



FABRICATION D'UN MOULE

Nous allons maintenant voir les différentes étapes qui mènent à la réalisation d'objets en polyester, à savoir la conception du modèle, la fabrication et le tirage des pièces dans ce moule.

Pourquoi ne pas faire directement un moule, au lieu de réaliser une forme mâle? Les formes conçues sont souvent bombées (fuselage d'avion, coque de bateau) donc leur moule est creux, et donc difficile à exécuter directement.

La forme femelle (le moule) doit servir plusieurs fois, elle doit donc être solide, c'est-à-dire fabriquée en polyester homogène sans de multiples retouches de mastic qui risquent de se décoller à chaque démoulage.

La réalisation d'une forme mâle destinée à servir une fois (fabrication du moule) permet une création de conception légère et rapide.



Fabrication de la forme mâle

Conception

La conception d'une forme mâle peut présenter plusieurs degrés de difficultés suivant le but recherché (copiage, amélioration, création).

- **Le copiage** consiste à se procurer l'objet désiré et à s'en servir pour réaliser un moule. Outre que ce procédé manque pour le moins de délicatesse, il n'offre que très rarement d'intérêt. En effet, seule une utilisation à titre personnel des pièces sorties du moule est tolérée. Cela limite l'utilisation du moule à un ou deux exemplaires, et le prix de revient devient supérieur aux pièces achetées toutes prêtes dans le commerce.
- **Amélioration** d'une forme existante: c'est la méthode la plus employée, elle est relativement rapide, elle présente moins de risques que la conception totalement personnelle. Le but recherché peut être une amélioration soit des performances, soit de l'esthétique, ou encore de permettre un montage plus simple.
- **Création**: créer une forme, faire un moule et tirer une pièce, c'est prendre un risque. Mais la création demeure la forme de modélisme la plus intéressante (c'est le côté noble et authentique). Et c'est toujours une grande satisfaction de voir voler, naviguer ou rouler un engin que l'on a dessiné, c'est une pièce unique dont la valeur sentimentale n'a rien à voir avec celle d'un kit du commerce.

Attention, lors de la conception, il faut prévoir des formes qui soient démoulables (fig 1). Il faut également éviter les angles vifs, qui devront être comblés lors du moulage, cela entraînant une augmentation de poids.

CLUB DE VOILE AUTUNOIS



Fiche technique n° 43 2/6

FABRICATION D'UN MOULE (SUITE)

Réalisation

S'il s'agit de modifier légèrement un objet existant il suffit de couper, de mastiquer ou de coller des morceaux de balsa sur la pièce pour obtenir la forme désirée. Pour la création il est indispensable de faire tout d'abord le dessin à l'échelle, puis de faire un modèle, appelé « master ».

Il y a deux techniques: la sculpture ou le coffrage sur couples.

La sculpture

Elle peut être réalisée soit en plâtre, soit en plastique expansé (polystyrène ou roofmat) soit encore pour des pièces relativement petites en bois tendre de préférence.

Pour le plâtre il faut d'abord réaliser un gros bloc qui est ensuite taillé puis poncé, c'est un travail laborieux, désagréable et qui donne rarement les résultats souhaités.

Les plastiques expansés sont quant à eux beaucoup plus agréables à travailler. Relativement peu fragiles, ils se découpent facilement et se poncent aisément, surtout ceux à grain fin.

Le bois présente l'avantage d'offrir un bon état de surface, mais il est plus dur à travailler.

La technique de réalisation par sculpture permet des créations de formes très tourmentées, difficiles à obtenir par d'autres façons, mais elle sacrifie la précision, il est en effet difficile de suivre le dessin au millimètre près, c'est la raison pour laquelle cette technique est utilisée dans le cas où l'esthétique prime sur la précision. Pour permettre de suivre le plan avec un minimum d'erreurs il est nécessaire de faire des gabarits en bois ou en carton dur, qui, posés contre la pièce, indiqueront les modifications à apporter.

Coffrage sur couples

L'autre solution consiste à construire la forme mâle comme on le ferait pour un modèle réduit:

- *Lattes sur couples (bordé sur membrures)*
- *Planches et blocs de balsa assemblés puis poncés.*

Cette solution peut paraître plus longue que la précédente mais elle permet une précision nettement supérieure.

Finition

La finition doit être impeccable. N'oubliez pas que tout défaut sera reproduit sur chacune des pièces sortant du moule. Et comme, par ailleurs, il est très difficile de faire des retouches à l'intérieur d'un moule, il ne faut pas hésiter à passer du temps sur la finition du modèle.

Beau modèle = beau moule = belles pièces

Si le modèle n'est pas beau... devinez la suite!

