

## **INCLUSIONS ET DECORATIONS EN POLYESTER TRANSPARENT**

### **Qu'est ce qu'une résine à inclusion ?**

La désignation professionnelle : résine polyester non saturé comprend plus de cent types de résines différentes. Au fur et à mesure des évolutions, il a été mis au point une résine spéciale à inclusion.

Ce type de résine spéciale a été référencée sous le sigle GTS, la lettre T pour transparent, car elle est particulièrement limpide, et a été mise au point pour un emploi facile.

La résine GTS a une présentation sirupeuse et durcit à la température ambiante après adjonction de 1 à 3% de catalyseur MEC, soit de 10 à 30 g pour 1 kg de résine.

Donc, après le mélange résine + catalyseur, celle ci peut être versée dans un moule. Le processus de durcissement commence alors. La résine à inclusion a une odeur assez prononcée, rappelant le gaz d'éclairage. Cette odeur provient du styrène contenu dans la résine dans une proportion moyenne de 30%.

Le styrène lorsqu'il est présenté seul, ressemble en tant que liquide, à de l'essence auto. Lors du processus de durcissement, le styrène se lie aux molécules de la résine, car cette résine a besoin d'une quantité déterminée de styrène pour polymériser. Il est possible d'ajouter jusqu'à 10% de styrène à la résine polyester en général, pour augmenter sa fluidité.

Dans le cas d'inclusion, l'adjonction de styrène est déconseillée, car le styrène en durcissant à un retrait de 17%. Une adjonction de 10% de styrène amènerait donc un retrait supplémentaire de 1.7%.

Il est donc expressément recommandé de ne pas ajouter de styrène aux inclusions, car on risquerait ainsi d'augmenter les tensions et le résultat se traduiraient par des fendillements du bloc.

### **Que peut-on utiliser en guise de moule ?**

La première chose à observer : le moule ne doit pas présenter de contre dépouille, c'est-à-dire que le bas du moule ne doit pas être plus large que le haut sinon, il ne serait pas possible d'en extraire la pièce après durcissement.

S'il s'agit d'un moule à gâteau en fer blanc, par exemple, il faut faire attention que la soudure ne soit pas gênante. Des parois verticales se prêtent bien au démoulage en général, car le moulage a un retrait de 1 à 2% en longueur. En somme, même des moules n'ayant pas de côtés coniques, peuvent convenir.

Les mieux adaptés sont dans l'ordre, les moules en polypropylène

1. porcelaine
2. plexiglas
3. métal émaillé,

ou après traitement, le bois, le papier, le carton, les matériaux synthétiques etc.

Même une plaque de verre, bordée par une bande collante (genre Tessa ou Scotch), peut procurer rapidement un moule.

### **Moules en verre :**

Ils se prêtent au moulage en coulée, avec agent de démoulage. La pièce après démoulage sera aussi polie que le moule. Si l'on emploie du verre cathédral, il faut veiller à ce que les inégalités ne présentent pas de contre-dépouille.

**Moules en fer blanc :**

Des boîtes à cigarettes ou à cigares, des boîtes à gâteaux, également, sont souvent en fer blanc et la surface recouverte par électrolyse d'une pellicule de zinc.

Des moules de cette sorte conviennent très bien aux coulées. Il faut bien vérifier que ces boîtes ne seraient pas peintes intérieurement, la résine polyester risquant d'attaquer cette peinture.

**Moules en métal émaillé :**

Ils d'y prêtent également bien, l'émail ne nécessitant pratiquement pas d'agent de démoulage.

**Moules en porcelaine :**

La porcelaine est un matériau très dur en soi, recouvert d'une pellicule vitrifiée au four, ce qui revient à dire qu'un moule comme celui-ci est aussi valable que ceux en verre ou en métal émaillé.

**Moule en plexiglas :**

Excellent également car le polyester durci n'adhère pas sur le plexiglas.

Toutefois, en cas d'utilisation fréquente, il est conseillé de passer une cire de démoulage sur le moule, afin d'éliminer tout risque au démoulage.

**Moules en bois :**

Ceux-ci ne sont valables qu'après un boucheporage, étant donné la structure même du bois. Le boucheporage, pour être efficace et permettre l'obtention d'une belle surface de pièce, devra être suivi d'un vernissage en plusieurs couches avec ponçage à l'abrasif grain 400 à l'eau entre chaque vernissage.

**Attention au choix du vernis :**

Les synthétiques et les cellulosiques se trouveront dissous par le styrène et occasionneront des risques d'adhérence (du moins par endroits), ce qui rendra le démoulage très problématique.

Nous conseillons de préférence, nos références : Dd (polyuréthane deux composants) ;

Ou G4 (polyuréthane un seul composant).

**Un conseil :**

Des panneaux de bois plans peuvent être recouverts d'une feuille de stratifié (genre Formica) ou d'une feuille d'aluminium.

**Des moules en plastique :**

Les thermoplastiques particulièrement ont la plus part du temps valable pour des moulages. Il faut néanmoins choisir de préférence parmi les types suivants : Polyéthylène, polypropylène, PVC (Chlorure de polyvalent), Epoxy, polyuréthanes, rilsan, résopal, polyester, caoutchouc aux silicones ;

**Ne sont pas valables :**

Les polystyrènes ainsi que les celluloïds.

Pour mettre à l'épreuve la qualité du moule, nous proposons un essai à l'aide d'une goutte d'acétone.

Si la goutte d'acétone attaque la surface du moule, celui-ci n'est pas valable pour un moulage en polyester.

Des moules en polyester, époxy ou polyuréthanes peuvent resservir un grand nombre de fois.

La seule condition est qu'ils ne présentent pas de contre dépouille, qui serait préjudiciable à la pièce et pour le moule.

Des moules en polyuréthane (Flexovos K6) souple présentent souvent plus d'avantages que des moules durs en polyester au époxy. Ceux-ci doivent souvent être prévus en plusieurs parties. Pour des pièces très tourmentées, nous conseillons des moules en caoutchouc aux silicones.

**Adhérence sur le moule : agents de démoulage préconisés :**

La résine polyester à inclusion a en général une mauvaise adhérence sur la plus part des matériaux.

Des moules présentant une surface lisse exempte de porosité, n'a pratiquement besoin d'aucun traitement aux agents de démoulage, la résine à inclusion ayant un retrait sensible en durcissant. Ce retrait est variable selon la rapidité du durcissement et selon la température de pointe atteinte à ce moment là. En volume, le retrait peut atteindre 7%, ce qui donne en dimension une variation de 2% environ.

En tant qu'agent de démoulage, nous préconisons :

1. notre cire de démoulage qui est une cire dure, dissoute dans du trichloréthylène. Passée au pinceau ou au chiffon, elle peut être polie après deux ou trois minutes de séchage. Il n'est pas nécessaire

d'appliquer une forte épaisseur, même, après un seul passage, on peut polir le moule, il restera toujours un film suffisant pour un moule à surface lisse. Néanmoins, si le moule a une surface poreuse, (bois) plusieurs couches de cire seront nécessaires avec un polissage entre chaque couche.

2. Notre démoulant liquide se présente comme un fluide légèrement plus sirupeux que l'eau. Il est constitué à base d'alcool polyvinylique et d'eau. Le démoulant liquide est mis en place à l'aide d'un pinceau, ou d'une éponge, il sèche en 30 minutes environ. Le démoulant liquide s'élimine à l'aide d'eau chaude (éventuellement javellisée) mais il se singularise par ce qu'il est inattaquable par les solvants habituels et reste intact au contact de la résine polyester. En dépannage, on peut également employer de la cire ordinaire, mais ce n'est pas recommandé, certaines cires contenant des adjuvants qui peuvent inhiber la polymérisation du polyester. En cas d'emploi simultané des deux agents de démoulage, l'ordre préconise est :

- a) cire de démoulage, suivi du polissage
- b) démoulant liquide par-dessus.

Lors l'emploi de moules en métal, en plastique ou en porcelaine, le démoulant liquide seul s'avère suffisant.

L'emploi de la cire de démoulage seule laisse souvent des traces qui doivent être éliminées par polissage sur le moule.

La surface du moule est plus régulière avec le démoulant liquide qui se tend sans laisser de trace.

### **Quelle peut être l'importance d'une coulée de résine à inclusion ?**

A la dernière exposition de matériaux plastiques de Düsseldorf, on pouvait voir un paysage marin, présenté en une inclusion ayant 3 m de long 1 m de haut et 20 cm d'épaisseur.

