

Sélection des buses pour le revêtement et l'enrobage



BUSES DE
PULVÉRISATION

Différents types de revêtements :

Il y a différents types de pulvérisations utilisées pour le revêtement ou l'enrobage de produits dans l'industrie alimentaire ou autre. Ils peuvent rapidement être distingués selon les catégories suivantes :

- 1- Pulvérisation de produits aqueux. Le revêtement à pulvériser est dissous dans un solvant et cette solution est pulvérisée. Par exemple une solution sucrée avec de l'eau comme solvant. Le revêtement est appliqué sous forme liquide et le solvant s'évapore, laissant en place la couche solide sur le produit.
- 2- Liquide chauffé. Un liquide qui est normalement solide ou épais à température ambiante est chauffé dans le but de le liquéfier et de permettre sa pulvérisation. Après l'application, le produit refroidit et reprend sa consistance initiale. Par exemple, la pulvérisation de chocolat nécessite cette technique.
- 3- Revêtement collé. Le liquide provoque un collage par réaction chimique avec le produit sur lequel il est pulvérisé.

Chacun de ces types de pulvérisation peuvent être réalisés de cinq façons principales.

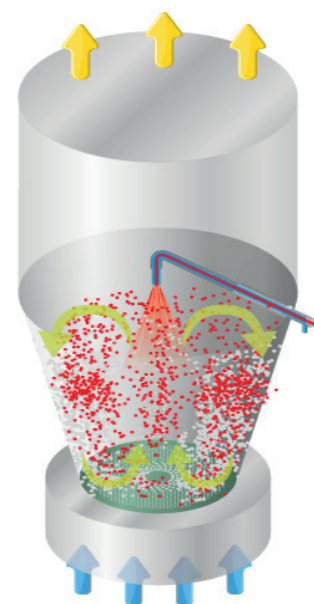
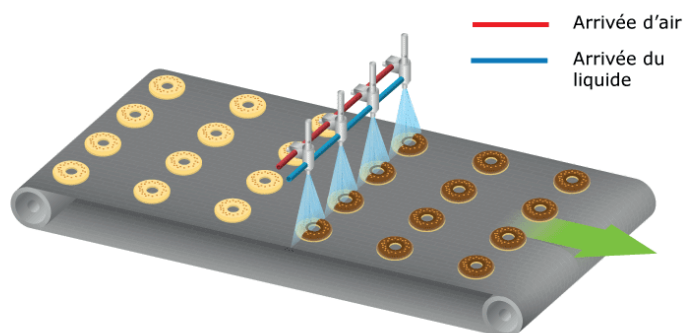
Rampe de pulvérisation continue - le produit cible est déplacé sous une rampe de pulvérisation fonctionnant en continu sur un convoyeur ou dans un tunnel de pulvérisation.

Ligne de pulvérisation séquentielle - le produit se déplace sous une rampe de pulvérisation ou dans un tunnel avec l'activation de la pulvérisation seulement si nécessaire. Ce type de processus nécessitent la mise en place de capteurs ou des produits très espacés.

Pulvérisation à l'arrêt - le produit est déplacé sur un convoyeur ou dans un tunnel de pulvérisation vers un point de pulvérisation où il est arrêté et pulvérisé pendant la période souhaitée avant d'être déplacé à nouveau.

Tambour d'enrobage - le produit est introduit dans un tambour rotatif et pulvérisé pour y être enrobé. Ce procédé est utilisé lorsqu'un grand nombre de produits de petite taille doivent être enrober, par exemple enrobage de sucre sur des flocons de maïs. Les flocons sont introduits dans un tambour et pulvérisés de manière aléatoire plusieurs fois pour un revêtement uniforme.

Enrobage par lit fluidifié - Les produits à traiter sont nombreux et de petite taille style granulés. Ils sont mis en suspension dans un flux d'air dans lequel on pulvérise l'enrobage. Les mouvements aléatoires des produits et des gouttelettes assurent à terme un enrobage homogène.