Pour les modèles réalisés en plastique expansé, l'état de surface rend indispensable un marouflage au pongé de soie, au papier japon ou encore avec des bandelettes de papier journal. Cette opération ne peut se faire qu'à l'aide de colle blanche ou de colle époxy. Le polyester ainsi que les colles et enduits cellulosiques attaquant la plupart des expansés. Lorsque l'expansé sera isolé par une couche de papier collé, il sera alors possible de terminer la finition avec des mastics polyester ou cellulosiques, qui seront poncés à l'eau avec du papier abrasif de plus en plus fin.

Pour les modèles réalisés en bois (balsa, samba ou contreplaqué) après masticage des défauts, ils seront poncés soigneusement.



FABRICATION D'UN MOULE (SUITE)

Ensuite on aura le choix entre plusieurs méthodes:

- Le marouflage à la soie ou au papier japon avec de l'enduit cellulosique, suivi de plusieurs couches de peinture, avec ponçage entre chaque couche.
- Le bouchage des pores du bois avec du mastic cellulosique dilué et passé au pinceau, deux ou trois couches poncées de plus en plus fin.
- Le recouvrement gel-coat, avantage permettant de compenser des irrégularités dans la construction

Inconvénient: dur et long à poncer. Le gel-coat comme nous l'avons vu précédemment est une pâte fluide qui après mélange avec le catalyseur s'étale au pinceau, la couche formée a environ 0,3 mm en moyenne.

Si l'on étale à cinq heures d'intervalle minimum (durcissement des couches précédentes) trois couches de gel-coat de couleur différentes, par exemple une blanche, bleu pâle et bleu plus foncé. On obtient une couche d'un millimètre d'épaisseur ce qui permettra au ponçage d'une part de rattraper les erreurs, d'autre part de vérifier avec les variations de couleurs les limites à ne pas dépasser.

Fabrication du moule

La fabrication du moule doit être soignée, car en cas d'échec il est bien souvent impossible d'en réaliser un second. En effet la forme qui a servi de modèle et qui est d'une construction légère, se casse souvent lors de l'extraction du moule. Toutefois si vous respectez les conseils qui vont suivre, il n'y a pas de raison pour que cela se passe mal, d'autant que pour un moule il n'y a pas à se préoccuper de la légèreté.

Pour commencer, on fixe la forme destinée à laisser son empreinte dans le moule, de façon à l'immobiliser tout en la surélevant pour permettre un travail aisé (fig 2).

Un dernier coup d'œil sur l'état de surface du modèle... Pas de regret... Alors on attaque le cirage, lustrage, démoulant...

Une fois le démoulant sec (minimum 30 minutes) on peut préparer le gel-coat, à raison de 500 g par m² de surface, en rajoutant 3 % de catalyseur. Bien remuer pour garantir l'homogénéité du mélange, puis étaler uniformément sur

toute la surface avec un pinceau plat à poils souples. Ne pas repasser deux fois au même endroit. Le pinceau doit être parfaitement sec, en effet s'il est humide, cela pourrait dissoudre la couche de démoulant.

Après une attente de cinq heures à 18° C minimum et après s'être assuré de l'état du gel-coat qui doit être dur en profondeur et légèrement collant en surface, on peut commencer la stratification.

Le gel-coat étant susceptible d'être ramolli par le solvant (styrène) contenu dans la résine, ce qui aurait pour effet d'abîmer l'état de surface du moule, il est indispensable que la 1^{ère} couche soit la plus fine possible afin de réduire la quantité de solvant en jeu.

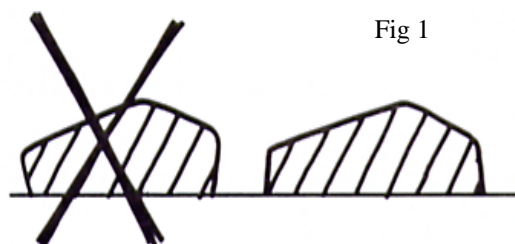


Fig 1

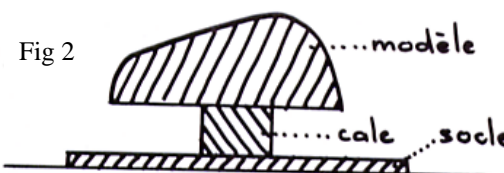


Fig 2



Fiche technique n° 43 4/6

FABRICATION D'UN MOULE (SUITE)

Pour cette raison il est préférable d'employer du mat de 200 g/m² comme première couche. La première couche étant la plus importante, elle doit pouvoir suivre les formes sans se décoller du gel-coat. La présence de bulles d'air entre le gel-coat et la première couche de tissu entraînera inévitablement des retouches au mastic à l'intérieur du moule, ce qui est toujours délicat à réaliser. S'il se présente une arête vive sur la forme il vaut mieux présenter le mat de verre en deux morceaux de part et d'autre de l'arête.

