, l'émission de styrène est considérablement plus élevée, si bien que la capacité de ventilation doit être accrue en conséquence. Une conception minutieuse du système de ventilation de l'atelier peut entraîner des économies substantielles. En pratique, un plan de fabrication correctement conçu et un système de ventilation optimisé pour les flux et les sens des écoulements donneront une demande en capacité de ventilation plus faible.

Recommandations générales

- Une erreur générale consiste à considérer que, comme la vapeur de styrène est plus dense que l'air, elle descend instantanément vers le plancher. Bien que la densité de la vapeur de styrène soit égale à 3,6 fois celle de l'air, une concentration de styrène de 500 ppm dans l'air donne une élévation de densité de seulement 0,13 %, comparativement à celle de l'air pur. De légers courants de convection et les mouvements habituels de l'air amènent donc déjà le styrène à se dissiper dans tout l'atelier.
- Maintenez l'atelier fermé. Un système de ventilation bien conçu n'est efficace que si les écoulements d'air ne sont pas perturbés par des fenêtres ou portes ouvertes. L'ouverture des portes en été pour abaisser la température a souvent pour effet de provoquer une exposition plus élevée au styrène.
- Évitez l'inhalation de vapeur de styrène, si nécessaire en portant une protection respiratoire personnelle.
- Empêchez les résines de venir en contact avec la peau et les yeux en portant des vêtements de protection appropriés, comme des gants, des combinaisons et des lunettes.
- Prélevez les résines UP et mélangez-les dans un local spécifique bien ventilé, afin de réduire la probabilité de passage des vapeurs de styrène dans les zones de travail adjacentes.
- Suivez les instructions du fabricant pour mélanger les additifs, les accélérateurs, les matières de charge et les peroxydes. Ces produits sont réactifs ; certains additifs ou leurs combinaisons peuvent provoquer des réactions non désirées.



Cabina (apertura 5m x 1m) (Fig 6c)



Cabina (soporte air jet) (Fig 6d)

Equipement de Protection Individuelle (EPI)



Comme bien d'autres environnements industriels, les opérateurs de l'industrie de transformation des résines à base de polyester insaturé (UPR) sont quotidiennement exposés à des risques professionnels. Après une évaluation convenable et lorsque cela est possible, l'application de mesures relatives au procédé (par exemple l'utilisation de résines à faible émission de styrène (LSE), de résines à faible teneur en styrène (LSC), l'emploi de technologie technique en moule fermé) ainsi que des contrôles techniques, comme l'aération du lieu de travail, un autre aspect à envisager est l'équipement de protection individuelle.

Pour une sécurité maximale au travail, il est souvent indispensable de porter un Equipement de Protection Individuelle (EPI) qui soit adapté.

Ce guide décrit les risques sanitaires fréquents dans l'industrie de transformation des résines à base de polyester insaturé et donne des conseils généraux sur l'équipement de protection individuelle qui convient. Il va de soi que ces conseils ne sauraient remplacer la politique de l'entreprise et la législation nationale sur la protection et la sécurité des salariés, mais ils viennent les compléter.

Il convient de toujours se reporter à la fiche des données de sécurité du fournisseur pour obtenir des informations plus précises.

Exposition aux Composés Organiques Volatils (COV)

Les résines à base de polyester insaturé sont des solutions polymères de polyester dilués dans des monomères réactifs tels que le styrène. Comme les polymères ne sont pas réputés présenter des risques sérieux, le risque sanitaire le plus fréquent de la manipulation de la résine à base de polyester insaturé est l'exposition au styrène et à d'autres composés organiques volatils (COV).

Le styrène est une substance dangereuse qui peut être absorbée et diffusée dans l'organisme par inhalation, ingestion ou contact avec la peau. Un équipement de protection individuelle s'utilise lorsque les mesures de protection collective ne sont pas suffisantes pour maîtriser l'exposition au styrène et à d'autres COV.

C'est la transformation en moule ouvert de composites à base de polyester renforcé de fibres de verre (PRV –

Polyester Renforcé Verre) qui présente le plus grand risque d'exposition.

Les concentrations de vapeur de styrène sur le lieu de travail (qui peuvent être mesurées par des appareils de mesure disponibles sur le lieu de travail) peuvent dépasser les limites d'exposition professionnelle durant des opérations telles que par exemple la stratification manuelle, la projection et l'enroulement filamentaire. Les autres agents chimiques souvent présents dans les ateliers de polyester renforcé de fibres de verre sont l'acétone, le vinyltoluène et le méthacrylate de méthyle. Lorsque l'aération et les pratiques de travail se révèlent insuffisantes, il convient d'avoir recours à une protection respiratoire adéquate pour réduire l'exposition aux COV par inhalation.

