

SearchWing Pille Versuch 2

Datum: 5.3.2022

Autor: Friedrich Beckmann

Nach den Erfahrungen vom ersten Versuch habe ich folgende Änderungen im Prozess gemacht

- GFK Gewebe über den Rand geführt um das Fließverhalten zu verbessern
- 25 cm x 10 cm Dianet Fließhilfe zusätzlich über den Rand gelegt
- Weiterhin 30cm lange 2cm Fließkanal eingesetzt
- Versucht weniger Überlappung in Abreißgewebe und Lochfolie zu haben. Mehrere Streifen Abreißgewebe in den Rundungen benutzt.
- Weniger Überlappung / große Falten in der VAP Folie im Bauteil haben um das Fließverhalten zu verbessern durch besseren Vakuumfluss
- Mehr Harz mit Ziel 25% Faservolumenanteil in das Bauteil. Plan von 10g auf 30g erhöht.

Ablauf

Mittwoch 2.3.22: Aufbau fertig und Infusion gegen 21 Uhr gestartet

Donnerstag 3.3.22: Harz hat noch honigkonsistenz

Freitag 4.3.22: Bauteil aus Form genommen

Vorbereitung

Beim Versuch 1 war Mikon W99+ Trennmittel. In diesem Versuch 2 habe ich die Form abgeschliffen und mit MC399 Versiegler versiegelt. Dann PVA Trennmittel direkt auf den Versiegler ohne zusätzliches Trennmittel. Es gab keine Schlieren o.ä.

Berechnung Falten

Um die VAP Folie und die Vakuumfolie nicht zu strecken sind Falten im TackyTaperand vorgesehen. Die Anzahl, Länge und Position der Falten lassen sich berechnen.

Die Form hat eine Höhe von 7,5cm. Dazu sind also 15cm Folie notwendig um am Rand der Form hoch und auf der anderen Seite wieder auf den Boden zu kommen. Mit nur 15cm Zusatzfolie kann man aber den Stellen, wo keine Form ist nicht wieder nach unten, d.h. an einer Kante benötige ich Folie um 7,5cm hoch und an der gleichen Stelle wieder 7,5cm runter zu kommen. Das kann man mit einer Falte mit einer Höhe 7,5cm Höhe machen. Das Tackytape für die Falte wäre dann mit 2cm für den Kontakt am Boden $2\text{cm} + 15\text{cm} + 2\text{cm} = 19\text{cm}$ lang. Dies gilt nur für die Vakuumfolie, da die VAP Membran oben auf der Form liegt. Insgesamt benötigt man davon also zwei Falten jeweils mit einer Höhe von 7,5cm an den Rändern der Form.

Um in die Vertiefung der Form zu kommen kann ich mit einem Kreisbogen rechnen. Der Radius der Form ist 5cm. Entlang des Halbkreisbogen ergibt sich eine Strecke von $\pi * 5\text{cm} = 15,7\text{cm}$. Die direkte Verbindung über die Oberfläche der Form wäre 10cm lang. Deshalb ergibt sich eine zusätzliche Strecke von 5,7cm um durch die Form zu kommen. Die könnte mit einer Falte mit $2\text{cm} + 2,9\text{cm} + 2\text{cm} = 6,9\text{cm}$ Länge passieren.

An den Kanten der Form sind auch noch Falten von jeweils 1cm Länge notwendig. Bei der Form gibt es eine Kante am Boden, dann oben, dann in die Form und auf der anderen Seite das gleiche. Jede Falte benötigt 2cm zusätzliche Folie. Das sind dann insgesamt $6 * 2\text{cm} = 12\text{cm}$ Zusatzfolie für die Vakuumfolie und 4cm für die VAP Membran.

Falte für das Harzaluminiumröhrchen. Das Röhrchen ist oben auf der Form. Dazu ist ein Falte in Höhe der Form plus Platz für das Röhrchen (2cm), also insgesamt ca. 10cm notwendig.

In diesem Versuch ist das nur ansatzweise passiert (Nachdenken beim Schreiben...).

In diesem Versuch wurden die Kanten und Form berücksichtigt, aber die Falte für den Harzrohranschluss irgnoriert.

GFK über Rand



Abbildung 1: GFK Geweber über den Rand geführt um den Harzfluss zu verbessern

Insgesamt habe ich $53\text{g} - 29,9\text{g} = 23,1\text{g}$ Glasfasergewebe (V1 hatte 20,6 g) eingebaut. Beide Lagen habe ich, wie in Abbildung1 dargestellt, über den Rand als Anfließhilfe geführt.

