

# GUIDA PER LA REALIZZAZIONE DI PARTI IN MATERIALE COMPOSITO

## Introduzione

---

La realizzazione di un pezzo in materiale composito (fibra di carbonio, kevlar, vetro ecc..) si suddivide sostanzialmente in due fasi:

- Realizzazione dello stampo
- Stratificazione del pezzo

Lo stampo è necessario per ottenere una superficie lucida con un buon livello di finitura (foto a destra); per questo motivo non è sufficiente ricoprire in carbonio un oggetto (es: parafango da moto) per ottenere un buon risultato (foto a sinistra).



## Realizzazione dello stampo:

---

Lo stampo può essere realizzato con due tecniche differenti secondo il numero di pezzi che si vogliono realizzare; ai fini di questa guida è trattata unicamente la seconda tecnica di realizzazione:

- Stampo in vetroresina: è più costoso e complesso da realizzare ma consente di produrre numerosi pezzi senza rovinare lo stampo
- Stampo in gesso similare: è più economico e semplice da realizzare, adatto alla realizzazione di pochi pezzi

Materiale necessario per la realizzazione dello stampo:

- giornali vecchi (tipo quotidiano)
- rotoli di garze a trama larga
- gesso alabastrino
- cera distaccante (reperibile in carrozzeria) o distaccante liquido
- pellicola trasparente tipo domopack
- pennello

Il gesso alabastrino è il materiale che consente di realizzare stampi per oggetti semplici e di piccole dimensioni in maniera semplice ed economica. Si possono riprodurre piccoli carter, coperchi e prese d'aria di forma semplice, per scocche di auto e moto, ecc. purché siano di basso spessore, con bordi laterali arrotondati e svasati.

Il modello deve essere fissato e avvitato su un piano con superficie liscia, come ad esempio un laminato, in modo che rimanga un bordo perimetrale di 5 cm. attorno al modello. L'angolo di raccordo deve essere arrotondato con un raggio di almeno 2 mm. con dello stucco metallico o pongo.

Se il bordo del pezzo non è in piano occorre sagomare un lamierino che ne segua la linea, fissandolo con stucco metallico. Il lamierino deve formare una sorta di falda di almeno 5 cm. ad angolo retto con il modello, per tutto il suo perimetro.

Il modello deve essere inoltre preparato adeguatamente per evitare di rovinarlo. A tal fine si ricopre accuratamente il pezzo con la pellicola trasparente, evitando per quanto possibile la formazione di pieghe che si ritroveranno sulla superficie dello stampo da realizzare.

Naturalmente si può usare come modello un pezzo esistente.

Si prepara un impasto di gesso alabastrino abbastanza fluido da poter essere applicato a pennello, e si ricopre il modello, compreso il bordo, con uno strato sottile, di qualche millimetro, così la superficie nell'interfaccia risulterà compatta e senza bolle. Si attende che rapprenda, e poi si colma con un impasto gesso più denso fino ad ottenere uno spessore di 2 - 3 cm. comunque adeguato all'ampiezza. Se il pezzo da riprodurre si sviluppa anche in verticale, si può favorire l'adesione del gesso sulle zone verticali utilizzando strisce di giornale o di garza.

Quando il gesso è ben indurito, si stacca facendo molta attenzione a non danneggiarlo e si lascia asciugare per almeno 2 giorni.

A questo punto si possono seguire due sistemi: il più semplice è saturare la porosità del gesso, nella parte interna dello stampo con ripetute passate di cera, in modo da ottenere una superficie completamente ricoperta da uno strato di cera; per poi applicare il distaccante.

Oppure, se si vuole uno stampo più duraturo, occorre trattare la parte interna, compreso il bordo, con una o due mani di gelcoat epossidico, il quale creerà una superficie lucida e molto compatta che agevola l'azione degli agenti distaccanti, e permette inoltre un maggior numero di tirature senza danneggiarsi, specialmente se vi sono dei dettagli.

Il gelcoat si applica a pennello in strati sottili per evitare colature. L'indurimento avviene dopo 6 - 8 ore in ambiente riscaldato. La seconda mano va applicata appena la prima sia sufficientemente indurita, ma ancora appiccicosa. Fare indurire possibilmente al caldo per almeno 2 giorni prima dell'utilizzo. Qualora vi fossero delle colature, si possono eliminare con carta abrasiva fine e poi lucidare con pasta abrasiva da carrozzeria.