L'importance de la taille des gouttelettes



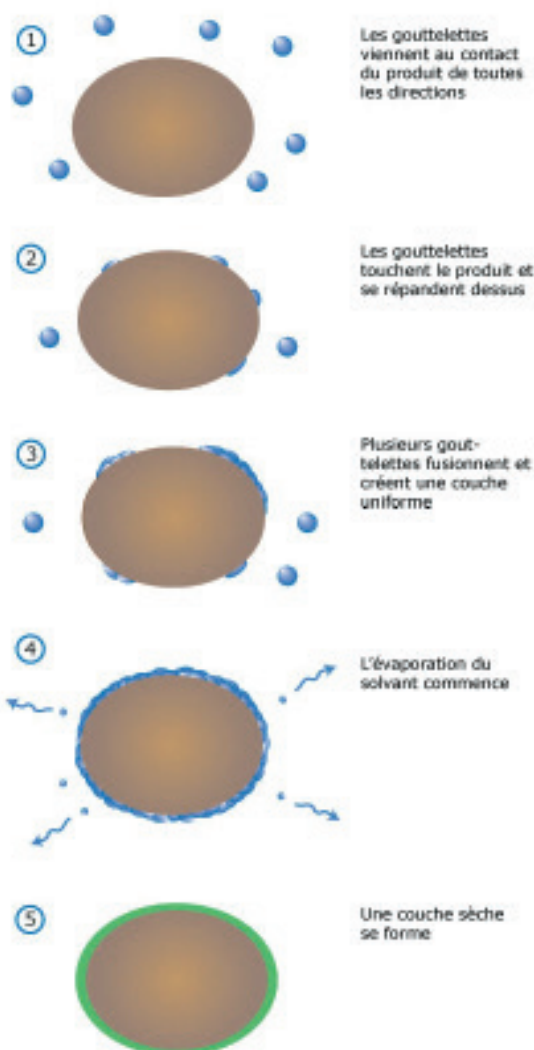
La taille des gouttelettes est un paramètre important dans de nombreuses applications de revêtement. Il est important pour trois raisons principales.

1 Adhésion. Une petite taille de gouttelette aidera à l'adhérence à la surface. Les petites gouttelettes ont un plus grand rapport surface/masse et ont donc plus de chance de coller à la surface. Les grosses gouttelettes peuvent également rebondir ou avoir un impact sur la surface.

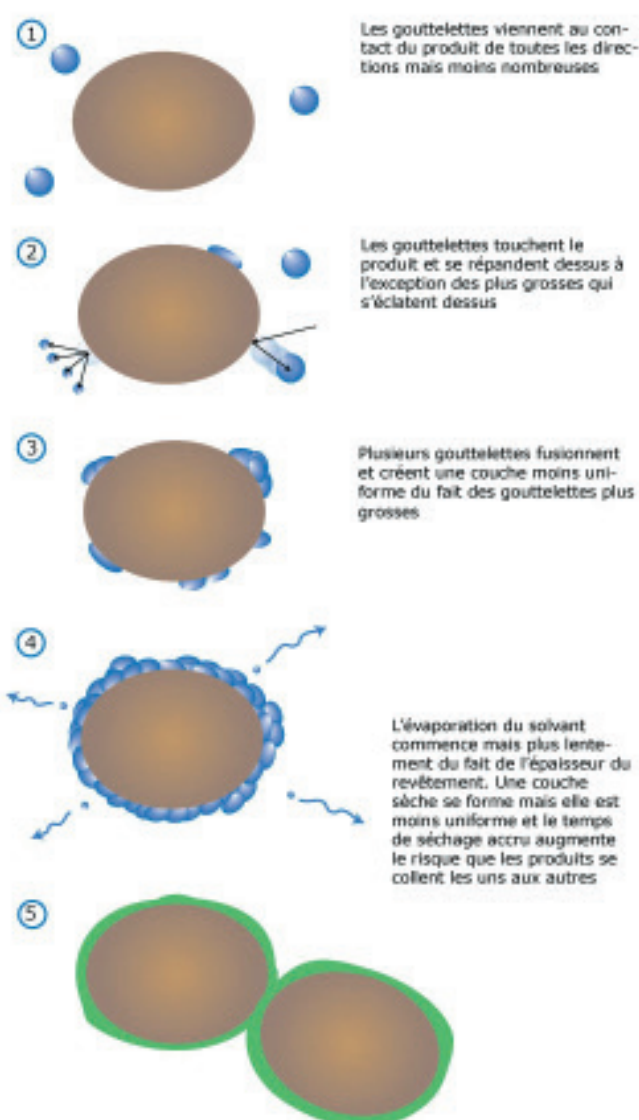
2 Évaporation. Les petites gouttelettes s'évaporent plus rapidement. Encore une fois, cela est dû au plus grand rapport surface/volume des plus petites gouttelettes. Une évaporation rapide du solvant dans les systèmes de revêtement aqueux permettra de déposer plus efficacement le revêtement souhaité.