Ich habe versucht so wenig Sprühkleber wie möglich zu verwenden. Im wesentlichen auf der Seite, die dem Anfluss gegenüberliegt. Das Harzröhrchen ragt jetzt nur kurz über den Formrand. Beim nächsten Mal die PVA Region weiter runter reichen lassen um das Röhrchen weiter über den Rand stehen zu lassen.

Fließhilfe unter VAP Membran



Abbildung 2: Dianet Fließhilfe und 20mm Fließkanal auf Abreißgewebe und Lochfolie

Um den Harzfluss zu verbessern habe ich den 20mm Fließkanal behalten und um ein 25cm x 10cm großes Stück Dianet Fließhilfe ergänzt. Ich habe versucht den Überlapp bei der Lochfolie und bei dem Abreißgewebe zu verringern.

VAP Membran



Abbildung 3: VAP Membran

Abbildung 3 zeigt die VAP Membran, die mit Tacky Tape auf der Form verklebt ist. Ich habe beim Aufbau dann versucht wenig Überlapp in der VAP Membran in den Rundungen zu erzeugen, damit der Vakuumfluss verbessert wird. Dadurch ist wahrscheinlich zu viel Spannung in die Membran gekommen und es kam zu Harztaschen.

Infusion

	A	B	C	D	E	F
1	Dichte Harz kg/dm ³	1,15				
2	Dichte Faser kg/dm ³	2,6			Fasergewicht	53
3	Fasergewicht g	23,1				
4	Faservolumen cm ³	8,884615385			Summe	53
5	Faservolumengehalt	25,00 %				
6	Harzvolumen	26,65384615			Rest	29,9
7						
8	Harzmenge Bauteil g	30,65192308			Fasergewicht	23,1
9						
10	Verteilergewebe / m ²	0,023				
11	Harzmenge Verteilergewebe g/m ²	440				
12	Harzmenge Verteilergewebe g	11				
13						
14	Schlauch m	0,6				
15	Schlauchdurchmesser / mm	8				
16	Volumen Schlauch	50,26548246				
17	Harzmenge Schlauch	34,6831829				
18						
19	43mm Fließkanal / m	0				
20	Harzmenge Fließkanal g/m	90				
21	Harzmenge Fließkanal / g	0				
22						
23	20mm Fließkanal / m	0,3				
24	Harzmenge Fließkanal g/m	45				
25	Harzmenge Fließkanal / g	13,5				
26						
27	Abreißgewebe / m ²	0,08				
28	Harzmenge Abreißgewebe g/m ²	100				
29	Harzmenge Abreißgewebe g	8				
30						
31	Benötigte Harzmenge / g	97,83510597				
32						
33						
34						
35	Harzzugabe für Behälter / g	10				
36	Komplett benötigte Harzmenge / g	107,835106				
37						
38	Mischungsverhältnis	100	30			
39						
40	Harz / g	82,95008152				
41	Härter / g	24,88502446				
42						
43						

Abbildung 4: Harzrechner mit 108g Harz insgesamt bei geplant 30g im Bauteil

Im Vergleich zum ersten Versuch ist die Zielharzmenge im Bauteil von 10g auf 30g erhöht. Zusätzlich werden 11g Harz für das zusätzliche Verteilergewebe geplant.

Ich habe das Harz im Exsikkator entschäumt. Das hat etwa 30 Minuten gedauert. Das Vakuum vor dem Start der Infusion war bei 5,3 V am Piranisensor etwa 0,3 mBar. Die Diffusion habe ich am Mittwoch 2.3.22 um 21 Uhr gestartet. Bis Freitag 5.3.22 ist das Vakuum dann noch bis auf 3,8V also 0,04mBar gestiegen.



Abbildung 5: Kompletter Aufbau nach dem Harzeinlass

Abbildung 5 zeigt den Aufbau inklusive Vakuumfolie. Die Vakuumfolie spannt in der Ecke unten rechts, weil ich die Harzzuführung nicht bei dem Folienaufbau berücksichtigt habe. Dazu sollte eine Falte auf Höhe des Röhrchens eingebaut werden. Bei V1 war das noch so, aber ich hatte das hier nicht gemacht, weil ich dachte, dass die Folienzugabe ausreicht. Das Röhrchen muss aber in eine Falte, d.h. es muss auf jeden Fall eine Falte geplant werden. Zu viel Vakuumfolie ist eigentlich auch egal.

Im Vergleich zu Versuch 1 ist die OM70 Fließhilfe jetzt ohne Falten und auf beiden Seiten der Form verlegt.

Bauteil aus Form

Am Freitag 5.3.22 um 10 Uhr habe ich das Bauteil aus der Form genommen.