Cette belle pièce a été vendue plusieurs milliers de FB. Elle constitue la preuve que la réalisation de coulée de cette importance est possible aujourd'hui.

L'inclusion présentait en sa partie inférieure, du sable, des coraux et des pierres, recouvertes par différents végétaux marins.

Plus haut et répartis judicieusement, des poissons et autres animaux marins.

Le tout était d'une beauté fascinante sous un certain éclairage. Cette grande pièce a été réalisée en une trentaine de coulées successives, ce qui veut dire qu'il a certainement fallu plusieurs semaines pour la confectionner.

Il n'est pas conseillé à un débutant de s'attaquer à une telle pièce d'emblée. Le poids seul représentait 600 kg, ce qui du point de vue prix de revient seul est déjà assez important. Nous conseillons pour les premiers essais de ne pas dépasser 30 cm<sup>3</sup> de résine pour se faire plus facilement la main. La résine à inclusion est reconnue comme un mauvais conducteur de la chaleur. Ce fait est la cause de certains risques et désagréments. La réaction chimique amenant le durcissement provoque une chaleur importante. Le développement de cette chaleur est d'autant plus important que l'épaisseur du moulage soit grande (plus la masse est importante, moins la chaleur est dissipée).

La partie la plus chaude dans une inclusion est certainement son centre, ce qui veut dire qu'un risque de tension commencera toujours à se manifester au milieu de la pièce.

La liaison moléculaire plus importante, et le durcissement plus rapide du milieu présente, de ce fait, des risques de tension et de fendillements.

Dans la pratique, il n'y a pas de limite aux dimensions des inclusions, surtout si l'on prend garde d'éviter l'excessive montée de température, par un durcissement lent, qui n'est réalisable qu'en petites coulées successives avec durcissement entre chaque coulée.

### **Comment durcit la résine à inclusion ?**

La résine à inclusion a la propriété de durcir à la température ambiante après l'adjonction de catalyseur.

Après avoir été convenablement mélangée avec le catalyseur liquide et incolore MEC, la résine reste fluide pendant un certain temps, sans changement notable dans sa viscosité.

Ce laps de temps, jusqu'à la gélification est désigné par l'expression : « vie en pot ». La gélification se fait d'un seul coup sans passer par des stades d'épaississement progressif.

La gélification est produite par la liaison moléculaire, libérant de la chaleur à ce moment. L'élévation de température devient encore plus importante après gélification, la température de pointe est donc atteinte bien après ce premier stade.

Il est recommandé pour les inclusions importantes de mettre le moule dans un bain-marie froid, afin de garder la température le plus bas possible.

La température de pointe est fonction de la réactivité de la résine. Pour cette raison, il ne faut employer pour des inclusions que des résines à polymérisation lente donc peu réactive.

Notre résine à inclusion GTS a été spécialement élaborée pour sa destination.

Après la gélification, le processus de durcissement continue à se faire. La liaison moléculaire s'accroît, accroissant le durcissement.

On sait que le retrait du polyester se fait pendant la dernière phase de son durcissement, et c'est à ce moment que les tensions se manifestent et ceci toujours plus brutalement dans des résines réactives que dans des résines plus élastiques.

En mettant l'inclusion dans un appareil frigorifique, on peut ralentir considérablement le processus de durcissement et en même temps le retrait, et, par un retour à la température ambiante, on peut faire reprendre le processus de durcissement jusqu'à son stade final.

La résine GTS que nous livrons est prête à l'emploi, elle est pré-accélérée à l'octoate de cobalt. Ce système d'accélérateur donne un processus de durcissement sans accident, même après une interruption par le froid. Le durcissement des résines polyester est le résultat de la liaison en chaîne des molécules (polymérisation).

### **A quel rythme peut on travailler ?**

Le rythme de travail peut être d'autant plus rapide que la taille de la pièce est petite.

Des inclusions de la taille d'un gros haricot peuvent être catalysées à 3 % de MEC et démoulées au bout d'une vingtaine de minutes, car des moulages de cette taille dégagent plus de chaleur en polymérisant.

En cas de moulage de la taille d'un poing, la vie en pot de la résine devra être réglée à une trentaine de minutes, permettant ainsi une polymérisation relativement lente.

On ne pourra pas démouler cette pièce avant quatre heures environ.

Pour exécuter des moulages d'un kilo, il est préférable de les faire en plusieurs coulées.

Afin de permettre à la première coulée de reprendre la température ambiante avant de procéder à la suite de l'opération, il est préférable de la laisser polymériser.

Dans le cas d'une seconde coulée trop hâtive, la température risquerait de s'élever considérablement.

Néanmoins, grâce à notre nouvelle résine à inclusion GTS, il est possible de couler une pièce d'une dizaine de kg en une fois, sans qu'il se produise des points de carbonisation, des changements de coloris ou des craquelures.

Un bloc de cette importance risquerait de présenter après durcissement un retrait de 2 mm autour du moule, il faut donc dès la prise en gel, le refroidir énergiquement de l'extérieur. Notre résine GTS limpide permet même une coulée de blocs de 20 kg, pourvu que la pièce incluse ne soit pas trop importante. Un bloc de résine pure, sans inclusion, peut faire son retrait d'une façon très régulière.

L'inclusion d'un objet métallique important offrant une résistance au retrait, crée un risque de craquelure.

Pour cette raison, nous conseillons, pour une pièce de la taille d'un dessus de bureau, de ne pas faire de coulées plus épaisses que 40 mm mais plutôt moins. Lors de la mise en œuvre de pièce de cette importance, il faut réduire le catalyseur MEC à 0.8%, et, dès la prise en gel (20 à 30 minutes) il faut également procéder à un refroidissement énergique. En hiver, on peut simplement mettre la pièce dehors, en été, un réfrigérateur sera nécessaire. Une réduction plus importante du catalyseur est également possible pour ralentir la polymérisation, mais on risque par-là de créer un certain trouble dans la pièce.

### **Le retrait :**

La polymérisation de la résine, par la réaction en chaîne des molécules, provoque leur resserrement.

La résine tant qu'elle est à l'état liquide présente très peu de retrait.

Lorsque l'on remplit un moule à inclusion, de façon à faire dépasser le niveau de la résine du bord du moule, on peut couvrir ce moulage à l'aide d'un verre à vitre en poussant celui-ci d'un bord à l'autre. Cette opération permet d'obtenir une surface lisse et plane après durcissement.

On peut également employer à cet effet une feuille de terphane. Pour la mise en place de celle-ci, on la roule, puis on la déroule en partant d'un bord du moule vers l'autre, en prenant la précaution qu'aucune bulle d'air ne reste prisonnière. La même opération de couverture peut être faite avec une feuille de fer blanc ou d'aluminium.

La couverture de cette face du moule permet d'obtenir une surface sèche, ne poissant plus, permettant ainsi un ponçage plus aisé. Le retrait des résines permet en général, et surtout si l'on emploie des moules rigides, un démoulage plus facile. Si le démoulage ne s'effectuait pas seul, il suffirait de réchauffer le moulage à 55°C pendant une quinzaine de minutes, ce qui accentuerait encore le retrait, et séparerait la pièce du moule.

Le retrait en longueur signifie qu'une pièce de 10 cm de long présente, un retrait d'environ 2 mm, ce qui n'occasionne pratiquement jamais de difficulté lors de l'emploi de moules rigides (moule en verre par exemple).

L'étuvage (réchauffement après durcissement) ne doit jamais dépasser les 50°C, pour éviter de créer une zone de carbonisation.

Avant démoulage, il faut laisser revenir la pièce à la température ambiante (15 à 20°C).

### **Inclusion d'une pièce de monnaie :**

Les pièces de monnaie de toutes sortes conviennent particulièrement pour des inclusions. Elles sont d'autant plus belles qu'elles auront été polies.

Pour avoir la pièce au milieu de l'inclusion, il faut d'abord remplir le moule à moitié de résine GTS.

Après gélification, durcissement et retombée de la température, on place la pièce sur la surface durcie.

Si l'on remplissait tout simplement le moule à ce moment là, il y aurait le danger d'inclure des bulles d'air sous la pièce, pour cela, il faut verser seulement 10 mm de résine et présenter la pièce de biais à l'aide d'une pincette, ce qui a pour but de permettre à l'air emprisonné sous la pièce, de monter en surface. En agitant légèrement la pièce, on élimine toutes les bulles d'air.

Ensuite, on remplit le moule jusqu'au bord et l'on pose par-dessus, une plaque de verre.

Trois ou quatre heures plus tard, ou même le jour suivant, on peut procéder au démoulage de l'inclusion.