3 Distribution uniforme. De plus petites gouttelettes aideront à former un revêtement plus uniforme. Toutes les pulvérisations sont composées de gouttelettes de tailles différentes, mais avec une petite taille moyenne des gouttelettes, il y a moins de chances d'avoir des zones sur traitées. Les gouttelettes essentiellement plus petites aident à rendre la pulvérisation encore plus aléatoire, ce qui signifie une distribution plus uniforme. Ceci est particulièrement important pour les applications de d'enrobage en lit fluidifié et par tambour qui reposent sur le mouvement aléatoire du produit à pulvériser.

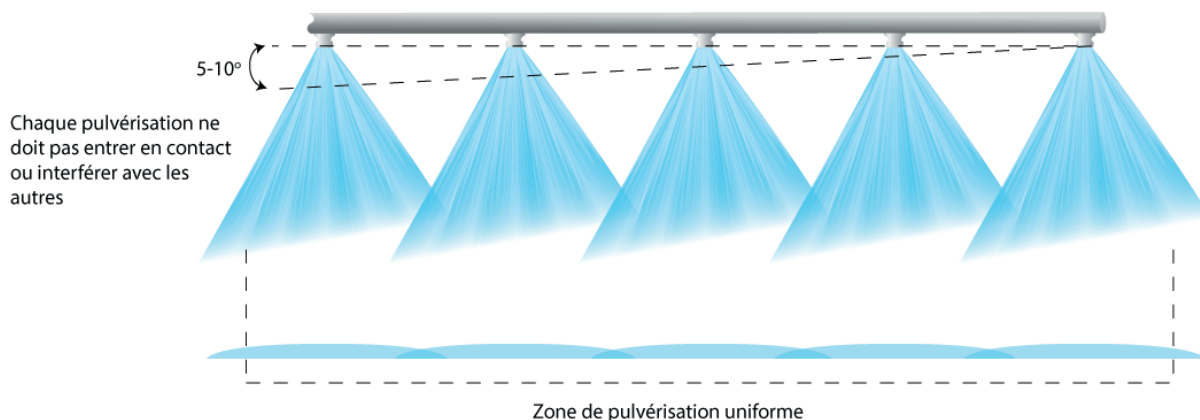
Gouttelettes plus petites



Gouttelettes plus grosses



Pour obtenir un revêtement uniforme et homogène il faut une pulvérisation uniforme et homogène. Lorsque l'on positionne des rampes de pulvérisation sur un système de convoyeur, la ligne de pulvérisation produite devra être constante tout au long du processus. Les buses utilisées auront un angle de pulvérisation et par simple trigonométrie il est facile de calculer l'espacement des buses pour produire une ligne complète de pulvérisation. Il est cependant important de se rendre compte que le jet produit par une buse à jet plat ne sera pas entièrement uniforme. Les bords du jet seront moins consistants que la partie centrale, donc il y a tendance à avoir un effet de rétrécissement avec une distribution plus faible aux deux extrémités du jet.