Abbildung 6: Bauteil rechts unter Vakuum



Abbildung 7: Bauteil links unter Vakuumdruck

Abbildungen 6 und 7 zeigen das Bauteil im Vakuumsack.



Abbildung 8: Bauteil rechts nach Entfernen der Vakuumfolie



Abbildung 9: Bauteil links nach Entfernen der Vakuumfolie



Abbildung 10: VAP Membran Bauteil rechts nach Entfernen der OM70 Fließhilfe



Abbildung 11: Bauteil links VAP Membran nach Entfernen der OM70 Fließhilfe

Die Abbildungen 8 bis 11 zeigen das Entfernen der Vakuumfolie und danach den Aufbau ohne die OM70 Fließhilfe. In Abbildung 10 und 11 sieht man einige Falten in der VAP Membran im Bereich

der Rundung. Wie sich zeigen wird sind in den Rundungen unter der VAP Membran Taschen entstanden in denen sich Harz gesammelt hat. Abbildung 10 und 11 zeigen, dass dort zu wenig Falten sind und die VAP Membran wahrscheinlich unter Spannung war. So kann sich unter der Membran eine Tasche bilden. Hier müssen mehr Falten hin, aber keine großflächigen Überlappungen, die das Absaugen behindern.

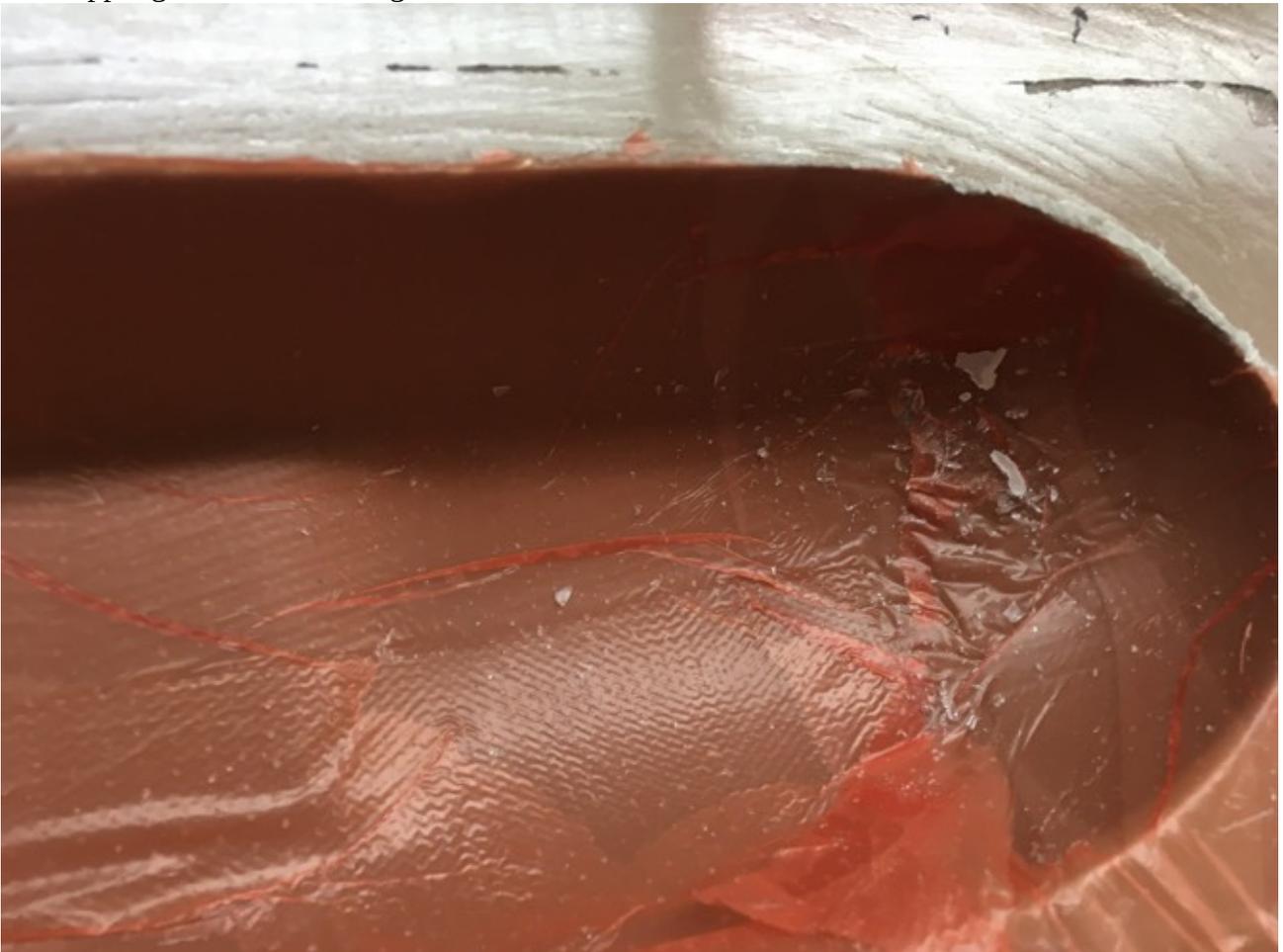


Abbildung 12: Bauteil rechts nach Entfernen der VAP Membran



Abbildung 13: Bauteil links nach Entfernen der VAP Membran