Le contact direct, prolongé ou répété de la peau avec des résines à base de polyester insaturé ou avec ces agents chimiques peut avoir un effet dégraissant, desséchant ou provoquer une irritation et doit être évité.

Exposition aux peroxydes organiques

Les résines à base de polyester insaturé passent d'un état liquide à un état solide quand elles sont catalysées de façon appropriée. Les peroxydes organiques, comme le peroxyde de méthyléthylcétone (PMEC) et le peroxyde de benzoyle (PBO) servent d'agent de réticulation ou de durcissement des résines à base de polyester insaturé.

Les peroxydes organiques sont des produits chimiques agressifs qui peuvent avoir un effet catastrophique sur les yeux et la peau. Il faut absolument éviter tout contact avec les peroxydes organiques en utilisant une protection adéquate pour les yeux et la peau.

Exposition aux poussières et aux brouillards

Le sablage, le sciage, le meulage, le perçage, l'ébarbage, l'usinage et le polissage de composites en PRV et des UPR réticulées produisent de fines poussières qui peuvent irriter les yeux, la peau et le système respiratoire.

Les applications par projection peuvent donner lieu à des brouillards constitués de résine et à des fibres de verre en plus des COV.



Masques de protection complets avec alimentation en air frais

Une bonne aération est indispensable pour exécuter ces tâches, surtout lorsque la poussière risque de contenir des agents ignifuges, des pigments ou des fibres de verre.

Un équipement de protection individuelle est nécessaire si les contrôles techniques ne peuvent pas réduire de façon adéquate le risque d'exposition.

Exposition au bruit

Une exposition continue ou intermittente à des niveaux sonores supérieurs à 80 dB(A) peut provoquer une baisse irréversible de l'acuité auditive. Dans l'industrie du PRV, des stratifiés sont souvent découpés à la scie circulaire ou à la scie sauteuse. Parmi les autres outils bruyants, on trouve la machine de projection simultanée, le pistolet de projection et les ponceuses. Les niveaux sonores durant ces activités peuvent dépasser les valeurs limites d'exposition et accroître le risque de troubles de l'audition en l'absence d'une protection auditive convenable.

Des études chez l'animal suggèrent que l'inhalation de styrène à des concentrations élevées, notamment en association avec l'exposition au bruit, pourrait détériorer la capacité auditive. Une exposition au styrène associée à des niveaux sonores élevés doit donc faire l'objet d'une attention particulière.

Il existe, dans la plupart des lieux de travail, d'autres risques qui ne sont pas spécifiquement associés aux UPR.

Il s'agit, par exemple, du travail sur des surfaces glissantes ou accidentées, du travail en hauteur ou de l'exposition à des chutes d'objets.

Pour faire face à ces risques, la protection individuelle doit être étudiée séparément et n'est pas traitée dans ce guide.

Protection respiratoire

Un équipement de protection respiratoire testé et étiqueté en conformité avec les normes européennes permet d'assurer une protection contre les vapeurs de styrène et les autres contaminants en suspension dans l'air. Les masques de protection les plus communément portés dans l'industrie de transformation des UPR sont des masques purifiant l'air, équipés de cartouches remplaçables de type A pour les vapeurs organiques.

Les cartouches de type A contiennent du charbon actif et sont efficaces contre le styrène, le vinyltoluène et le méthacrylate de méthyle. Des cartouches de type AX doivent être utilisées pour les solvants à bas point d'ébullition comme l'acétone. Les cartouches à charbon actif ont une durée de vie limitée, en fonction de facteurs comme le produit chimique spécifique, la concentration, la durée d'utilisation, la fréquence respiratoire, l'humidité relative, la température ainsi que les conditions de stockage convenables. Il faut donc remplacer régulièrement les cartouches contre les vapeurs organiques afin d'éviter une défaillance.

Les filtres de type P s'utilisent pour les particules telles que les poussières de résine et de fibres de verre. Ils doivent être remplacés lorsqu'il devient difficile de respirer. Il existe des filtres combinés pour vapeurs organiques et particules, de même que des demi-masques jetables uniquement pour poussières et fibres.

Il existe un grand choix de masques et de appareils respiratoires selon la protection nécessaire. Un demi-masque couvre la bouche, le nez et le menton. Un masque facial complet couvre la bouche, le nez, le menton et les yeux. Les masques faciaux complets assurent donc la protection des yeux et du visage ainsi que la protection respiratoire. Il est important de savoir que ces masques ne sont parfaitement efficaces que s'ils adhèrent parfaitement à la peau.