Il ne reste plus qu'à éliminer quelques bavures à l'aide d'un couteau, d'une lime ou de papier abrasif.

On peut remplacer la plaque de verre par une feuille de terphane, bien que dans ce cas, la surface ne soit jamais aussi plane qu'avec une plaque de verre, la feuille de terphane s'incurvant légèrement au milieu. Le moyen de remédier à cela consiste en la mise en place d'une plaque de bois ou autre matériau sur la feuille de terphane.

### **Changement de coloration pendant le durcissement :**

La résine GTS a un ton légèrement vert à l'état liquide, mais cette coloration disparaît complètement pendant le durcissement et vous obtenez un bloc de résine parfaitement limpide ayant la clarté de l'eau.

Cette transformation a lieu 4 à 5 minutes avant la gélification, et on peut facilement, observer ce changement soudain qui situe le début de la polymérisation.

### **Les raisons des craquelures :**

Un corps solide enrobé de toutes parts de résine à inclusion, offre une résistance au retrait de celle-ci, pouvant provoquer des phénomènes de séparation ou de déplacement à la surface des inclusions.

S'il s'agit d'un corps parallélépipédique présentant des angles vifs, les pointes de tension se trouveront à l'extrémité de ces angles ou les craquelures pourront prendre naissance.

Des corps plus ou moins souples (plantes, animaux etc...) présentent moins de résistance au retrait, et le danger de tension et craquelures est bien moindre.

On peut palier au danger des angles vifs, en faisant une première inclusion de ces objets dans un moule plus petit, pour les enrober de résine GTS. Dans le moulage définitif, cet enrobage sera reconnaissable sous certains angles par la réfraction différente de la lumière.

### **Doit-on sécher les plantes ?**

Une goutte d'eau n'empêche pas la résine de polymériser, mais on remarque que cet endroit devient trouble.

Il est un fait que les plantes retiennent toujours une certaine humidité. Des corps organiques en contact avec de l'humidité, même à l'abri de l'air risquent de se décomposer, ou du moins, de changer de couleur.

Il est donc indispensable de sécher toutes les plantes.

Les coloris des fleurs et des plantes se transforment la plupart du temps sous les effets de la résine polyester et du styrène.

Les tons brillants d'une belle fleur ne peuvent malheureusement pas être conservés longtemps dans leur intégralité. On ne peut éviter que ces couleurs ne palissent.

### **Comment éliminer les bulles d'air des plantes ?**

Les fines fibres des plantes séchées contiennent constamment de l'air.

Une bulle d'air se remarque dans une inclusion par la réfraction de lumière qu'elle provoque. Il faut donc essayer de les éliminer en les faisant venir en surface.

On peut arriver à cette élimination en tournant plusieurs fois la plante dans de la résine liquide. On peut éliminer l'air des moules en les plaçant sous vide. Pour cela, on met le moule contenant la résine encore

liquide dans un récipient dans lequel on fait le vide à l'aide d'une pompe. De cette manière, les bulles d'air grandissent à mesure que la pression baisse.

Si on diminue la pression d' 1/10 d'atmosphère, on voit les bulles d'air grossir et atteindre la surface.

Cette technique est souvent employée pour des inclusions à but scientifique.

### **Conservation préalable d'animaux :**

La conservation d'animaux à des fins pédagogiques se faisait jusqu'à présent dans de l'alcool ou du formol.

Il va sans dire que cet alcool inflammable est un danger permanent pour les enfants en classe.

L'alcool est particulièrement indiqué pour désinfecter les différents corps organiques, on gardera donc les animaux sous alcool pendant quelques jours, pour qu'ils en soient complètement imprégnés.

Pour les inclure, il faudra les laisser sécher 10 à 20 minutes sur un papier buvard.

Le restant de l'alcool dans le corps de l'animal suffira pour la conservation de l'inclusion.

L'alcool n'a pas d'influence sur le polyester durci.

Pour éviter une déperdition de l'alcool dans le temps au travers des parois de l'inclusion, il faut que celle-ci enrobe l'animal d'au moins 3 cm tout autour.

### **Changement de coloration des colorants organiques :**

Il est intéressant de faire des inclusions avec des serpents, des libellules, ou une salamandre.

Les couleurs de ces animaux sont composées d'éléments différents qui peuvent être sujets à transformation.

Selon l'intensité et la force des composants de ces couleurs, on conserve en général suffisamment d'effets de contraste pour que les caractéristiques particulières à chaque sorte d'animal restent valables mêmes après inclusion.

La pigmentation de la peau des différents animaux est tellement forte, que le contact avec la résine polyester liquide n'occasionne pratiquement pas de changement visible.

### **Inclusion en une seule coulée :**

Pour que l'objet ou l'organisme à inclure reste au milieu de l'inclusion, il faut commencer par déterminer s'il est plus ou moins dense que la résine polyester.

Des objets ou corps moins denses auront tendance à surnager et devront pour cette raison, être maintenus vers le fond.

Des objets plus lourds devront par contre être maintenus par le haut, des fils de verre se prêtent très bien pour cette opération. Ils sont simplement retirés d'un tissu roving et l'objet est attaché avec.

On peut également coller les fils aux objets à inclure à l'aide de résine GTS pour une gélification rapide du collage, il faut catalyser plus fortement la résine de collage (gel en 4 minutes). On procède ensuite à la coulée de la résine et l'objet à inclure est pendu dans le moule.

Un bâtonnet mis en travers sur le moule ou sur un montage approprié maintiendra l'objet en suspension pendant l'opération. Il surgira dans ce cas, une petite difficulté pour recouvrir le moule d'une plaque de verre, et on sera obligé de prévoir un petit trou dans la plaque pour pouvoir y passer le fil de verre. Il ne restera après durcissement que ce point à poncer et à polir.

Ce fil de verre devient pratiquement invisible après inclusion.

Lors de l'inclusion d'insectes séchés, le processus est inverse, c'est-à-dire que l'objet doit être tenu par le bas pour qu'il nage dans la résine tel une bouée.

L'avantage des inclusions en une seule coulée réside en l'élimination des réfractions de lumière provoquées par les inclusions en coulées multiples.

### **Inclusions en couches multiples :**

En pratique, il s'est toujours avéré intéressant de poser les objets à inclure sur une première couche de résine durcie. Les plantes et les animaux sont en général moins dense que la résine et ont tendance à surnager. Pour cette raison, il faut comme nous l'avons déjà précisé, les fixer au fond de l'inclusion, sur la première couche durcie.

Quelques gouttes de résine GTS suffisent, auxquelles on ajoute jusqu'à 1% d'accélérateur au cobalt et 3 à 4 % de catalyseur MEC : en une dizaine de minutes, ces quelques gouttes de résine sont durcies et on peut continuer de travailler (1% d'accélérateur au cobalt pour 100 g de GTS = 1 g ou 1 cm<sup>3</sup> soit 20 gouttes).

La solution du maintien au fond par un fil de fer et la coulée en une fois, n'est pas valable, le fil de fer restant visible dans ce cas. Il est donc nécessaire de travailler en deux couches.

Pratiquement la densité de toutes les résines à inclusion, se situe aux alentours de 1.1, c'est-à-dire 10% de plus que l'eau.

Lors de travaux importants, il est également nécessaire de travailler en plusieurs couches pour éviter une élévation de la température au-delà de 60°.

Si l'on entreprend un moulage de la taille d'une boîte à cigare, l'expérience acquise avec la résine GTS permet de dire que l'épaisseur maximale de chaque coulée ne doit pas dépasser 4 cm.

Une coulée ne doit être effectuée qu'après dissipation totale de la chaleur, émise par la couche précédente, sous peine d'une réaction trop rapide de durcissement. Il y a également le risque d'une coloration de la résine, et toute la réussite du travail peut être compromise par des fissurations.

Une autre difficulté peut surgir lorsque le moulage rétrécit et se sépare des parois du moule. La nouvelle coulée s'infiltrant entre les parois du moule et le moulage donnerait une surface inégale. Il ne reste comme solution que le ponçage et le polissage des pièces défectueuses.

Une inclusion regardée par côté laisse distinguer les différentes couches la composant, ce qui est essentiellement dû à ce que la couche durcie n'a plus le même retrait que la coulée suivante. La réfraction de la lumière à ses lignes de jonction est également différente.