## Estrazione del pezzo

---

In molti casi l'estrazione del pezzo dallo stampo, così come la sformatura dello stampo dal modello, può risultare difficoltosa. Ecco alcuni accorgimenti per agevolare l'operazione:

Fare leva tutt'attorno con utensili possibilmente non metallici, usare leve o cunei in plastica o legno, in modo da non graffiare il gelcoat. Inserire i cunei e lasciare in tensione, dopo qualche minuto noterete che i due elementi iniziano a staccarsi.

In molti casi, specialmente nei grossi manufatti bisogna ricorrere all'aria compressa, anche perché vi è l'effetto ventosa che contribuisce ad ostacolare il distacco. Si pratica in piccolo foro in una zona centrale sul retro dello stampo, con una punta da 1 - 2 mm. e si immette aria compressa. Il sistema è molto efficace e generalmente risolve il problema. Bisogna fare attenzione di forare solo lo spessore dello stampo senza bucare anche il pezzo.

## Trattamento dello stampo

---

Il trattamento della superficie dello stampo con agenti turapori è una operazione assolutamente necessaria nelle costruzioni in composito, allo scopo di sigillare tutte le microporosità della superficie su cui creare successivamente uno strato antiaderente, mediante l'applicazione del distaccante, che permettere il distacco dello stampo dal modello sul quale è stato costruito.

Le resine hanno un forte potere di adesione per cui, se le superfici di contatto non sono accuratamente trattate, tendono ad aderire e creare un corpo unico. Il trattamento deve essere eseguito con estrema cura, ed il tipo di distaccante va scelto in base alle caratteristiche della superficie e a ciò che si vuole ottenere.

Il distaccante liquido a petrolio va applicato a pennello bagnando il pezzo; una volta evaporata la parte liquida va "tirato" con uno straccio fino ad ottenere una superficie lucida.

La cera si applica con un tampone di cotone morbido (non usare lana) agendo con movimenti circolari e una modica pressione. Distribuire piccole quantità di cera, applicata uniformemente fino a ricoprire tutta la superficie. Rovesciare il tampone e ripassare per eliminare eventuali accumuli di cera e regolarizzare la superficie. Occorrono almeno 3 passate con lo stesso metodo, intervallate di 30 minuti per creare uno strato antiaderente compatto e uniforme.

Attendere altri 30 minuti e bagnare la superficie con un pò di alcool etilico. Questo trattamento combinato assicura un buon distacco senza problemi.

## Stratificazione del pezzo

---

Materiale necessario:

- resina epossidica o vinilestere con indurente (generalmente quella epossidica è più resistente ma più delicata da lavorare)
- fibra di carbonio e fibra di vetro (non unidirezionale, minimo 150gr/mq)
- pennello
- rullo
- contenitori a perdere

E' utile ricordare che quando si aggiunge il catalizzatore o l'indurente alla resina, avviene una reazione esotermica, quindi maggiore è la quantità della miscela, più sono le calorie prodotte e non dissipate, di conseguenza la reazione è molto più veloce, e la vita utile dell'impasto (pot-life) è

molto breve. Viceversa quando la resina viene applicata su una superficie estesa, reagisce molto più lentamente perché il calore viene dissipato, ciò consente di operare nell'impregnazione delle fibre con tutta tranquillità. Questa regola vale per ogni tipo di resina, sia poliestere che epossidica

Nel preparare le miscele occorre valutare progressivamente le varie difficoltà applicative che potrebbero rallentare il lavoro, e catalizzare solamente la quantità di resina che si è in grado di applicare agevolmente prima che inizi ad indurire.

Indicativamente per impregnare 1 Kg di materiale in fibra di vetro occorrono circa 3 Kg di resina poliestere. Mentre con le epossidiche è sufficiente 1 kg. di miscela resina/indurente per impregnare 1 kg. di tessuto di vetro.

### **Catalizzazione delle resine poliesteri e vinilesteri:**

---

La miscela si prepara in un recipiente di dimensioni adeguate in cui possa entrare un rullo .

Pesare la quantità di resina desiderata, quindi aggiungere 2% di catalizzatore e mescolare con una stecca molto accuratamente (circa un minuto) per evitare che restino poi nel pezzo finito zone mal catalizzate o disomogenee.

Per dosare il catalizzatore si possono usare provette graduate o siringhe; ogni cc. corrisponde a circa 1 grammo. ad esempio, con temperature medie: 20 c.c. di catalizzatore per ogni Kg di resina. Aumentare la dose fino ad un massimo di 2,5% in inverno e ridurre a 1,5% in estate (il tempo prima che inizi l'indurimento è proporzionale alla temperatura ambiente ed alla percentuale di catalizzatore).