En effet, une barbe, des moustaches et des pattes peuvent altérer cette adhérence et rendre le masque inopérant. Des tests doivent être effectués régulièrement afin de vérifier l'adhérence du masque sur la peau. Les visières-écran ou casques mécaniques à air à ajustage libre possèdent un système de pompe + filtre à piles que l'opérateur porte à la taille. Les masques à alimentation en air frais fournissent l'air frais par un tube venant d'une réserve d'air ou d'un compresseur d'air respirable situé dans une zone non contaminée.

**Demi-masque à cartouche
contre les vapeurs
organiques et les poussières**



Combinaison jetable portée avec un demi-masque et des

Les masques filtrants purifiant l'air ne fournissent pas d'oxygène et ne peuvent pas être portés dans les atmosphères présentant un risque vital immédiat. Les respirateurs à alimentation en air à pression positive, utilisés lorsque des issues de secours sont prévues, doivent être adoptés dans les cas où un dégagement non contrôlé est possible, le niveau d'oxygène est bas, il faut pénétrer dans un espace confiné, les concentrations dans l'air ne sont pas connues, ou dans d'autres circonstances où les respirateurs purifiant l'air ne fournissent pas une protection adéquate.

Choisir la protection respiratoire adéquate

Chaque type et classe d'équipement de protection respiratoire (EPR) est catégorisé par un facteur de protection caractéristique (FPC). Le FPC est une indication numérique du niveau de protection que peut fournir l'EPR. Par exemple, un EPR ayant un FPC de 10 réduira l'exposition de l'utilisateur par au moins un facteur de 10, dans la mesure où l'EPR est bien utilisé et a subi un test d'ajustement approprié. Cela signifie que, théoriquement, l'utilisateur ne respirera qu'un dixième ou moins de la substance présente dans l'air. Avec les équipements modernes, l'efficacité de la protection est souvent bien supérieure.

Pour se protéger des vapeurs de styrène, il est généralement recommandé d'utiliser un respirateur à filtre ou à ventilation assistée avec un FPC de 20 ou 40, et ce, seulement pour des expositions à court terme de moins d'une heure. Pour les opérations de pulvérisation et de stratification manuelle et les autres opérations où l'exposition est élevée, il est hautement recommandé d'utiliser une cagoule ventilée avec un FPC de 40 ou 200.

Un FPC de 40 implique une efficacité de 97,5 % au minimum (masques à ventilation assistée, filtre à particules). Un FPC de 200 implique une efficacité de 99,5 % au minimum (cagoule avec débit d'air constant).

S'il y a un risque de formation d'aérosol/de brouillard, il faudra utiliser un système combiné de filtre à particules et à vapeurs organiques. Les filtres à particules doivent être conformes à la norme EN 143. Les filtres de types P3 sont recommandés. En règle générale, les filtres doivent être au minimum conformes à la norme EN 14387:2004.

Généralement, les masques serrés sont uniquement recommandés pour les utilisations de courte durée (< 1 h). En effet la chaleur et la transpiration peuvent gêner l'opérateur et l'inciter à réajuster son masque, créant des risques d'exposition directe accessoires.

Les cagoules ventilées fournissent de l'air frais, lequel arrive par un tuyau grâce à une pompe ou un compresseur situé dans une zone non contaminée. Ces cagoules sont recommandées lors des opérations qui durent plus d'une heure, par exemple lorsqu'un opérateur travaille sur une chaîne de pulvérisation spécialisée.

Une cagoule ventilée peut fournir un haut niveau de protection tout en permettant à l'opérateur de travailler confortablement. Les fournisseurs proposent généralement des modèles de cagoule qui sont conçus pour être confortables : les cagoules sont légères et flexibles, peuvent s'utiliser à la fois avec des systèmes à filtres et à arrivée d'air et conviennent à un port à long terme.

Il faut périodiquement vérifier les filtres et les remplacer si nécessaire en suivant un régime d'hygiène strict. Un filtre usagé peut conduire à une exposition par inadvertance. De plus, le coût des vérifications régulières des filtres et du remplacement de ces derniers indique que l'installation d'un système à arrivée d'air peut s'avérer le choix le plus économique tout en optimisant les niveaux de sécurité et de confort de l'opérateur.

Les systèmes à débit continu sont préférables aux systèmes sous pression à la demande parce qu'il y a moins de risque de sécheresse de la peau, celle-ci pouvant créer un inconfort. Bien entendu, de tels systèmes doivent être installés avec la pleine coopération des opérateurs affectés. De plus, une formation spécifique doit être fournie pour que ces derniers sachent utiliser correctement les équipements de protection individuelle dans chaque scénario d'utilisation.