Pour compenser cet effet, les pulvérisations peuvent se chevaucher. Cela signifie qu'un revêtement plus uniforme sera livré au passage du produit. Il est important de se rappeler que si les pulvérisations chevauchantes entrent en contact, cela peut provoquer une agglomération de gouttelettes et peut affecter négativement la consistance de la pulvérisation. Pour cette raison, il est souvent conseillé d'incliner chaque buse de pulvérisation afin qu'elles ne se touchent pas.

Une autre méthode pour compenser la répartition inégale du fluide dans une pulvérisation consiste à sur pulvériser un produit. Si une seule buse est responsable de l'enrobage d'un produit lorsqu'il passe dessous, le jet peut être délibérément incliné de sorte qu'il soit plus large que la cible. De cette manière, le produit passe seulement sous la partie médiane, et par conséquent plus régulière. Le désavantage évident de cette technique est le gaspillage de produit.

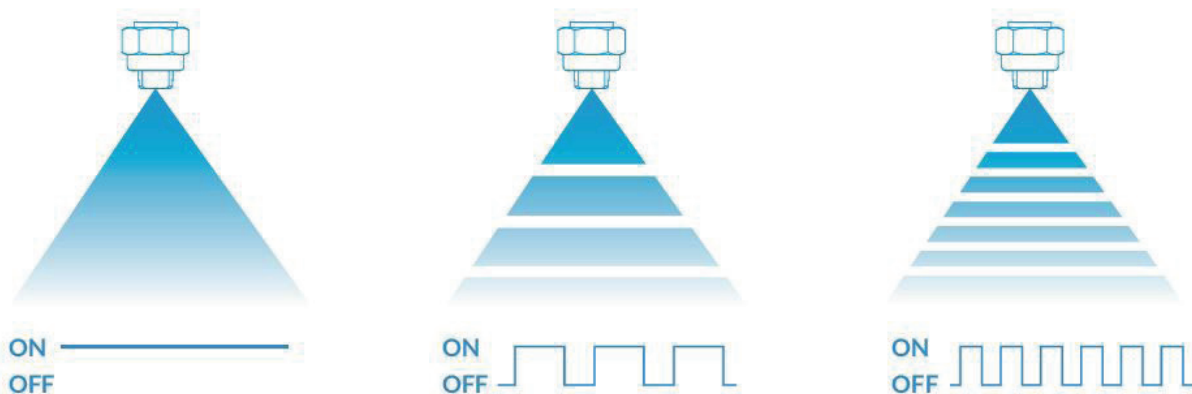
Dans les applications d'enrobage par tambour, l'homogénéité de la pulvérisation est moins importante. Ce processus repose sur le mouvement aléatoire du produit dans le produit pulvérisé afin qu'il soit revêtu. Chaque pastille ou comprimé sera présenté au jet plusieurs fois. Comme les produits en contact avec le liquide seront en contact les uns avec les autres, il est important d'empêcher toute pulvérisation excessive pour éviter qu'ils collent. L'objectif est de s'assurer que chaque pastille ou comprimé se déplace à travers la pulvérisation et n'entre pas en contact avec d'autres pastilles récemment mouillées avant que l'évaporation puisse se produire. Évidemment, dans un tel processus aléatoire, ceci n'est jamais possible à 100% mais en espaçant convenablement les buses de pulvérisation, on minimise le problème.

Alors que des efforts sont faits pour assurer l'homogénéité du produit, en réalité, différents lots peuvent avoir des propriétés différentes. Cette variabilité de lot peut être délibérée (des produits formulés différemment) ou peut survenir en raison de conditions environnementales différentes. Quelle qu'en soit la cause, de petites variations dans le produit peuvent avoir d'importantes répercussions sur le revêtement par pulvérisation et nécessiteront des ajustements aux pulvérisations concernées.