Abbildungen 12 und 13 zeigen das Bauteil nach Entfernen der VAP Membran. Die Lochfolie und die Harzansammlungen in den Rundungen sind sichtbar.



Abbildung 14: Bauteil nach Entfernen der Lochfolie.

Abbildung 14 zeigt das Bauteil nach Entfernen der Lochfolie. Man kann die Streifen des Abreißgewebes sehen. In der Mitte ein breiter Streifen und in den Rundungen jeweils zwei ca. 2cm breite Streifen. In der Rundung links ist ein kleiner Streifen in dem sich gar kein Abreißgewebe befindet. Die Harzansammlungen sind in den Rundungen erkennbar.



Abbildung 15: Form nach Entnahme des Bauteils mit Harzresten



Abbildung 16: Harzreste in Rundung links mitte und oben mitte.



Abbildung 17: Harzreste in der Rundung mitte unten

Die Abbildungen 15 bis 17 zeigen die Form nach der Entnahme des Bauteils. Die Harzreste in den Rundungen in der Mitte waren sehr fest mit der Form verbunden und konnten nur mit einem Metallschraubenschlüssel entfernt werden. An diesen Stellen war offensichtlich kein PVA Trennmittel. Durch den Kontakt direkt mit dem Versiegler ist das Harz kaum aus der Form zu bekommen. Nach dem Entfernen muss die Form neu geschliffen und wieder versiegelt werden. An den Stellen mit PVA ließ sich das Bauteil sehr leicht lösen. An den Stellen ohne Trennmittel ist Harz aus dem Bauteil gebrochen.