Le mat de verre sera présenté en place et coupé large, deux à cinq centimètres, de façon à compenser sont retrait possible lorsqu'il devra épouser les formes.

Avant de mettre le mat définitivement en place, enduire la forme de résine catalysée, avec un pinceau. Les creux de petites dimensions seront remplis d'un mélange de résine et d'aérosil (fig 3), toujours pour éviter la formation de bulles. Puis le mat sera appliqué sur la forme en le tamponnant avec un pinceau assez raide, imbibé de résine.

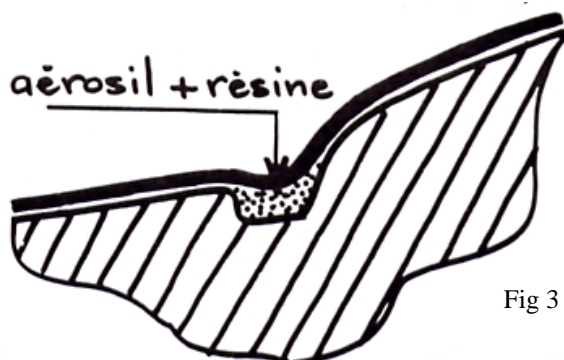


Fig 3

Au bout d'une minute le liant qui maintenait les fils du mat est dissout et il devient alors très facile de lui faire épouser les formes les plus diverses.

Le pinceau doit servir exclusivement à tamponner et non à étaler la résine, ce qui entraînerait un déplacement des fibres de verre, créant ainsi des points faibles dans le stratifié.

Il est nécessaire de tamponner jusqu'à disparition complète des bulles, cette opération peut être facilitée en coupant le mat qui dépasse à quelques millimètres, un poids trop important de mat sur les bords crée des tensions dans les fibres.

Lorsque l'on est sûr que toutes les bulles ont disparu, laisser sécher à l'abri de l'humidité et à une température de 15° c minimum.

Le temps nécessaire au séchage varie de une à dix heures suivant la température et les pourcentages d'accélérateur et de catalyseur.

Nettoyer les pinceaux et ciseaux avec de l'acétone, mais ne les rangez pas, ils vont encore servir. En effet, un moule doit être solide et rigide, il est donc nécessairement formé de plusieurs couches de tissu (3 ou 4 étant la bonne moyenne).

Lorsque la première couche est dure (si elle ne l'était pas, le styrène de la deuxième couche pourrait traverser la première et attaquer le gel-coat) on procède à la mise en place de la 2^{ème} et de la 3^{ème} couche dans la foulée. Il est en effet possible de superposer deux couches successivement sans attendre le séchage de la première. Mais il ne faut pas abuser de cette technique, si 4 ou 5 couches étaient appliquées simultanément, des risques de décollement entre couches ainsi que des déformations seraient à craindre, cela étant dû au retrait naturel de la résine polyester. Il est donc préférable de ne pas appliquer plus de deux couches de tissus simultanément.

Pour la deuxième couche on peut appliquer un mat plus épais (300 ou 450 g/m²), il n'y a plus de risque d'attaquer le gel-coat, les formes ont été estompées par la première couche et il devient plus facile de suivre les formes. D'autre part, s'il se formait des bulles entre les deux couches cela ne prêterait pas trop à conséquence.



Fiche technique n° 43 5/6

FABRICATION D'UN MOULE (SUITE)

La troisième couche, qui peut être appliquée de suite est constituée soit par un mat soit par un tissu de verre, des chutes peuvent être utilisées, elles se chevaucheront de un ou deux centimètres.

La mise en place s'effectue comme pour la première couche, étendre au pinceau de la résine catalysée sur la précédente qui est durcie, déposer le mat ou le tissu, le tamponner avec un pinceau imbibé de résine puis poser la couche suivante et tamponner à son tour.

Pendant le durcissement de la 2^{ème} et 3^{ème} couche et avant d'attaquer la 4^{ème} couche (le nombre de couches dépend du tissu employé ainsi que des dimensions du moule, liberté d'appréciation est laissée à chacun), il faut concevoir un support au moule, afin de lui permettre d'être stable lorsqu'il sera retourné. Et si ce support contribue également à la rigidité du moule, c'est préférable.

La meilleure solution consiste à fixer sous le moule deux profilés de bois ou de métal dans le sens de la longueur. La fixation du support se fait de suite après la 4^{ème} couche, à l'aide de chutes de mat de verre.

Lorsque la réalisation du moule est terminée, il est préférable de le laisser sécher quelques jours près d'un radiateur si possible, sans chercher à sortir le modèle de cette façon il séchera bien en forme sans risque de se voiler.