Le problème que pose le changement de pulvérisation est que les caractéristiques d'une pulvérisation ne sont souvent pas indépendantes. Ainsi, la taille des gouttelettes, la forme de pulvérisation et le débit peuvent tous être affectés en changeant la pression à laquelle le fluide est pulvérisé. Par exemple, le simple fait d'abaisser la pression du fluide pour réduire le débit entraînera la formation de gouttelettes plus grosses qui peuvent affecter l'adhérence, l'évaporation ou la distribution (voir ci-dessus).

Pour les applications de revêtement où la taille des gouttelettes est d'une importance critique, telles que les systèmes de revêtement à lit fluidisé et à tambour, les buses à alimentation d'air indépendante pour l'atomisation et la formation de motifs sont un must. La variabilité de l'utilisation des lots dans ces types de systèmes de revêtement signifie qu'il peut être nécessaire d'apporter de légers changements à la fois dans le motif et dans la taille des gouttelettes pour obtenir des résultats uniformes. Ces changements peuvent être presque impossibles à faire lorsque d'autres variables sont également affectées.

Une autre solution pour les passages variables est d'utiliser des buses de pulvérisation à commande électrique. Ces buses sont équipées d'une vanne électrique intégrée très près de l'orifice. Elles peuvent être activées on/off jusqu'à 150 fois par seconde. En activant et désactivant rapidement le jet plusieurs fois par seconde, le débit peut être réduit sans affecter la qualité du revêtement délivré. Les impulsions rapides sont tout juste trop rapides pour provoquer des rayures ou des variations de revêtement, même sur des convoyeurs très rapides.



Le processus de pulsation rapide est connu sous le nom de modulation de largeur d'impulsion (PWM). Pour utiliser la technique PWM, les buses à commande électrique doivent être raccordées à un panneau de commande approprié. Ils peuvent alors être programmés pour fournir des débits plus faibles, tout en maintenant la pression du fluide au même niveau. De cette façon, il est possible d'entretenir efficacement différentes séries de produits qui nécessitent différents niveaux de dosage de pulvérisation sans avoir à modifier la vitesse du convoyeur ou d'autres caractéristiques de pulvérisation.

Tandis que tous les efforts sont produits pour assurer l'homogénéité du produit, dans la réalité différents lots à traiter peuvent avoir des propriétés différentes. Cette variabilité des lots peut être délibérée (c'est-à-dire des produits formulés différemment) ou peut se produire en raison de différentes conditions environnementales. Indépendamment de la cause, de petites variations dans le produit peuvent avoir de grandes implications pour le revêtement par pulvérisation et nécessiteront des ajustements sur les paramètres de la pulvérisation.

Le problème lié au changement des paramètres de la pulvérisation est dû à l'interdépendance de ces paramètres. Ainsi, la taille des gouttelettes, la forme de la pulvérisation et la vitesse d'avancement peuvent toutes être affectées en changeant la pression à laquelle le liquide est pulvérisé. Par exemple, en abaissant simplement la pression du fluide pour réduire le débit, on obtient de plus grosses gouttelettes qui peuvent affecter l'adhérence, l'évaporation ou la distribution (voir ci-dessus).

Pour les applications d'enrobage où la taille des gouttelettes est d'une importance critique, telles que les systèmes à lit fluidisé et à tambour, des buses avec des sources d'air indépendantes pour l'atomisation et la forme du jet produit sont indispensables.