Abbildung 18: Bauteil nach der Entformung mit Abreißgewebe



Abbildung 19: Stelle ohne Abreißgewebe ist klar. Harzansammlung

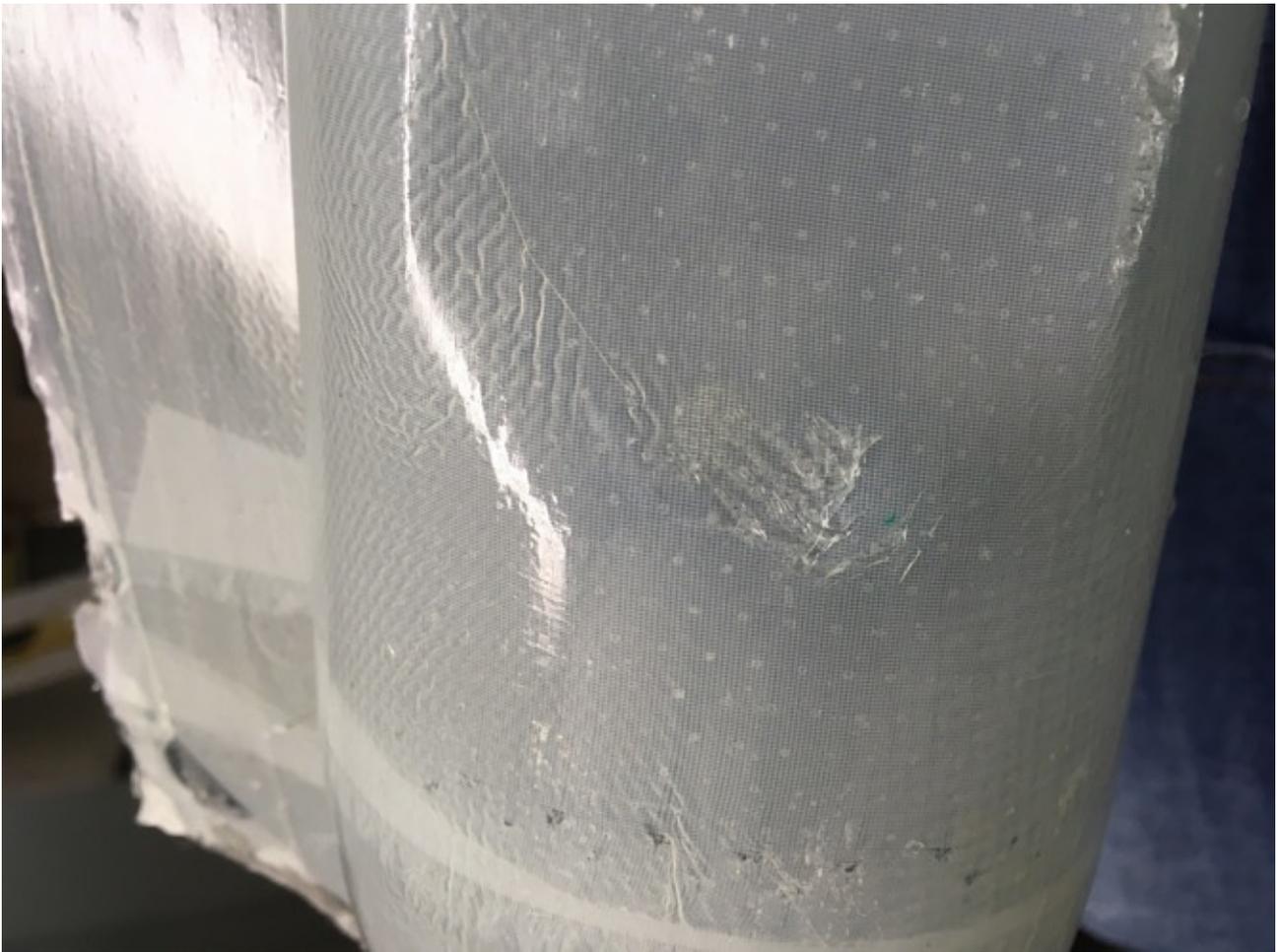


Abbildung 20: Abgebrochenes Harz an der Rundung in der Mitte



Abbildung 21: Abgebrochenes Harz Rundung in der Mitte



Abbildung 22: Delaminierung beim Ausbau aus der Form



Abbildung 23: Bauteil nach Entfernen des Abreißgewebes mit 41,4g Gewicht

Die Abbildungen 18 bis 23 zeigen das Bauteil nach der Entformung. Das Bauteil hat abgebrochene Harzstellen an den Rundungen in der Mitte und Harzansammlungen in den Rundungen an der Seite. Abbildung 19 zeigt die klare Stelle mit Harzansammlung wo kein Abreißgewebe war. Abbildung 21 zeigt die abgebrochenen Harzstellen, die an der Form geblieben sind. Das Gewicht des Bauteils beträgt 41,4g. In der Form waren 23,1g Glasfasergewebe. Es sind also 18,3g Harz im Bauteil. Geplant waren 30g, aber es gab abgeplatzt Harz in der Form und Taschen unterhalb der Membran. Dort hat sich ein Teil des Harzes zwischen Abreißgewebe und VAP Membran gesammelt. Das Bauteil aus Versuch 1 hat ein Gewicht von 32g mit einem Harzgewicht von 11,4g. Abgesehen von den Delaminationen durch den Ausbau und die Harztaschen ist das Gewebe gut mit Harz getränkt.

Fazit und Änderungen im Prozessablauf

Es gibt keine trockenen Glasfasergewebestellen mehr im Bauteil. Die Oberfläche hat keine sichtbaren Vertiefungen die auf das Glasfasergewebe gehen. Insgesamt ist die Harzbenetzung also sehr gut. Die Maßnahmen zur Verbesserung des Harzflusses haben funktioniert.

- Die Formtrennung muss verbessert werden. Dazu sollte eine mechanisch stabile Wachstrennschicht in Kombination mit PVA verwendet werden. Die PVA Schicht muss dicker werden und es darf dort keine nicht benetzten Stellen geben.
- Beim Aufbau des Bauteils muss mechanische Beschädigung der PVA Schicht vermieden werden. Also Glasfasergewebe nicht kleben und wieder Abreißen...
- Das Harzzuflußröhrchen muss in eine Falte. Dazu muss auch auf der Gegenseite eine Falte angelegt werden. Die Vakuumfolie sollte keine Spannung haben.
- Um die Taschenbildung zu vermeiden müssen mehr, aber kleine Falten im VAP Material in die Rundungen gebracht werden. Die Faltengröße in V2 ist o.k., aber davon müssen mehr eingebracht werden.
- Das PVA Gebiet muss weiter nach unten, damit das Röhrchen weiter über die Form übersteht.