

## >> Verarbeitungshinweise

### Vakuumverfahren

Mit dieser relativ jungen Technologie, die im Faserverbundbau Anwendung findet, sind insbesondere qualitativ hochwertige Bauteile im Einzel- und Kleinserienbau zu realisieren. Der Aufwand, sowohl von materieller Seite als auch vom Arbeitsaufwand betrachtet, ist mäßig, die erzielbare Qualität liegt deutlich über dem des Handlaminates und ist kostentechnisch günstiger als Pressverfahren bzw. Autoklavtechnologie.

Da es sich dennoch um eine recht komplexe Technologie handelt, sind folgende Voraussetzungen für ein Gelingen eines Projektes unabdingbar:

- Erfahrung im Umgang mit 2-Komponenten Systemen
- Erfahrungen im Modell- und Formenbau
- ausreichend Geduld für Vorversuche
- technische Ausstattung (insbesondere die der Vakuumpumpe)

Einhergehend mit der großen Anwendungsbandbreite können keine allgemeingültigen Verarbeitungsregeln aufgestellt werden - diese sind je nach den Erfordernissen, den technischen Möglichkeiten und Fähigkeiten und auch dem finanziellen Rahmen individuell zu erläutern.

Allen Anwendungen zugrunde liegt das Bestreben, durch Absaugung der in einem geschlossenen Raum befindlichen Luft, den Umgebungsdruck der Atmosphäre auf das Bauteil/Laminat wirken zu lassen. Dabei kann also maximal der Druck von einem Bar, was aber immerhin einer Tonne/m<sup>2</sup> oder einem Kilogramm/cm<sup>2</sup> entspricht, erzielt werden. Dann spricht man von einem Vakuum, also einen luftleeren Raum. Da ein solcher Unterdruck aber häufig technisch gar nicht zu realisieren, bzw. auch nicht immer wünschenswert ist, sollte man besser vom Unterdruckverfahren sprechen.

Der angestrebte Unterdruck soll die verschiedenen Verbundwerkstoffe während der Härtingsphase des Harzes miteinander verpressen. Diese Verfahrensart birgt gegenüber den einfachen Handlaminaten folgende Vorteile:

- hoher Verpressungsdruck vermeidet Gefahr späterer Delaminationen
- relativ zähe Materialien (insbesondere Sandwichwerkstoffe) können in dreidimensionale Rundungen/ Formen gepresst werden
- Luftblasenfreie Laminat sind möglich
- geringerer Harzanteil im Laminat realisierbar, besseres Gewicht/ Festigkeitsverhältnis
- durch Abschluß des Laminates von der Umgebungsluft schadstofffreieres Arbeiten möglich

Dabei werden die zu verpressenden Schichten entweder in eine Negativform oder auf einen Positivkern „evakuiert“. Mittels Absaugung der in einem Folienschlauch verbleibenden Luft werden dann in der Härtingsphase das Harz-/Härtergemisches die Laminatschichten miteinander und auf/in den Kern/Form gepresst. Nach abgeschlossener Härting oder zumindest deutlich oberhalb der Gelierphase des Harzes kann dann der Unterdruck gelöst werden. Eine Entformung sollte allerdings erst nach vollendeter Härting erfolgen. Die Bereiche/Teile die verpresst werden sollen können entweder mit der Form in einen großen Foliensack gepackt werden oder nur mittels einer flachen Folie und einem geeigneten Dichtungsmaterial an einen extra dafür berücksichtigten Flansch abgedichtet werden. Hierbei sind insbesondere die enormen Drücke zu berücksichtigen, die eine sich spannende Folie auf Formenränder/Flan-

## >> Verarbeitungshinweise

sche ausübt. Dabei sind schon so manche Form mitsamt Bauteil gerissen, geplatzt oder zumindest zum Schrottwert verformt.