Protection des yeux et de la face



Les lunettes doivent être toujours parfaitement entretenues

Les lunettes à coques latérales protègent contre les particules volantes et offrent une protection oculaire limitée contre la poussière et les éclaboussures. Il y a lieu de porter des lunettes de protection contre les produits chimiques ainsi qu'un masque facial ou une visière-écran pour travailler avec des produits chimiques sous pression et pour manipuler des peroxydes organiques.

Dans les cas où du styrène ou une résine à base de polyester insaturé peut venir directement en contact avec les yeux, les respirateurs à masque facial complet peuvent aussi assurer une protection oculaire. Le système de protection oculaire doit être traité de façon à empêcher la formation de buée ou conçue de manière à permettre une circulation d'air suffisante pour éviter que la condensation ne trouble la vue.

Les porteurs de lunettes doivent être dotés d'une protection oculaire adaptée. De même, dans toutes les conditions dangereuses, les porteurs de lentilles de contact doivent porter des systèmes de protection oculaire appropriés. Tout l'équipement de protection oculaire et facial doit être parfaitement entretenu, car des lunettes et une visière-écran rayées ou sales diminuent la vision, créent des reflets et peuvent contribuer à des accidents.

Douche oculaire de secours

Il est impératif d'installer des douches oculaires de secours dans les endroits où des membres du personnel risquent d'être touchés par des éclaboussures accidentelles de substances corrosives comme des peroxydes organiques. Ces dispositifs doivent être marqués de façon visible, vérifiés régulièrement et placés à des endroits faciles d'accès en cas d'urgence.



Station de lavage oculaire permettant un rinçage adéquat dans le cas d'un contact des yeux avec des produits chimiques

Protection des mains

Il faut porter des gants adéquats, résistants aux produits chimiques, pour assurer la protection contre le contact avec la peau et l'absorption de produits chimiques

employés dans l'industrie de transformation des résines à base de polyester insaturé. Les gants en alcool polyvinyle, en Viton® et en film stratifié sont conseillés en cas de contact direct et continu avec la résine à base de polyester insaturé. Des gants en caoutchouc nitrile ou en chlorure de polyvinyle (PVC) peuvent être portés pour la protection contre les éclaboussures et en cas de contact bref ou intermittent avec les UPR, mais ne conviennent pas pour manipuler de l'acétone, du styrène, ou du méthylméthacrylate.

Il ne faut jamais utiliser des gants chirurgicaux en latex naturel, car ils sont très perméables aux produits chimiques et peuvent donner des réactions allergiques chez les personnes sensibles.

Les gants doivent être vérifiés avant chaque utilisation, retirés et remplacés immédiatement s'ils présentent des signes de dégradation, de pénétration ou de contamination importante. Vous devez toujours vous laver les mains à l'eau et au savon après avoir travaillé avec des produits chimiques. Pour de plus amples instructions sur le bon choix et l'utilisation des gants, consultez la fiche de données de sécurité ainsi que votre fournisseur d'équipement de protection individuelle. Il existe des crèmes-écran qui renforcent la protection de la peau en plus des gants.



Vêtements de protection

Les vêtements de travail doivent pouvoir protéger contre une contamination normale et surtout contre les poussières de résine et la fibre de verre. Le port d'une combinaison complète ou d'autres vêtements de travail à manches longues est vivement conseillé pour empêcher l'irritation de la peau par les fibres de verre.

Les vêtements de travail normaux ne protègent pas du contact direct avec des résines liquides, des solvants et des peroxydes organiques. Les vêtements ou les chaussures contaminés par des liquides nocifs doivent être remplacés immédiatement et la peau doit être lavée à l'eau et au savon afin d'éviter des lésions.

Protection auditive

Il est conseillé d'utiliser une protection auditive durant les travaux susceptibles d'exposer les opérateurs à des niveaux sonores supérieurs à 80 dB(A). Il faut utiliser des systèmes individuels de protection auditive convenablement adaptés, des bouchons d'oreilles montés sur un serre-tête ou des coquilles antibruit (casque antibruit) lorsque l'exposition au bruit est égale ou supérieure 85 dB(A). Il existe des coquilles très légères qui sont à la fois confortables et efficaces contre des niveaux sonores élevés (en général, l'atténuation du bruit est de l'ordre de 25 à 30 dB).