Une certaine adhérence du moulage sur les parois du moule n'est pas préjudiciable, on évite ainsi des inégalités en forme de marches d'escalier. Il est conseillé de ne pas mettre de démoulant sur des moules métalliques polis et de refroidir chaque couche (au bain-marie froid à l'eau courante, au réfrigérateur ou dehors en hiver) avant qu'un retrait important n'écarte le moulage de la paroi du moule et ceci jusqu'au durcissement de la dernière couche.

On évite en opérant de cette manière une grande partie du ponçage et du polissage après démoulage.

Le refroidissement doit se prolonger pendant une heure environ pour une pièce de la taille d'une boîte à cigares, et une trentaine de minutes pour des pièces plus petites, dans tous les cas, ne démouler qu'après complète disparition de la chaleur due à la polymérisation.

Une boîte à cigares en bois en tant que moule se refroidit moins bien, le bois étant mauvais conducteur de la chaleur.

### **Pour quelle raison une plaque de résine en 2 couches se tord-elle ?**

Pour la réalisation de panneaux décoratifs ou de tableaux, on travaille la plu part du temps en deux couches.

La première couche se gélifie et se rétracte longitudinalement. Pendant son durcissement, la seconde couche se rétracte également, mais comme elles collent l'une à l'autre,, le retrait de la 2<sup>ème</sup> couche est plus important que celui de la 1<sup>ère</sup>.

Par son élasticité naturelle, la première couche sous la contrainte de la seconde, s'incurve dans les deux sens (en forme de coupole).

On peut pallier à cet inconvénient en réalisant une plaque en 3 couches, mais 2 coulées.

La 1<sup>ère</sup> coulée est démoulée après durcissement, et sa face inférieure est sérieusement poncée pour éliminer toutes traces de démoulant. Après quoi, on coule à nouveau une couche de 1 cm d'épaisseur dans le moule, on place des cales de même épaisseur sur lesquelles on pose le panneau de résine durcie en prenant garde d'inclure de l'air ; puis sur cette plaque, on coule aussitôt une couche de même épaisseur.

Les tensions de retrait qui apparaissent des deux côtés de la plaque durcie s'équilibrent, et de ce fait, évitent une distorsion. Dans des grands blocs, on se rendra facilement compte que le retrait est toujours plus important au centre de la pièce que sur les bords ; comme nous l'avons déjà dit, cela est dû à une température plus élevée du centre, d'où un retrait plus grand.

### **Quantité de catalyseur suivant la température ambiante.**

Notre résine à inclusion GTS (limpide et transparente) est livrée prête à l'emploi, pré-accélérée à l'octoate de cobalt, elle a une vie en pot de 40 minutes de 18° à 20° C après adjonction de 1% de catalyseur MEC.

Une température ambiante de 25° C permet de diminuer la proportion de catalyseur MEC jusqu'à 0.8% sans risque, on double ainsi la vie en pot.

En effet, à 25°C et avec adjonction 2% de catalyseur, la gélification débuterait après 15 minutes seulement.

Le durcissement trop rapide provoquerait une augmentation de la température centrale, le point critique dépassé, des fissurations et des changements de coloration se feraient jour.

Il faut dans tous les cas équilibrer le dosage du catalyseur de manière à obtenir une vie en pot minimum de 20 minutes.

Si la température ambiante n'est que de 15°C on augmente la quantité de catalyseur à 1.5% ; et si la gélification est trop lente, il est conseillé d'ajouter de l'accélérateur au cobalt. L'adjonction normale d'accélérateur est de 0.1 à 0.3% ; plus ne serait pas recommandé, il en résulterait une coloration rose ou rougeâtre de la coulée. 0.1% d'accélérateur sont difficiles à doser, néanmoins, avec un compte gouttes, il est possible d'y parvenir. 0.1% d'une coulée de 0.500 kg représente donc 0.50 g c'est-à-dire 20 gouttes = 1 gramme. Ceci est valable aussi bien pour le catalyseur MEC que pour l'accélérateur au cobalt.

Si l'on veut par exemple ajouter à une coulée de 0.500 kg, 0.1% d'accélérateur au cobalt et 2% de MEC, il faudra donc compter 10 gouttes d'accélérateur ainsi que 10 grammes de MEC, sera 200 gouttes.

Si l'on s'aperçoit d'une erreur de dosage, et que le bloc gélifie en une dizaine de minutes, il y aura danger d'une réaction exothermique importante, avec tout ce que cela comporte, c'est-à-dire fissures et changement de coloris.

Le seul remède est de mettre le bloc dès la prise en gel sous l'eau courante du robinet et ceci jusqu'à refroidissement complet ; le refroidissement rapide ralentit également le retrait, évitant ainsi un décollement du moulage des parois du moule, et par la suite, l'introduction de résine entre la pièce et le moule. Le durcissement final est obtenu après 3 à 6 heures. Après étuvage à 70°C pendant 30 minutes, on peut déjà poncer et polir l'inclusion.

En ponçant avant durcissement complet, on encrasse surtout le papier.

La pâte à polir également ne produit d'effet que sur une résine durcie.

Pour des finitions rapides, on peut donc mettre le moulage dans un four pendant une vingtaine de minutes, puis la refroidir dans le réfrigérateur car une pièce froide est plus dure et se laisse mieux poncer et polir.

### **Réduction de la quantité de catalyseur MEC lors de coulées importantes.**

La résine GTS nécessite normalement 1% de catalyseur MEC pour gélifier en 20 à 30 minutes. Mais lors de coulées importantes (1 à 2 kg) on peut réduire le catalyseur à 0.8%.

Lors de la mise en œuvre de petites coulées la quantité de catalyseur peut être portée à 2 ou 3%.

Pour de très petites quantités, 10 à 20 grammes de résine, on peut aller jusqu'à 5% de catalyseur.

La gélification intervient alors en 5 minutes, de cette manière, on peut démouler les pièces au bout d'un quart d'heure.

### **Inclusion d'un crocodile naturalisé de 40 cm de long :**

Les animaux naturalisés sont en généraux remplis de sciure, de farine, de liège ou de copeaux de bois. Cela les amène à contenir beaucoup d'air. On sait que lors du dégagement de chaleur, dû à la polymérisation de la résine, l'air augmentera de volume, et des bulles d'air monteront en surface.

Cette formation de bulles est très ennuyeuse car elles passent au travers de la résine, et au moment de la prise en gel, une grosse bulle restera bloquée juste au-dessus de l'animal. Pour cette raison, il est conseillé de faire ce genre d'inclusion en plusieurs étapes, la dernière consistant en une coulée dépassant le plus haut point de la gueule de l'animal d'1 mm. Après gélification, on peut couler le reste en une seule fois. Pour le moule, des panneaux de latté, cloués ensemble et vernis par 2 fois, intérieurement au vernis DD furent employés. Après durcissement du DD, la cire de démoulage, et le démoulant liquide sont mis en place. La 1<sup>ère</sup> coulée, formant la couche de base a été colorée en blanc, pour constituer un fond contrastant avec le corps sombre de l'animal inclus.

L'épaisseur de cette coulée de base était de 15 mm sur toute la surface du moule. La quantité de résine nécessaire à cette opération, 1 kg de GTS a été catalysés à 1% de MEC soit 10 g. La gélification se fait en 30 minutes, la réaction de durcissement ainsi que le dégagement de chaleur en décollant, étaient dissipés après 3 heures.

Le retrait dû à la polymérisation a créé un jour de 2 mm entre la coulée et les parois du moule.

L'opération suivante consistait en la mise en place du crocodile qui fut collé sur le fond à l'aide d'un peu de résine catalysée, après quoi, des coulées successives de 2 cm d'épaisseur sont pratiquées avec 3 heures d'attente entre chacun.

Evidemment, chaque coulée se faufile dans l'espace laissé entre la coulée précédente et les parois du moule, et en fin de moulage, il reste tous les côtés à poncer sur 2 à 4 mm pour retrouver une surface unie.

La dernière coulée dépasse le dessus du moule, et on pose délicatement un verre à vitre sur la résine en poussant d'un côté du moule vers l'autre.

Après durcissement, tout le bloc s'était séparé des parois du moule, et le démoulage s'opéra par simple renversement du moule.

Les bords ont été poncés à l'aide d'une ponceuse électrique, et ensuite traités comme décrit dans notre paragraphe : « ponçage et polissage ».

Une inclusion comme celle-ci pèse environ 5 kg et est d'un effet fort intéressant.

La fin du processus de durcissement provoque encore un retrait interne qui sépare la pièce incluse de la résine, ce qui donne un effet argenté à la surface de l'inclusion.

## **Coloration à l'aide de pâtes colorantes.**

La résine polyester peut être facilement colorée avec des pâtes colorantes PU ; Les pigments de cette pâte colorante sont très forts et pour une légère coloration d'une inclusion, il faut très peu de colorant.