### **Catalizzazione delle resine epossidiche:**

---

I sistemi epossidici richiedono una maggior precisione nel dosaggio dei componenti. Contrariamente alle resine poliesteri, dove il catalizzatore ha il compito di avviare il processo di indurimento e si possono variare leggermente le dosi per accelerare o ritardare la reazione, negli epossidici sono le molecole della resina che si combinano con quelle dell'indurente, dando luogo dopo la polimerizzazione ad una macromolecola, quindi occorre rispettare il rapporto stechiometrico .

Se si variano le dosi, per errore o con l'intento di modificare i tempi di indurimento, si ottiene una catalisi incompleta , con il risultato di un composto irrimediabilmente molle e privo di consistenza. Per variare i tempi di reazione, bisogna ricorrere ad un indurente che abbia le caratteristiche desiderate.

Di norma le dosi vengono espresse in grammi di indurente necessari per 100 gr. di resina e variano da prodotto a prodotto.

E' consigliabile dosare sempre in peso con una buona bilancia sensibile e precisa, possibilmente elettronica. La tolleranza di errore consentita è del 5% in eccesso o difetto.

Pesare la resina in un recipiente, aggiungere la dose dell'indurente e mescolare con una spatola a lama allungata per almeno 30 secondi, avendo cura di raschiare le pareti ed il fondo del contenitore, in modo da disperdere completamente l'indurente nella resina e ottenere una miscela omogenea in tutta la massa.

Le norme indispensabili al buon esito del lavoro sono:

- Dosare i componenti con precisione, Non dosare mai "a occhio" fidando nell'esperienza
- Mescolare accuratamente i componenti

## Stratificazione

---

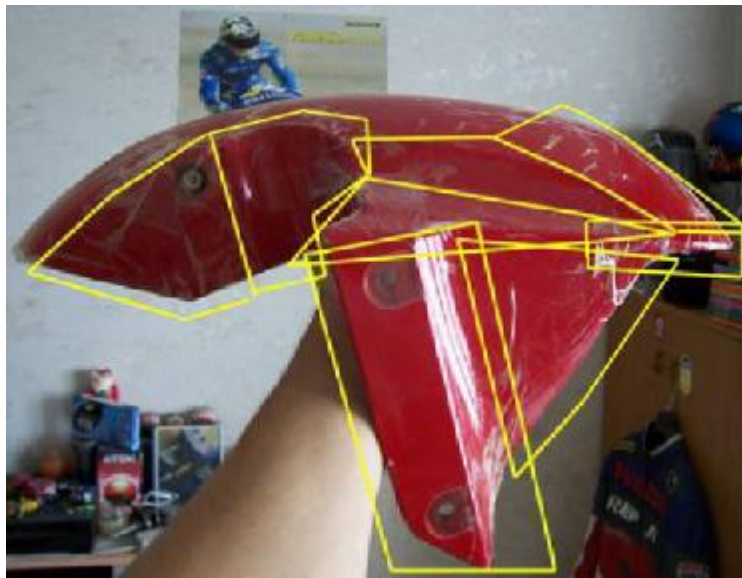
La tecnica si chiama di stratificazione perché si procede applicando sulla superficie interna dello stampo vari strati di fibra di sovrapposti, impregnati uno alla volta, fino a raggiungere lo spessore desiderato.

L'impregnazione consiste nel bagnare e imbibire le fibre con la resina. Quando le fibre di vetro sono completamente impregnate assumono un aspetto traslucido più o meno trasparente mentre quelle di carbonio acquisiscono una tonalità nera più intensa; eventuali macchie indicano una carenza di resina.

Si sceglie il formulato che abbia le caratteristiche adatte al tipo di lavoro che si deve realizzare. Si stabilisce il piano di stratificazione: tipo di fibra e numero di strati da sovrapporre per raggiungere lo spessore desiderato, in base alle dimensioni del pezzo e alle sollecitazioni. Lo stratificato può essere composto tutto in fibra di vetro, oppure misto, con altre fibre intercalate, come ad esempio tessuti in carbonio all'esterno e vetro negli strati interni.

Orientativamente un tessuto di vetro da 200 gr. impregnato ha uno spessore di circa 0,20 mm. Mentre i tessuti di carbonio e di Kevlar di pari grammatura, perché sono più leggeri e voluminosi, apportano uno spessore maggiore.

Tagliare nella sagoma tutti i tessuti da impregnare, con un buon margine di almeno 5 cm. Preparare la miscela della resina con l'indurente. (considerando che occorrono circa 100 gr di miscela per ogni 100 gr. di tessuto).