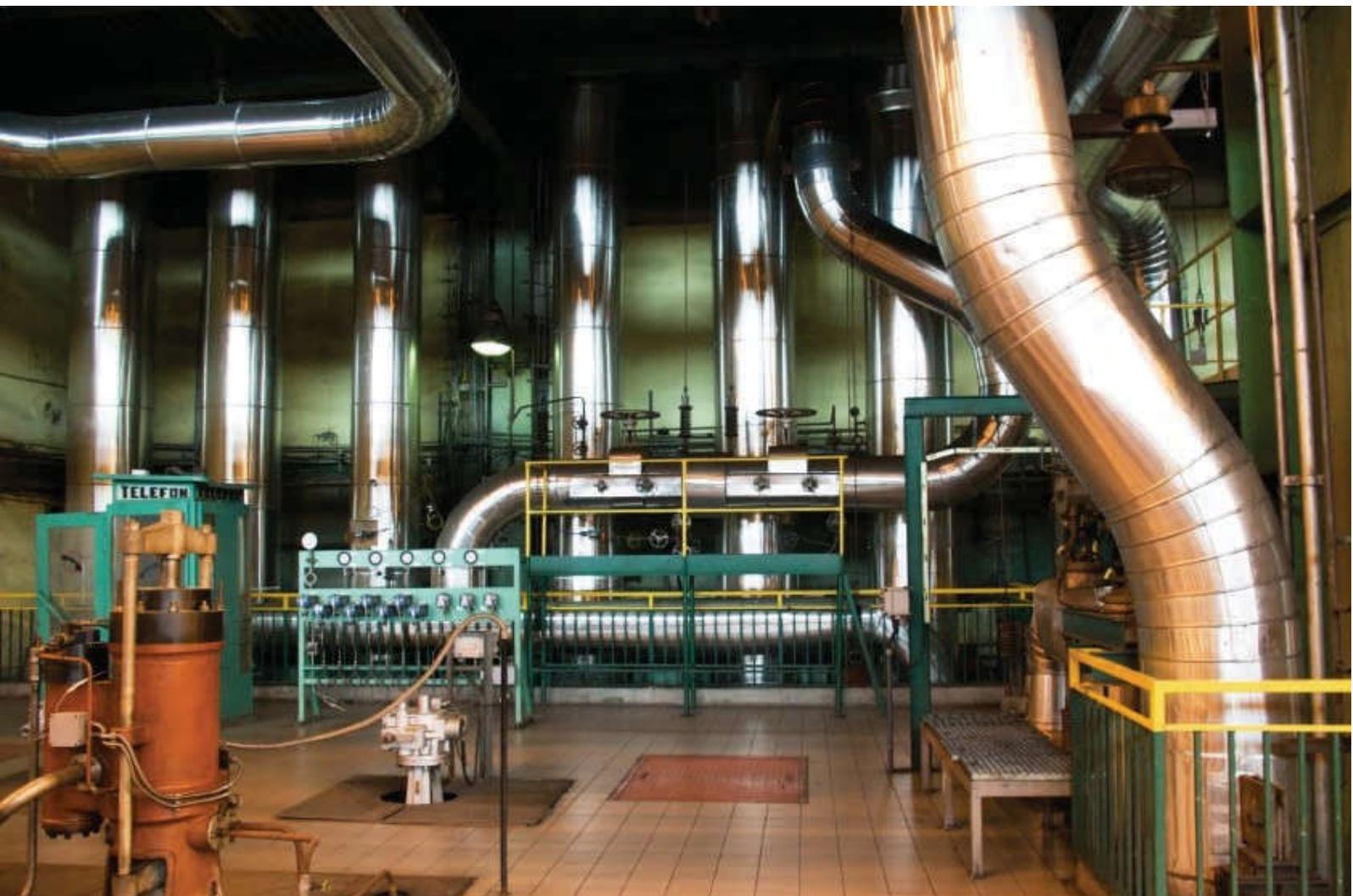


Équipement de protection individuelle utilisé dans une opération de projection en moule ouvert

Tableau 1 : Types d'EPR recommandés pour activités avec des résines polyester insaturées