Pour la quantité de résine nécessaire à une inclusion de la taille d'une boîte à cigares, la valeur d'une tête d'épingle suffit.

On obtient ainsi une coloration prononcée, sans nuire à la translucidité de la pièce.

Ces pâtes colorantes PU (plus petites quantités livrables : 50 g) existent chez nous en noir, jaune, blanc, bleu rouge et vert.

En mélangeant ces différents coloris de base, on peut obtenir des tons intermédiaires.

L'adjonction de colorant blanc, ne donne pas un ton plus clair, à un autre coloris, il ne fait que rendre le colorant trouble. Les pâtes colorantes polyester ordinaire ne conviennent pas pour des inclusions, n'étant pas transparentes, même en petite quantité, elles troublent la limpidité des inclusions.

Pour obtenir des colorations plus soutenues, il suffit d'augmenter les doses de colorant PU.

De jolis effets de coloration sont obtenus en préparant un mélange de résine catalysée et de pâtes colorantes PU dans la proportion de 10 à 1.

Lorsque l'inclusion est terminée, on laisse tomber quelques gouttes de ce concentré et on les répartit en traînées dans la résine.

Il est également possible de colorer différemment les différentes couches de l'inclusion.

### **Coulées sur du bois, de la céramique ou du métal :**

Parmi tous les travaux d'inclusion, ou de coulées, il y a également le problème de l'inclusion de bois.

Dans les nombreux pores du bois, il y a constamment de l'air et des gaz qui ne s'éliminent que très lentement.

Cette élimination se poursuit également même après gélification, faisant apparaître des bulles sur la surface du bois inclus. Il faut donc commencer par bouche-pores le bois à l'aide de résine polyester. On arrive à ce résultat en badigeonnant le bois à l'aide de résine GTS + 3% de catalyseur MEC + 0.3% d'accélérateur et on attend que cette couche durcisse.

L'accrochage du bois est amélioré en ajoutant 10 à 20% de styrène, à la résine, la rendant plus fluide et plus pénétrante dans les pores du bois.

Selon la sorte de bois et la taille des pores du bois, le traitement devra éventuellement être renouvelé plusieurs fois, jusqu'à complet bouche-pores du bois.

Pour laisser au bois toute sa beauté à travers l'inclusion, il est nécessaire qu'il y ait une bonne adhérence de la résine sur le bois, car s'il se produisait un décollement, la surface du bois apparaîtrait blanchâtre et perdrait toute sa beauté.

Ces bulles peuvent encore se faire jour même dans un bloc déjà durci, car à l'intérieur d'un bois, il subsiste toujours de l'air. Une formation de gaz peut également se produire par fermentation à l'intérieur du bois. Ces risques ne peuvent être éliminés que par une sérieuse préparation selon les indications données.

Des carreaux de céramique ne nécessitent aucun traitement de surface. Ceci est également valable pour les pièces métalliques, et les pierres de toutes sortes.

Lors de l'inclusion d'objets métalliques importants, il faut prendre en considération le mauvais accrochage du polyester sur ces surfaces. Un décollement est toujours possible par suite des tensions dues à la polymérisation et au retrait. On doit donc chercher à éviter tout décollement, même partiel, qui créerait un changement de brillance de la coloration de l'objet inclus.

Pour cette raison, il est préférable que les carreaux de céramiques ou que les objets métalliques soient le plus petit possible, permettant à la résine de pénétrer dans les joints et de s'y accrocher.

### **Le démoulage :**

Des moules rigides en métal, verre, ou polyester armé fibre de verre, ne créent pas de difficultés pour le démoulage.

Le moulage ayant la plus part du temps opéré une séparation partielle de par son retrait, il suffit en général de légers tapotements, pour démouler la pièce.

Si le démoulage présentait néanmoins quelques difficultés, il suffirait de placer le moule pendant une dizaine de minutes dans de l'eau chaude (40 à 60°C).

Une étuve est également conseillée dans ce cas. Par ce réchauffement, on obtient un retrait complémentaire du moulage. On laisse refroidir ensuite.

Le coefficient de dilatation des résines polyester par rapport au fer est de 6 à 1, ce qui signifie que la résine rétrécit 6 fois plus que le moule en métal qui l'entoure.

On peut donc profiter de cette propriété lors de démoulages laborieux.

Après étuvage, on peut introduire la pièce dans un réfrigérateur, ce qui est de toute manière plus indiqué que l'emploi de la force.

Des moules souples en polyéthylène, se retournent, et une simple pression sur leur fond occasionnera le démoulage, sans risque d'ennuis d'aucune sorte.

Pour des pièces présentant des contre-dépouilles, il faut employer en tant que moule, un matériau suffisamment flexible pour permettre le démoulage.

Dans ce cas, notre caoutchouc aux silicones (durcissant à froid) est recommandé, ainsi que notre polyuréthane flexovoss K9N. Tous ces matériaux sont élastiques à 100% environ.

### **Ponçage et polissage d'un bloc de résine obtenu par coulée :**

La résine à inclusion ne durcit pas parfaitement sur son côté, qui est en contact avec l'air. Cette partie reste légèrement poisseuse. Cette surface collante n'est pas toujours désirée, mais elle a l'avantage de permettre une bonne liaison avec la coulée suivante.

Cette surface poisseuse devra donc être éliminée par ponçage et polissage, surtout si l'on a pas pris la précaution de couvrir ce côté, jusqu'au durcissement, par une plaque de verre, de fer blanc ou de terphane pour la mettre à l'abri de l'air. Comme le ponçage et le polissage sont assez fastidieux, il ne faut donc pas omettre de couvrir la dernière coulée.

L'élimination des bavures ne présente pas les mêmes difficultés. On emploie pour cela un couteau, ou une lime, après quoi, on ponce pour casser l'angle et lui donner un léger rayon. Le ponçage d'une face commence avec un papier abrasif à grain moyen : n° 120. Seulement, en cas de grosses inégalités pour aller plus vite, on peut employer du n° 60.

Dans le processus de ponçage, il convient de diminuer progressivement la grosseur de grain du papier, afin de faire disparaître les rayures dues au papier précédent. Une seule rayure profonde nécessite le ponçage de toute la surface jusqu'à l'amener au niveau du fond de la rayure, pour obtenir une surface impeccable.

Les étapes suivantes sont nécessaires pendant le ponçage :

1. ponçage au grain gros n° 60 pour égaliser les surfaces.
2. effacement des rayures dues au n° 60 par l'emploi du n° 120.
3. même chose en employant du 240.
4. suite du même procédé en employant du n° 360 à 500.
5. finition à l'aide de notre pâte à polir que nous avons spécialement mis au point à cet effet.

Un produit de polissage pour carrosserie n'est pas indiqué, car il faut que la pâte à polir employée ait un certain pouvoir abrasif par sa charge en poudre minérale.

Ce polissage devra également se faire sur les angles, après disparition des bavures.

Le papier abrasif sera de préférence un papier à l'eau, et employé comme tel. On peut se procurer toute la gamme de grosseur de grain chez les quincailliers ou chez les marchands de fournitures automobiles.

Après un court laps de temps de ponçage, il faut rincer le papier à l'eau, pour éliminer les grains d'abrasifs qui se détachent. Pour obtenir des surfaces bien planes, il convient de coller le papier abrasif sur un morceau de contreplaqué à l'aide de colle Uhu ou araldite.

De toute manière, il faut poncer avec une cale pour toujours présenter une surface plane en contact avec le bloc.

Les défauts de polissage se reconnaîtraient par la suite sur la pièce brillante par une réfraction différente de la lumière.

Le fruit de ce travail fastidieux, le ponçage en 5 étapes successives, se trouve dans l'impeccable présentation de l'objet poli. Il n'est donc pas conseillé de sauter une des 5 étapes de ce processus, cela se reconnaîtrait à la fin.

## **Percer, scier, limer....**

La résine à inclusion est à peine plus dure que du bois dur, et se laisserait donc travailler avec tous les outils à bois.

Néanmoins pour percer il n'est pas conseillé d'employer une mèche à bois, mais une mèche à métal, bien affûtée pour éviter la création d'un noyau de chaleur, cause de fissures. Il est même conseillé de refroidir avec un jet d'eau.

Pour scier, une lame à denture assez fine, comme pour le métal, s'avère la plus adaptée.

Pour limer, on préconise également une lime à denture assez fine. Les outils à bois risquent de provoquer des cassures et des arrachements, qui ne sont pas à craindre avec l'outillage pour métaux.