Quando si inizia a stratificare è necessario avere a portata di mano un contenitore con dell'acetone, per lavare pennelli e rulli ogni volta che si prepara una miscela, altrimenti potrebbero indurirsi durante il lavoro, anche se si sta usando una nuova miscela, perché sono imbevuti dalle precedenti, già in fase di indurimento.

L'intero processo di stratificazione non deve superare il tempo di inizio indurimento della resina (da 5 a 30min secondo le specifiche).

Adagiare il primo tessuto nello stampo, preferibilmente a secco in modo da poterlo spostare e adattare alla giusta posizione. Si inizia a impregnare picchiando con il pennello o passando ripetutamente il rullo imbevuto di resina, per farla penetrare nelle fibre fino alla completa saturazione. Il primo strato deve essere impregnato con molta cura e abbondante resina per farlo aderire perfettamente allo stampo, specialmente nei punti più irregolari.





Quando si è sicuri della completa impregnazione del primo tessuto si adagia il secondo e si procede allo stesso modo. Questa volta l'operazione è più veloce, si apporta una minor quantità di resina in quanto il tessuto assorbe l'eccesso del primo strato. Si prosegue così, in modo continuo, bagnato su bagnato, fino ad ultimare la stratificazione.

Lo stato in carbonio o kevlar si stratifica a contatto con lo stampo (è lo strato che risulterà visibile); gli strati successivi possono essere in carbonio se il pezzo deve avere caratteristiche di resistenza e leggerezza o in fibra di vetro (rinforzata o meno) se la componente peso non è fondamentale (per ottenere una resistenza equivalente è necessario applicare almeno il triplo degli strati rispetto al carbonio).

Quando si deve stratificare con il carbonio a vista, senza gel coat, sorge il problema estetico delle bolle d'aria che possono restare imprigionate fra le trame del tessuto. Per ovviare a questo inconveniente occorre dedicare molta cura nell'impregnazione del primo telo; si applica una maggior quantità di resina e si insiste picchiettando con il pennello perpendicolarmente alla superficie.

Anche sugli strati successivi è conveniente passare un rullino frangibolle, ciò serve ad espellere le inclusioni d'aria ed eliminare la resina in eccesso che non apporta alcun vantaggio. In una corretta impregnazione la resina dovrà colmare tutti gli interstizi tra le fibre, senza però affiorare eccessivamente in superficie; si dovrà notare il rilievo dell'intreccio delle fibre bagnate di resina. Grande vantaggio delle costruzioni in composito è la possibilità di variare lo spessore di un manufatto in base alle sollecitazioni. E' sufficiente applicare più strati di fibra in determinati punti per creare i rinforzi necessari, senza gravare nell'intera struttura.

Trascorso un certo periodo la resina inizia ad indurire in modo progressivo; dopo 2 ore circa raggiunge uno stadio pastoso, durante il quale risulta molto facile rifilare il pezzo, tagliando le parti in eccesso con un cutter ben affilato.

Lo stratificato dovrà polimerizzare possibilmente ad una temperatura di 30° per almeno 12-24 ore. Evitare temperature superiori in questa fase per non correre il rischio di fondere la cera e comprometterne l'effetto distaccante. Dopo di ciò si può staccare il pezzo dallo stampo.

Se l'estrazione del pezzo dovesse presentare qualche difficoltà, si può facilitare il distacco inserendo dei cunei in legno tra lo stampo e il pezzo nei punti opportuni; si fanno penetrare a piccoli colpi per non danneggiare il gelcoat, finché non si avverte il distacco delle due superfici. Per l'estrazione dei

pezzi di maggior mole è conveniente ricorrere al metodo con l'aria compressa, menzionato nel capitolo precedente.

Quando il pezzo esce dallo stampo occorre ripulirlo dell'eventuale residuo del distaccante.

Se la superficie deve essere verniciata, si carteggiano le zone interessate con una grana 280 o maggiore.

Eventuali bolle sulla superficie in carbonio si possono recuperare colando all'interno una goccia di resina (con catalizzatore), quindi carteggiando (dopo averla lasciata indurire per 24ore), mediante diverse passate di carta a grana sempre più fine (si può usare un 800 e successivamente un 2000 ad acqua).

Per migliorare l'aspetto del pezzo è necessaria l'applicazione di polish per lucidare la superficie.

Qualora si voglia invece applicare ai pezzi con carbonio a vista, una vernice di finitura o finish trasparente da carrozzeria, occorre carteggiare la superficie con un feltro abrasivo o carta fine di eliminare eventuali tracce del distaccante, che altrimenti comprometterebbero l'aderenza della mano di finitura.