Formen müssen entsprechend stabil ausgelegt sein und dürfen natürlich keine spitzen oder scharfen Ecken/Kanten aufweisen um die Folie nicht zu gefährden. Für einen gleichmäßigen Unterdruck in allen Bereichen der Form sollte ein Entlüftungsvlies oder ähnliches vorgesehen sein. Bei großen Formen sollten mehrere Absauganschlüsse vorhanden sein. Abgesaugt wird mittels einer geeigneten Pumpe, die zum einen genügend Luftvolumen befördert und zum anderen einen ausreichenden Unterdruck garantiert. Eine absolut dichte Folie sowie ein Reservoirbehälter mit Anschluß an die Pumpe erleichtern den Vorgang. Ebenso sollte darauf geachtet werden, daß die Anschlußschläuche ihren Dienst bei allzustarkem Unterdruck nicht quittieren, sprich in sich einfallen und so den erforderlichen Luftfluss verhindern. Die Luftdichtigkeit im Bereich der Anschlüsse kann entweder mit speziell dafür ausgelegten Stützen oder mittels Dichtmasse erreicht werden. Insbesondere bei kleineren Pumpen ist auf eine absolute Dichtigkeit im System zu achten, da ansonsten der geforderte Unterdruck nicht erzielt und somit eine perfekte Evakuierung der Materialien gewährleistet wird (Gefahr von Delaminationen).

Der Aufbau des Laminates erfolgt je nach Bauteil entweder von innen nach außen (z.B. Bau eines Custommade-Surfboards) oder in umgekehrter Reihenfolge wie es im Negativformenbau (z.B. Bootsbau) üblich ist von außen nach innen. Hierbei dient die Formenoberfläche, die letztlich das Oberflächenfinish des Bauteils bestimmt, als genaue Reproduktionfläche. Bei perfekter Oberfläche der Form sind am Bauteil nach der Entformung so gut wie keine Finisharbeiten mehr erforderlich.

Der Aufbau des Laminates erfolgt wie im Mekblatt „Formen- und Modellbau“ beschrieben, eventuell vorgesehene Sandwichmaterialien werden zwischen die Faserlagen gelegt bzw. in einem extra Vakuumvorgang evakuiert. Hinter der letzten Lage Glas/Carbon/Aramid wird ein Abreibgewebe faltenfrei auflaminiert. Es sorgt für ein optimales Faser-/Harzverhältnis sowie eine raue und saubere Oberfläche, die nach dem Entfernen eben dieser Lage für weitere Beschichtungen und Verklebungen gut geeignet ist. Darüber wird eine sog. Lochfolie gelegt, welche einen kontrollierten Harzfluß in den darüberliegenden Aufsaugvlies gewährleistet (das Gewebe bzw. die Fasern können nicht zu trocken laminiert werden) und darüber hinaus für eine sichere Trennung der Evakuierungsmaterialien sorgt. Das angesprochene Aufsaugvlies kann überschüssiges Harz aufnehmen und garantiert den gleichmäßigen Luftfluss im Vakuumvorgang. Sinnvollerweise werden diese Materialien mit Klebeband gegen das Verrutschen in der Form, besonders während des „Eintütens“, gesichert. Dann wird das gesamte Bauteil mitsamt Form in den erwähnten Foliensack luftdicht verpackt und über die vorgesehenen Anschlüsse mit der Pumpe verbunden. Nach Einschalten der Pumpe werden Lage der Evakuierungsmaterialien überprüft und der Unterdruck langsam bis zur gewünschten Stärke mittels Regelventil gesteigert. Bei schweren Formen kann maximaler Unterdruck gegeben werden, bei z. B. Surfbrettkernen (EPS) darf dieser Druck 0,3 bis 0,6 bar nicht übersteigen. Nachdem das Harz (abhängig vom Härtersystem und der Umgebungstemperatur) soweit angezogen ist, daß sich die Verklebung nicht mehr löst (Probe außerhalb der „Tüte“ checken), kann die Pumpe ausgeschaltet werden. Eine Beschleunigung der erforderlichen Härtung kann durch Zufuhr von Wärme geschehen, dies ist jedoch unbedingt unter Berücksichtigung bestimmter Punkte zu erfolgen (Schrumpf des Harzes, Formeneignung, Trennmittleignung, vorsichtige Steigerung der Temperatur, Berücksichtigung von entstehenden Drücken ...).

Nach Entformung werden die „überschüssigen“ Evakuierungsmaterialien entfernt und das Bauteil wie üblich weiterverarbeitet.

Gutes Gelingen!