Des coupes très franches et lisses peuvent être réalisées à l'aide d'un outil à disque diamanté, tournant à une vitesse très élevée mais le prix de cet outil à air comprimé n'est rentable que dans la mesure où il peut être employé professionnellement.

## **Réalisation d'un moule à coulée en caoutchouc aux silicones.**

On a souvent le problème de réaliser un moule permettant la reproduction fidèle d'un relief.

Le caoutchouc aux silicones permet cette réalisation sans peine. Le caoutchouc aux silicones est une masse très élastique qui polymérise en 2 à 4 heures après l'adjonction de son durcisseur. Elle passe alors d'un état liquide permettant sa coulée à un état de masse solide, élastique.

Le caoutchouc aux silicones n'adhère sur aucun support lisse, il est donc inutile d'employer un agent de démoulage.

Pour prendre l'empreinte d'un relief, il suffit de l'entourer d'un rebord en bois plus haut que la plus haute partie de relief.

On mélange la quantité de durcisseur prescrite au caoutchouc (2%) et on commence par passer cette préparation à l'aide d'un pinceau, dans toutes les inégalités du relief, ceci pour être certain de ne pas laisser de bulles d'air dans un recoin difficilement accessible par la coulée. Après quoi, on procède à la coulée jusqu'au remplissage complet du moule.

Le durcissement est complet après une nuit, et on peut éliminer le cadre (bois ou métal). Le moule en caoutchouc aux silicones est prêt à servir dès qu'on le sépare du relief dont on a pris l'empreinte.

On peut donc procéder à une coulée de résine à inclusion, un tel moule n'a aucun retrait au durcissement, et restituera fidèlement jusqu'au 1/10 de mm tous les contours du relief.

Avant la coulée de résine, il est également conseillé de passer une couche au pinceau dans les creux du moule, pour éviter, comme on l'a déjà fait précédemment, des bulles d'air récalcitrantes.

Le caoutchouc aux silicones permet par son élasticité la prise d'empreinte ayant une forte contre-dépolle.

Si l'on désire reproduire entièrement, une poupée on peut, après l'avoir enrobée de caoutchouc aux silicones, fendre le moule, prévoir un trou dans le haut pour le remplissage, et après avoir réuni les 2 parties du moule, on peut procéder au remplissage avec de la résine GTS.

Une coulée de 5 cm d'épaisseur peut être faite en une fois. Un moule en caoutchouc aux silicones, peut être réemployé une dizaine de fois avant que sa surface ne soit attaquée par le styrène contenu dans la résine.

Si le moule, après usage intensif, présente une surface abîmée, par une légère reprise de styrène, il suffit de le laisser reposer 1 à 2 jours pour pouvoir le réemployer comme précédemment.

## **Réalisation de plaques de propreté décoratives pour portes :**

Un secteur exploité professionnellement en inclusion, est la fabrication de plaques ou de poignées décoratives pour portes. Les portes en glace de magasins, de médecins, etc... peuvent être personnalisés par la pose de poignées ou de plaques de propreté dans lesquelles on peut inclure des objets, emblèmes ou signes distinctifs de la profession ou hobby des propriétaires. Par exemple, un caducée pour un médecin.

Ces personnalisations n'ont pratiquement pas de limites dans leurs expressions.

Les réalisations de ces emblèmes peuvent être faites de fil de cuivre ou d'argent, des émaux sont également valables.

Ces fantaisies se paient relativement cher dans le commerce car il s'agit en définitive de réalisations à la demande, et par unité.

### **Réalisations de panneaux à effet e verre cathédral.**

Pour agrémenter des fenêtres, on peut réaliser des petits panneaux ayant un effet de surface irrégulier, genre verre cathédral.

En tant que moule un cadre en bois suffit, il faut le traiter à la cire de démoulage.

Le fond irrégulier est obtenu à l'aide d'une feuille de terphane.

La feuille en question, coupée à la bonne dimension, est consciencieusement froissée dans les mains, puis étalée à nouveau et fixée sur le cadre en bois à l'aide de punaises.

Par sécurité, on devrait faire passer la feuille de terphane par-dessus le cadre pour être sûr qu'il ne se produira pas de coulée sous elle, car il faut quand même un certain temps, avant que la résine ne gèle.

Une coulée dans ce moule donnera donc une plaque ayant un côté tourmenté, et un côté plat. Ce dernier, s'il polymérise au contact de l'air restera plus tendre. Si l'on veut obtenir une surface sèche et dure, il faut la couvrir délicatement avec une feuille de terphane, de manière à ne laisser aucune bulle d'air.

Si l'on veut obtenir un second côté tourmenté, il suffit de froisser également la feuille de couverture avant la mise en place.

Dans ce procédé, il y a quand même l'inconvénient d'emprisonner des bulles d'air dans les aspérités de la feuille de terphane.

Le remède consiste à enrouler la feuille de terphane sur un bois rond, et de la développer sur le moule en la déroulant tout en poussant devant soi une certaine quantité de résine.

Les bulles d'air sont ainsi chassées sur le parcours du déroulement.

Avec un peu d'adresse, on réussit ainsi des plaques tourmentées sur les deux faces, qui ont un bel effet de lumière.

Si la plaque devait être garantie contre les chocs éventuels, on peut lui inclure une couche de mat de verre, soigneusement trempé et bullé à l'aide d'un pinceau.

Par la différence de l'indice de réfraction de lumière existant entre les fils de verre et la résine, la structure du mat apparaîtra, mais cela ne fait souvent qu'ajouter une attractivité supplémentaire à la pièce.

### **Que peut-on inclure ?**

En réalité, on peut inclure tout objet qui ne se dissout pas au contact de la résine polyester.

La résine polyester liquide contient du styrène, pour cette raison, tout ce qui est attaqué par le styrène est donc impropre à être inclus.

Les matériaux et objets qui sont dans ce cas, ne sont pas très nombreux.

Voici une courte liste de ces objets :

Objets thermoplastiques ou polystyrène ; objets réalisés sous presse ou par injection en ABS (acryl butadiène styrène), objets vernis avec un vernis à l'huile ou au vernis synthétique, tissus colorés avec des colorants solubles au styrène.

Ces quelques exceptions prises en considération, nous vous proposons quelques idées pour la réalisation d'inclusions décoratives. Des coquillages, étoiles de mer séchée, hippocampes, petites tortues et salamandres séchées. Divers animaux préparés à l'alcool, papillons, insectes de toutes sortes, fleurs et herbes séchées, toutes les plantes feuillues (toujours après séchage) papiers imprimés, par exemple : cartes

de visite, affiches, photos de toutes sortes (en couleurs, ou en noir et blanc) souvenirs précieux de parents ou d'amis.

Puis dans le secteur des cadeaux publicitaires :

Montres en pièces détachées, roulements à billes ou à rouleaux, roue dentée, monnaies de toutes sortes, timbre-poste, insignes de clubs, médailles, autres miniatures (pour chaque propriétaire la sienne) miniatures d'avions à moteur ou planeurs pour des passionnés de ce sport. Locomotives et wagons en inclusion presse-papiers en cadeau de retraite pour des cheminots. Quilles miniatures pour clubs de jeu de quilles, raquettes de tennis et crosses de golf, petits instruments de musique (trompettes, violons etc...) Il existe un signe symbolique pour tout groupe professionnel.

En souvenir de jubilés, anniversaires, départs à la retraite etc.. ces symboles professionnels en inclusions sont un cadeau idéal. Les inclusions polyester, une fois durcies peuvent être gravées par le bijoutier ou l'horloger comme du métal.

Des objets publicitaires gravés au nom du récipiendaire font toujours plaisir. Il est possible de graver à l'aide d'un sceau rougit ou à l'aide d'un fer à souder.

### **Quelles sont les branches d'industries intéressées par la diffusion d'inclusions publicitaires ?**

Fabriques de roulement à billes, fabriques de bougies, fabriques de crosses, fonderies de toutes sortes, fabriques de crayons naturels et à billes, fabriques de mines, fabriques de tubes d'aluminium, fabriques de couteaux et couverts, fabriques de serrures de sécurité et de clefs, fabriques d'outillage de précision, fabriques de vis, fabriques de batteries, fabriques d'automobiles, fabriques de pneus, fabriques d'articles d'optique, fabriques de chaussures.

La réalisation d'objets publicitaires peut être entreprise par la firme elle-même.