Activité et durée	EPR recommandé	Diagramme
<p>Lorsque des expositions à court terme intermittentes/accessoires sont possibles</p> <p>(élimination des déchets, entretien de matériel, nettoyage)</p> <p>< 15 min.</p>	<p>Respirateurs à demi-masque réutilisables – filtres à gaz/vapeur (EN 140 et EN 14387 ; EN 405 ; EN 1827)</p> <p>Type de filtre A1</p> <p>Vapeurs organiques (Point d'ébullition > 65 °C)</p> <p>FPC de 10</p>	
<p>Opérations de faible énergie à court terme (trempage, versage, application à la brosse)</p> <p>< 1 heure</p>	<p>Respirateurs à masque complet</p> <p>– filtres à gaz/vapeur (EN 136 pour masque et EN 14387 pour filtre)</p> <p>Type de filtre A1</p> <p>Vapeurs organiques (Point d'ébullition > 65 °C)</p> <p>FPC de 20</p>	
<p>Opérations de haute énergie à court terme (pulvérisation, application à la brosse)</p> <p>< 1 heure</p>	<p>Respirateurs à ventilation assistée avec masques (EN 12942)</p> <p>Type de filtre A1</p> <p>Vapeurs organiques (Point d'ébullition > 65 °C)</p> <p>Filtre à particules (P3) – aérosols EN 143</p> <p>FPC de 20 ou 40</p>	
<p>Opérations de faible énergie spécialisées (application à la brosse, laminage)</p> <p>> 1 heure</p> <p>> 4 heures</p>	<p>Respirateurs à ventilation assistée avec cagoules/casques (EN 12941)</p> <p>Type de filtre A1</p> <p>Vapeurs organiques (Point d'ébullition > 65 °C)</p> <p>FPC de 20 ou 40</p>	
<p>Opérations de pulvérisation spécialisées</p> <p>> 1 heure</p> <p>> 4 heures</p>	<p>Appareil respiratoire à débit d'air constant avec cagoules/casques (EN 14594)</p> <p>FPC de 200</p>	

Techniques de réduction du styrène



Plusieurs techniques existent pour diminuer les émissions de composés volatils dans l'environnement. Certaines d'entre elles sont plus adaptées que d'autres pour traiter l'air contenant des composés organiques volatils en faible concentration.

Ce cas est fréquent lors de la fabrication en moule ouvert de pièces en polyester renforcé fibres. Ce bulletin d'information décrit les divers procédés utilisables pour traiter l'air émis par les rejets des unités de production de pièces en polyester renforcé.

Prévention de la Pollution

La technique de réduction la plus efficace consiste à éviter le dégagement de composés organiques volatils sur le lieu de travail et ensuite dans l'atmosphère. L'utilisation de résines à faible émission de styrène et faible teneur en styrène apporte une aide importante pour les techniques de moulage en moule ouvert. Il en résulte une réduction des émissions par rapport aux résines conventionnelles.

L'utilisation de techniques en moule fermé comme le moulage sous vide, les techniques RTM et RTM léger, le moulage par compression à froid ou à chaud restent les plus efficaces.

Techniques pour réduire les émissions

Il existe plusieurs techniques pour réduire les émissions de styrène.

Procédés de récupération

La récupération n'est réellement viable que si une grande quantité de solvant peut être récupérée et vendue ou si le solvant récupéré peut être utilisé sur le site même de la récupération.

Dans le secteur des composites verre-résine, l'effluent gazeux ne contient que de faibles concentrations de composés organiques volatils, ce qui accroît les coûts d'investissement et d'exploitation d'un procédé de récupération de solvant ; les systèmes de récupération sont donc peu justifiés économiquement dans ce secteur.

Récupération des solvants

- Récupération par adsorption avec régénération par variation de pression ou thermique (au moyen de zéolites, d'adsorbants polymères ou de charbon actif)
- Condensation (cryogénique)
- Absorption d'huiles

Procédés de destruction des solvants

- Oxydation sur site par oxydant thermique ou catalytique (avec régénération ou récupération)
- Biofiltration ou bio-épuration
- Adsorption sur un lit solide (charbon activé)
- Absorption par un liquide
- Systèmes de concentration suivis par oxydation

Les techniques de réduction dans lesquelles la vapeur de styrène est éliminée par incinération ou par des procédés biologiques conviennent mieux pour le secteur du traitement du polyester.

Les procédés suivants utilisés et les plus adéquats sont :

Incinération

L'incinération à température élevée ou l'incinération catalytique (à une température plus basse) donne une efficacité élevée, d'environ 99 %, avec recyclage d'énergie. Pour être économiquement viable, le procédé doit utiliser seulement le polluant comme combustible et ne nécessiter aucun autre apport de combustible (sauf pour le démarrage ou durant les arrêts de courte durée).