Traiter les produits visqueux

Les fluides visqueux auront tendance à former des gouttelettes de plus grandes tailles. Une buse qui si elle pulvérisait de l'eau formerait une gouttelette de taille D_w formera une taille de gouttelette de D_f selon la formule ci-dessous :

$$D_f = D_w V_f^{0.2}$$

V_f étant la viscosité du fluide en Cp quand l'eau a une viscosité de 1 Cp. Pour produire de plus petites gouttelettes et compenser la tendance à l'augmentation de la taille des gouttelettes des produits visqueux, on peut augmenter la pression du fluide. Cela réduira la taille des gouttelettes selon la formule ci-dessous

$$\frac{D1}{D2} = \left(\frac{P1}{P2} \right)^{-0.3}$$

$D1$ est la taille des gouttelettes à la pression $P1$ et $D2$ est la taille des gouttelettes à la pression $P2$ donc, une augmentation de dix fois la pression entraînera une réduction de moitié de la taille des gouttelettes. Avec des buses hydrauliques, toute augmentation de la pression entraînera également une augmentation du débit. Le débit sera proportionnel à la racine carrée de la pression, donc une augmentation de 4 fois de la pression produirait une augmentation de 2 fois le débit.

En utilisant la formule au-dessus il est possible de créer le tableau concernant quelques produits communément pulvérisés dans l'industrie alimentaire :

Liquide	Cp	Taille des gouttes pour l'eau	Augmentation de pression requise pour compenser la taille des gouttes	Augmentation du débit en résultant
Eau	1	1	0	0
Lait	3	1.25	100%	41%
Huile d'olive	40	2.09	1167%	355%
Crème	50	2.19	1363%	382%
Crème épaisse	120	2.60	2400%	500%
Miel	2000	4.57	15830%	1262%
Sirop de maïs	15,000	6.84	60700%	2466%

Comme on peut le voir dans le tableau, la taille des gouttelettes augmente considérablement avec la viscosité et, pour un Cp supérieur à 50, il n'y a pas vraiment de moyen pour compenser cela, car toute augmentation de pression aura un effet d'augmentation du débit. Dans la plupart des applications fluides visqueuses, d'autres méthodes d'atomisation sont nécessaires. Les atomiseurs sont un choix logique. Les atomiseurs ont cependant leurs limites.

Les atomiseurs à mélange interne (où le fluide et l'air sont mélangés avant l'éjection) donneront les plus petites tailles de gouttelettes et une distribution plus uniforme des tailles de gouttelettes, mais elles rencontreront des problèmes avec les fluides à haute viscosité. Les plus grandes tailles de gouttelettes créées à l'intérieur de la chambre de mélange ne peuvent pas s'échapper par l'orifice assez rapidement et le fonctionnement ne sera optimum.

Les atomiseurs à mélange externe sont la solution à ce problème. Ces buses mélangent seulement l'air après que le fluide ait été éjecté de la buse, c'est-à-dire que l'atomisation a lieu à l'extérieur de la buse. Même avec des systèmes d'atomisation à mélange externe, de nombreux fluides devront être chauffés pour pouvoir être pulvérisés. La viscosité de certains liquides est très dépendante de la température et même de très petits changements dans la température du fluide vont entraîner une augmentation importante de la viscosité. Pour cette raison, les gaines chauffantes qui assurent une température constante jusqu'à l'orifice sont souvent utilisées.

Conclusions pour la sélection des buses

1 - Les systèmes à pilotage pneumatique de la pulvérisation sont essentiels pour tous types de revêtement par pulvérisation séquentiels.

2- Les buses d'atomisation sont un bon choix pour la plupart des systèmes de revêtement par pulvérisation qui nécessitent des volumes pulvérisés relativement faibles. L'atomisation par air comprimé permet d'obtenir de faibles gouttelettes et de faibles débits.

3- Les fluides visqueux devront être considérés soigneusement. Les buses hydrauliques ne conviennent généralement pas aux fluides à haute viscosité, car une bonne atomisation est difficile aux pressions traditionnelles. Les atomiseurs à mélange externe sont une bonne solution mais, néanmoins, il faut prendre en compte les différences de propriétés du fluide pulvérisé par rapport à celles de l'eau dans les fiches techniques.

4- Pour un revêtement par pulvérisation précis, comme pour les lits fluidifiés, des atomiseurs avec un contrôle indépendant de l'atomisation et de la forme du jet sont essentiels.