Il y a là sûrement matière à réflexion, car il est certain que vos clients de prestige, vos clients étrangers seront sensibles à un tel présent, ce qui peut les mettre en disposition favorable vis à vis de votre industrie.

Diverses industries et ateliers peuvent faire ces inclusions dans leur centre d'apprentissage ou, en fournissant les moules faire exécuter des inclusions en travaux à domicile. Sinon, en fournissant les objets à inclure et en indiquant les quantités, nous pouvons vous mettre en rapport avec des firmes spécialisées dans la réalisation de ces objets publicitaires.

### **Renforcement des inclusions avec un mat verre de ou avec des mèches roving.**

La résine polyester prise n'a pas une grande résistance aux chocs, elle possède à peu près les caractéristiques de la porcelaine.

Des chocs d'une certaine violence peuvent provoquer un éclatement.

Mais le combiné Polyester + fibre de verre, donne (par exemple dans la construction nautique) des résultats d'une solidité extraordinaire.

Le meilleur renfort est constitué par des fils de verre ténus d'environ un centième de millimètre. Ces fils primaires sont réunis par 200 en fils élémentaires. Une mèche roving normale est faite de 60 de ces fils élémentaires, c'est-à-dire qu'il y a 1200 fils primaires d'un centième e mm.

Une telle mèche roving a une résistance à la rupture d'environ 90 kg.

Le verre permet donc de supporter des efforts énormes. Il est entendu que l'on peut également utiliser en tant que renfort des grillages de fil de fer ou de laiton (genre parois de garde manger ou moustiquaires). Ces renforts ne sont pas idéaux car les métaux se prêtant à une déformation élastique se déforment de 5 à 10% avant rupture. La résine polyester par contre ne se déforme que de 2 à 3% avant rupture, ce qui veut dire que la résine polyester sera déjà éclatée quand le métal supportera encore l'effort.

La réaction des tissus de verre est tout autre. Ils supportent des efforts énormes avec une déformation de 0.5 à 1% seulement, c'est-à-dire avant que le polyester ne se fissure, c'est pour cette raison que les fils et tissus de verre se prêtent admirablement au renforcement du polyester.

Un autre avantage consiste en la transparence presque égale des fibres de verre et de la résine polyester, permettant de réaliser des pièces très décoratives, qui seront en même temps bien renforcées, l'indice de réfraction du polyester et du verre étant très proche.

Tous les conseils d'utilisation du polyester + fibre de verre sont contenus dans nos brochures spécialisées, « polyester + tissu de verre » 1<sup>ière</sup> et 2<sup>ième</sup> partie.

Dans notre colis inclusion n° 3 et n° 4, se trouve un morceau de mat de verre, vous permettant ainsi de faire des essais.

Pour commencer, nous conseillons de faire un abat-jour. Pour cela, on peut employer une grande bouteille ou une casserole. Une casserole en aluminium qui est intérieurement parfaitement cylindrique, sans étranglement vers le haut, peut être employée intérieurement en tant que moule, ce qui permettra d'obtenir la partie lisse à l'extérieur de l'abat-jour.

Pour la décoration ultérieure sur le côté interne, on prépare un mélange de résine polyester GTS et 4% d'aérosil, il en résulte une pâte facile à passer au pinceau. Ce mélange pourra être coloré au colorant PU 1 à 2% de pâte colorante PU donne déjà un coloris vigoureux, mais translucide.

L'aérosil est une poudre blanche, de densité très faible. Il est assez difficile de mélanger cette poudre à la résine, il faudra donc remuer assez longtemps. L'apport selon l'épaisseur finale désirée peut être variable.

Toutes nos indications de proportions se réfèrent aux poids et non aux volumes.

Mais comme la densité des résines, durcisseurs, pâtes colorantes etc... est très voisine de celle de l'eau (1.1 à 1.2) le dosage peut être fait volumétriquement. La seule exception est l'aérosil.

### **Conseils pratiques pour l'inclusion d'une étoile de mer.**

1. Détermination de la grandeur du moule pour que l'étoile de mer soit entourée de toutes parts, d'une couche d'au moins 1 cm de résine GTS.
2. Nettoyage du moule à l'aide d'eau savonneuse, séchage absolu. Le séchage des moules en fer blanc doit être très rapide pour éviter à la rouille de se former.
3. Détermination du volume du moule pour pouvoir préparer la quantité de résine nécessaire. Pour cela, on peut calculer le volume en prenant les mesures ou en remplissant le moule d'eau et :
  - a) mettre de l'eau dans deux récipients, porter des marques, vider et remplacer par de la résine.
  - b) L'eau représente le volume, il faut ajouter 10% en poids de résine si l'on se base sur le poids (densité de la résine = 1.1).
  - c) Dans les 2 cas, ajoutez 5 à 10% de résine pour la perte.
4. Mélanger 30% de la quantité totale de résine à 1% de catalyseur MEC, couler ce mélange dans la forme et laisser geler.
5. Coller l'étoile de mer, à l'aide d'un peu de résine catalysée sur la surface de résine durcie, ceci afin qu'elle ne surnage pas lors de la coulée suivante.
6. Attendre que ce collage ait durci.
7. Mélanger le reste de la résine avec 1% de catalyseur MEC et le couler dans le moule, puis couvrir délicatement en commençant d'un côté pour aller vers l'autre, à l'aide d'un verre à vitre ou d'une feuille de terphane.
8. Le jour suivant, on peut démouler l'inclusion et éliminer les bavures à l'aide d'une lime ou d'un papier abrasif.
9. Si un côté présente des inégalités dues à une séparation prématurée du moulage de la paroi du moule, il faut poncer et polir ce côté jusqu'à obtention de l'état de surface désiré.

Autres expériences :

Les résines à inclusions (ou à couler) offrent mille possibilités d'applications, aussi bien dans le domaine de l'art que du hobby.

Les résines polyester normales se mélangent à toutes sortes de charges minérales, et, durcissent aussi bien dans ce cas.

Une charge importante de gravier ou de sable, a même l'avantage de réduire de beaucoup le retrait.

Pour la réalisation d'un bloc de gravier sec et de résine polyester, la part de résine peut ne pas excéder 10 à 20%. Un tel bloc, 5 fois plus grand, qu'un bloc de résine pure peut être fait en une seule coulée sans risquer des fissurations ou des éclatements, la chaleur due à la polymérisation étant en grande partie absorbée par la charge de gravier.

On peut également mélanger des éclats de verre coloré (amenuisés à l'aide d'un rouleau) à de la résine polyester GTS. Le mélange avec de la poudre de fer donne un bloc particulièrement dense. Le mélange avec de la poudre de cuivre permet d'obtenir une très bonne conductibilité thermique.

Le mélange avec des copeaux ou de la sciure de bois permet d'obtenir un bloc pouvant être coloré sans danger d'éclatement ou de fissuration.

Des charges molles comme la sciure, ne présentent guère de résistance au retrait, un tel bloc aura donc un retrait très important. Il ne faut pas perdre de vue que la partie la plus importante du retrait se fait après durcissement. Une séparation après durcissement d'une coulée de résine de son support est donc toujours à envisager.

Des tissus de toutes sortes deviennent durs et cassants après imprégnation avec de la résine.

La résine polyester durcie ne peut plus être séparée des tissus imprégnés après durcissement, car elle est résistante à tous les solvants et produits chimiques.

Si par malheur on a taché ses vêtements, le seul remède est un nettoyage immédiat à l'aide d'un solvant avant durcissement. Nous livrons pour cela du solvant B (chlorure de méthylène ininflammable) et du solvant A (acétone inflammable ne pouvant être expédiée par la poste).

Si l'on mélange quelques gouttes d'eau à de la résine polyester on obtient un produit trouble et blanchâtre qui durcira quand même complètement.

Si l'on mélange 10 à 20% de solvant A, B ou C à la résine, celle-ci gardera son aspect limpide, mais ne durcira pas complètement, les solvants ne se mariant pas aux molécules du polyester durcissant.

Une partie du solvant s'évapore en quelques jours, et pour des épaisseurs ne dépassant pas 5 mm, en deux ou trois jours, l'évaporation sera complète et le durcissement de la coulée se fera quand même, mais avec ce retard.

Par adjonction de ces corps étrangers, eaux ou solvants, on retarde sensiblement la gélification et la polymérisation. Pour des coulées très peu épaisses (1 mm et moins) l'adjonction d'un solvant très volatil comme l'acétone ou l'éther permet d'obtenir une résine plus fluide, ces solvants auront complètement disparus au moment de la gélification.