Oxydants thermiques directs

Les oxydants thermiques à régénération offrent de bonnes efficacités de destruction (96-98 %) avec récupération de chaleur à 90 % au moyen de lits en gravier ou céramique. Ils peuvent fonctionner de façon autothermique, sans solvant supplémentaire, au taux de approximativement 1 g/m³ de solvant. A des concentrations d'entrée en dessous de ce niveau, il faut d'autres sources d'énergie, gaz/ d'électricité, pour maintenir l'oxydant à la bonne température. Ces oxydants fonctionnent bien entre 1 et 5 g/m³ et avec des débits importants d'air, ils sont relativement faciles à exploiter avec des faibles coûts d'investissement.

A titre comparatif, les oxydants thermiques utilisent des échangeurs thermiques plutôt qu'un lit en gravier ou céramique pour récupérer la chaleur, ils limitent la récupération de chaleur à environ 70 %. Il faut donc plus de solvant dans le flux d'entrée (2-3 g/m³) pour obtenir une destruction autothermique, par rapport à la méthode utilisant un oxydant thermique à régénération.

Oxydants catalytiques directs

Les oxydants catalytiques possèdent l'avantage d'avoir des températures de fonctionnement plus basses et des efficacités de destruction plus importantes que les oxydants thermiques avec, par conséquent, des coûts d'exploitation plus bas. Cependant, le coût du catalyseur entraîne habituellement des coûts d'investissement plus élevés. Les mini systèmes catalytiques sont utilisables lorsque les débits d'air sont faibles ou lorsque les émissions sont intermittentes.

Systèmes de biofiltration

La biofiltration est l'oxydation bactérienne de matière organique ; elle aboutit à la conversion de matière organique, de la même façon que l'incinération, en gaz et en vapeur d'eau. Les biofiltres éliminent bien les faibles concentrations de solvant, mais souffrent des inconvénients liés au temps nécessaire pour détruire les composés organiques volatils, à la régulation de l'efficacité de la destruction et à celle du procédé.

Certains solvants sont facilement détruits par les microorganismes dans les filtres, mais les molécules plus grandes, comme celles du styrène, nécessitent des temps de séjour plus longs pour que la destruction se produise, ce qui exige des systèmes à surface plus importante. Les efficacités varient de 60-70 % (pour les biofiltres à temps de séjour long) à 80-90 % (pour les bio-épureurs à effet tampon).

Les concentrations d'extraction sont limitées à 1 g/m³ pour les bio-épureurs et à 0.35 g/m³ pour les biofiltres.

Les conditions d'entrée, notamment la température (20 et 40 C), exigent une régulation minutieuse pour assurer une efficacité optimale de la destruction et pour réduire les coûts. La régulation de l'humidité est également essentielle pour la survie et le métabolisme des microorganismes.

Les variations dans la concentration d'entrée du solvant ont un effet sur le métabolisme des microorganismes et donnent de faibles efficacités à des concentrations d'entrée plus élevées.



Adsorption et absorption sur des supports intermédiaires

Ces deux technologies sont similaires, exception faite du milieu, et elles présentent des inconvénients similaires. L'adsorption se produit habituellement sur un filtre en carbone, tandis que l'absorption s'effectue dans un liquide. Lorsqu'ils sont saturés par le solvant, les filtres sont retirés et envoyés à l'extérieur pour régénération ou élimination.

Ces dispositifs ne sont pas utilisés sur des systèmes d'évacuation en continu ou semi-continus, mais dans des zones qui sont purgées par intermittence. Les coûts d'exploitation sont élevés.

Systèmes à concentration

Les systèmes à concentration représentent probablement la meilleure technique pour le traitement des composés organiques volatils aux niveaux de rejets typiquement constatés dans le secteur des composites. Il y a deux types de systèmes à concentration, les roues rotatives et le lit fluidisé. L'un et l'autre éliminent les solvants de l'air d'entrée par adsorption sur des zéolites ou des adsorbants polymères et les désorbent dans un écoulement d'air chaud qui est une fraction du niveau du débit d'air d'origine.

Le flux d'air concentré contient entre 2 et 8 g/m³ de solvant, qui peuvent être détruits dans un oxydant catalytique sans combustible supplémentaire, et réduire ainsi les coûts d'investissement et d'exploitation. Le choix d'un système spécifique de concentration dépend du rapport de concentration requis pour obtenir un rapport de concentration aussi élevé que possible afin de réduire les coûts d'investissement (en réduisant la dimension du matériel) et les coûts d'exploitation (en s'assurant que le système est constamment autotherme).

La chaleur supplémentaire produite peut servir à réchauffer l'air de remplacement. Le tableau suivant donne un aperçu des conditions du procédé et des coûts approximatifs d'investissement pour certains des systèmes susmentionnés.