Puis vient le moment de retirer le modèle du moule, c'est une opération qui est plus ou moins facile suivant les formes. Il est nécessaire de prendre son temps, de ne pas forcer exagérément et de ne pas employer d'outils métalliques qui risqueraient de rayer l'intérieur du moule.

C'est un travail qui doit être fait très progressivement en faisant le tour du moule. Si le modèle est fragile (balsa, polystyrène...) il se cassera, ce qui n'a pas d'importance, et le démoulage en sera facilité.

Lorsque cette opération est terminée il faut ébarber les bords du moule, comme le stratifié est épais et dur il n'est pas possible de le couper à la cisaille sans risque de se blesser ou de produire des éclats dans le gel-coat.

Il reste deux solutions, le sciage via une scie à métaux ou une scie sauteuse, ou le ponçage au disque abrasif monté dans le mandrin d'une perceuse. Il faut employer des disques à très gros grains. Cette dernière solution est rapide et donne de bons résultats, mais il est préférable de le faire à la cave et avec des vêtements usagés car vous allez vous retrouver recouvert de la tête aux pieds d'une poussière blanche, et n'oubliez pas le masque à poussière.

Il reste encore à enlever la couche de démoulant qui est restée collée sur le gel-coat. Il convient de passer le moule sous l'eau tiède et de le brasser légèrement, l'alcool polyvinylique s'enlevant très facilement à l'eau.

Une dernière formalité encore: passer votre ongle à l'intérieur du moule en appuyant légèrement, surtout dans les angles, ceci afin de découvrir d'éventuelles bulles sous le gel-coat. Dans le cas où ces dernières seraient détectées, il vous faudra gratter le gel-coat afin de les mettre entièrement à jour, puis le trou ainsi formé sera comblé avec du mastic polyester à l'aide d'une spatule et poncé sous l'eau au papier abrasif fin.

Si la finition du modèle a été correctement réalisée, le moule peut servir tel quel. Toutefois si vous êtes perfectionniste, un léger ponçage au papier abrasif très fin, toujours avec de l'eau, suivi éventuellement d'un traitement à la pâte à polir, cela transformera l'intérieur de votre moule en un véritable miroir. Mais attention, les défauts ressortent davantage sur des surfaces brillantes et il est parfois préférable d'obtenir une surface plus terne.



Fiche technique n° 43 6/6

FABRICATION D'UN MOULE (SUITE)

Moules en deux parties

Il ne s'agit pas de pièces moulées en deux parties mais d'un montage en une seule fois dans un moule démontable en deux ou plusieurs parties.

L'intérêt d'une telle réalisation consiste à faciliter le démontage dans tous les cas et plus simplement à le permettre dans certains cas.

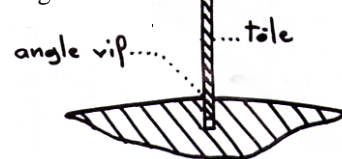
Lorsque la forme de la pièce ne permet pas son démoulage et que malgré tout l'accès intérieur est suffisamment facile pour permettre un moulage en une seule pièce, le moule en deux parties s'impose (coque frégatée).

La réalisation d'un moule en deux parties diffère d'un moule simple par certains points:

- Tracer sur le modèle (bois, plâtre, polystyrène expansé) la ligne de séparation du moule.
- Exécuter un sillon en suivant le trait à l'aide d'une lame de scie ou d'un cutter.
- Découper une plaque de tôle au profil du modèle puis l'enfoncer de quelques millimètres dans le sillon, la partie extérieure devant mesurer entre un ou deux centimètres (fig 4).
- Exécuter un demi moule, prendre le plus grand soin à la réalisation de l'angle vif.
- Si la tôle utilisée comme séparation est très fine (3 ou 4/10), elle peut être laissée en place, si elle est plus épaisse ou si le moule doit être très précis il faut la retirer.
- Après avoir passé du démoulant sur la surface qui était en contact avec la tôle, exécuter le deuxième demi-moule.
- Avant démoulage, percer la collerette de plusieurs trous qui serviront au positionnement et à la fixation des deux parties du moule.

Lors de son utilisation, les deux parties du moule sont assemblées, le moulage est réalisé comme avec un moule simple. Puis au moment du démoulage les fixations sont retirées et l'opération se fait en deux temps.

Fig 4



La stratification des moules.
Le premier moule est fait, la forme n'est pas démoulée mais l'ensemble est déposé du chantier. Le plan de joint en contreplaqué est enlevé et les traces de masticage résiduelles sont nettoyées au chiffon sec. Cirer le plan de joint du moule au démoulant et polir.