Pour des coulées de plus d'un mm, il est préférable de s'abstenir d'un tel mélange : ceci pour éviter des aventures désagréables. On peut facilement épaissir la résine à inclusion GTS par l'adjonction de 2% de poudre aérosil. Ce procédé ne va pas sans une certaine opacification de la résine.

Si l'on veut obtenir une pâte à passer au pinceau, il faut augmenter la dose d'aérosil jusqu'à 3 ou 4% (en poids).

La surface légèrement poisseuse des résines polyester durcissant au contact de l'air est éliminée par adjonction de paraffine à la résine.

Une quantité de 1% d'une solution de paraffine à 5% dans du styrène donne des résultats satisfaisants. De la paraffine ayant un point de fusion de 55°C convient parfaitement.

La paraffine vient en surface au moment de la polymérisation, à cause de son incompatibilité, et forme un film mat en surface.

Par ces diverses combinaisons de coloration, de charges etc... Il est possible à tout un chacun d'adapter à des expériences et à des problèmes particuliers, la technique adéquate pour la mise en œuvre de ce produit de synthèse moderne, durcissant à froid.

### **Réalisation d'un moule en polyester armé de fibre de verre pour couler de la résine.**

Si l'on désire reproduire une pièce à un grand nombre d'exemplaires, il est souvent nécessaire de construire un moule permanent en prenant l'empreinte d'une forme mère.

Prenons comme exemple un modèle en bois de la taille d'une boîte à cigares. Dans ce cas, il faut suivre les étapes suivantes :

Le modèle en bois sera fixé sur un plan horizontal parfait (plaque de verre, formica etc..). Les angles seront légèrement abattus afin de permettre une bonne adhérence du mat de verre. Les pores du bois seront bouchés par deux ou trois passages au vernis DD (selon porosité) avec ponçage à l'abrasif à l'eau, grain 240 entre chaque couche.

Après durcissement du DD, on enduit la forme à l'aide d'un pinceau ou d'un chiffon avec de la cire de démoulage. Pour être sûr du démoulage, on lustre la couche de cire de démoulage à l'aide d'un chiffon doux et on passe une couche de démoulant liquide à l'aide d'une petite éponge.

Le temps de séchage pour la cire de démoulage est approximativement de 3 minutes, et environ 30 minutes pour le démoulant liquide.

Après le séchage du démoulant liquide, on passe d'abord une couche mince de résine polyester pure sur la forme.

Pour éviter que cette résine ne coule sur les parois verticales de la forme, il faudra au préalable la thixotropie à l'aide de 2 à 3 % d'aérosil, de manière à obtenir une couche régulière de 0.2 à 0.5 mm, partout.

Cette première couche devrait gélifier rapidement pour éviter une trop importante évaporation de styrène, pour cela, il faut lui ajouter 1% d'accélérateur au cobalt.

Exemple : pour la surface d'une boîte à cigares, recouverte d'une couche de 0.3mm , il faut 100 g de résine GTS, 3 grammes d'aérosil et 3% de catalyseur MEC, soit 60 gouttes.

La quantité supplémentaire d'accélérateur au cobalt à ajouter = 1% = 20 gouttes ou 1 gramme.

Par une température ambiante de 18° C il est possible de doubler la dose d'accélérateur.

Après cette mise en place, ce gelcoat devra durcir pendant au moins 6 heures avant d'être recouvert de mat de verre, imprégné de résine polyester.

Pour accélérer ce processus, on peut également mettre la forme dans une étuve à 50°C pendant 1 heure.

Ensuite, on peut procéder à la pose des morceaux de mat de la grandeur adéquate. Ces morceaux de mat peuvent être découpés aux ciseaux et l'on prévoira un recouvrement de 1 à 2 cm aux jonctions.

Les coupes aux ciseaux donnant des recouvrements à surépaisseur, il est préférable d'effranger les bords ou de les déchirer plutôt que de les couper ; pour cela, on trace les coupes à l'aide d'un marqueur feutre, on pose une règle le long des lignes et l'on déchire. L'effrangement ainsi obtenu permet des recouvrements pratiquement invisibles.

Il convient également de vérifier si la forme est bien à plat sur son support, et ceci, sans interstice permettant à la résine de couler dessous.

Si l'adhérence sur la plaque de support n'était pas parfaite, on pourrait combler l'intervalle à l'aide de notre mastic polyester ou simplement à l'aide d'une bande adhésive.

Lorsque le mat de verre est en place à sec, on mélange 0.500 kg de résine à 3% de catalyseur MEC = 15 g ou 300 gouttes.

Cette couche n'offrant pas le danger de tensions, ni de formation de chaleur importante, on peut également, ajouter une petite quantité d'accélérateur au cobalt pour obtenir la gélification dans une vingtaine de minutes. L'expérience donne 0.3% d'accélérateur au cobalt, soit 30 gouttes (1.5g).

**Attention :**

L'accélérateur au cobalt ne doit jamais être mélangé directement au catalyseur MEC, il pourrait s'ensuivre une décomposition violente des produits avec risque d'explosion.

Il faut donc mélanger consciencieusement l'un à la résine polyester avant d'ajouter l'autre de ces produits.

La quantité de résine ainsi préparée devra être employée en un laps de temps d'une vingtaine de minutes. La mise en œuvre se fera à l'aide d'un pinceau que l'on trempera dans la résine et avec lequel on imprégnera le mat de verre par tamponnement.

L'imprégnation devra être totale. Les endroits restés clairs représentant des bulles d'air, devront être éliminés toujours par tamponnement jusqu'à complète disparition, afin d'obtenir un stratifié de bonne qualité.

Une seule couche de mat donne une épaisseur d'environ 1 mm. Selon rigidité et solidité désirée, on eut couvrir seulement les bords ou tout le moulage de 2 ou 3 couches de mat en procédant de la même manière.

On peut également, après durcissement et démoulage, ajouter des couches supplémentaires de renforts ou de raidissements, parce que le côté en contact avec l'air restant poisseux, offre toujours une bonne surface de prise aux renforts supplémentaires.

Les angles devront être l'objet de plus d'attention, car il ne faut pas qu'il y ait des excès de résine à ces endroits ; après démoulage, il pourrait s'y faire des tensions qui feraient incurver les bords.

Pour raidir les parties planes d'un moule, on peut stratifier des liteaux de bois, des fers plats à l'aide d'une bande de mat.

Ces raidisseurs ne devront être rapportés qu'après durcissement complet car il existe le risque que des tensions viennent marquer l'intérieur du moule.

Après gélification, c'est-à-dire au moment où la résine passe de l'état liquide à l'état solide et offre la consistance du cuir, on peut couper les bords à l'aide d'un tranchet.

Après durcissement complet, les bords ne pourront être coupés qu'à l'aide d'une scie ou d'un outil à disque diamant.

Nous avons de tels outils dans notre programme d'outillage, néanmoins, leur prix exige un emploi pratiquement professionnel. Le démoulage pourra être fait après 5 à 6 heures de durcissement à la température ambiante ou après 1 à 2 heures d'étuvage à 50°C.

Une forme telle qu'une boîte à cigares, ne pourra pas être démoulée entière, à cause du retrait, et également, à cause de ses parois verticales et parallèles n'offrant aucune dépouille. Il faudra donc la sortir en morceaux.

Si la forme parallélépipédique n'a pas été spécialement conçue pour cela, il ne reste que la solution de sa destruction.

Si les parois du moule présentent encore des inégalités, elles pourront toujours être poncées à l'aide d'un abrasif fin à l'eau (400) et polies à l'aide de notre pâte à polir, car pour la réalisation d'un moule de production, les moulages devront être parfaits.

Les présentes informations et les conseils qui vous sont données verbalement ou par écrit dans le cadre de notre assistance technique ou d'essais pratiques, vous sont communiqués au mieux de nos connaissances et n'engagent pas notre responsabilité, même en ce qui concerne d'éventuels droits de tiers en matière de propriété industrielle. Ils ne vous dispensent pas de la nécessité de vérifier sur place si les conseils techniques et les produits fournis conviennent aux procédés et application que vous envisagez. L'application, la mise en œuvre et la transformation des produits fournis, échappent à notre contrôle et relèvent exclusivement de votre responsabilité. La vente de nos produits s'effectue en vertu de nos conditions générales de vente et de livraison. Nos recommandations en matière de sécurité ne vous dispensent pas de l'obligation de déterminer les mesures de sécurité adaptées à vos conditions d'exploitation, que nous ne pouvons prévoir, et de veiller notamment à la qualification professionnelle et à l'information des personnes appelées à utiliser, manipuler ou être en contact avec les produits.