Bibliographie

Evaluation des contrôles des émissions de styrène pour le secteur des plastiques/matériaux composites renforcés par fibres de verre et le secteur de la construction navale

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/clean-air-act-standards-and-guidelines-foam-fiber-plastic-and>

Technologies de contrôle des émissions, un guide pour les fabricants de composites. Ray Publishing.

Contacts pour réduction des composés organiques volatils

- Chematur Limited (Polyad)
- CSO Technic Limited (Therminodour)
- Air Protekt
- Forbes Environmental Technologies
- Bioway

Ces sociétés peuvent être trouvées sur les sites Internet suivants

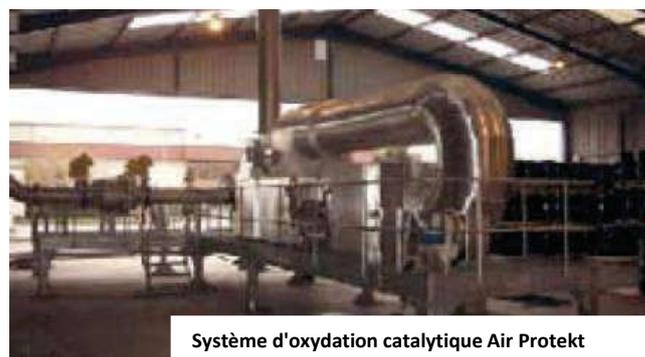
Chematur Limited (Polyad) <http://www.chematur.se/>

CSO Technic Limited (Therminodour) <http://www.csotech.com/>

Air Protekt <http://www.airprotekt.co.uk/>

Forbes Environmental Technologies <http://www.forbes-group.co.uk/index.htm>

Bioway <http://www.bioway.nl/>



Système d'oxydation catalytique Air Protekt

Technique	Capacité	Concentration d'entrée	Concentration de sortie	Investissement (€/1000Nm ³ /h)	Avantages	Inconvénients
Adsorption sur charbon activé	100-100.000 m ³ /h	10-10.000 mgr/m ³	5-100 mgr/m ³	5.000 – 10.000	- Technique simple robuste	Le sorbant saturé est un déchet chimique
Biofiltration	50 – 200 m ³ /m ² .h	50 – 500 mgr/m ³	> 10 mgr/m ³	5.000 – 20.000	- Construction simple - Processus biologique	- Installation de grand volume - Sensible à l'empoisonnement - Manque de souplesse aux variations de concentrations
Oxydant catalytique	1000 – 30.000 m ³ /h	> 1.000 – 2.000 mgr/m ³	< 20 – 50 mgr/m ³	10.000 – 40.000	- Rendement élevé - Installation relativement compacte	- Utilisation de combustible supplémentaire si le fonctionnement n'est pas autothermique
Oxydant thermique	1000 – 30.000 m ³ /h	> 1.000 – 2.000 mgr/m ³	< 20 – 50 mgr/m ³	5.000 – 40.000	- Rendement élevé - Installation relativement compacte - Récupération de chaleur possible	- Utilisation de combustible supplémentaire si le fonctionnement n'est pas autothermique - Emission de CO ₂ et NO _x
Adsorption régénérative	Sans objet	500 – 5000 mgr/m ³	100 – 250 mgr/m ³	Sans objet	- Pas de déchet chimique	- Installation complexe
Cryocondensation	0 – 1000 m ³ /h	200 – 1.000 gr/m ³	1 – 5 gr/m ³	500.000	- Technique compacte - Récupération de composés organiques volatils	- Utilisation d'azote liquide - Ne convient pas pour écoulements gazeux humides



The European UP/VE Resin Association

(a Cefic Sector Group)
Avenue E. van Nieuwenhuysse 4,
1160 Brussels, Belgium
T +32 2 676 72 62
F +32 2 676 74 47
www.upresins.org



European Composites Industry Association (EuCIA)

Diamant Building
Bd A. Reyerslaan 80
1030 Brussels, Belgium
T. +32 2 706 89 06
www.euCIA.eu

Cette publication a un but purement indicatif et si les renseignements qu'elle contient sont fournis en toute bonne foi et proviennent des meilleures sources existant actuellement, l'utilisateur s'en servira cependant à ses risques et périls. A la connaissance des auteurs, les renseignements communiqués de bonne foi dans ce bulletin sont exacts, mais aucune assurance ni garantie n'est donnée quant à leur exhaustivité. Toute responsabilité est exclue en cas de dommages, de quelque nature que ce soit, résultant de l'utilisation ou de l'application des renseignements contenus dans cette publication.

Version mise à jour mai 2021