



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0919081-3 B1



(22) Data do Depósito: 20/10/2009

(45) Data de Concessão: 07/01/2020

(54) Título: MÉTODO PARA FORMAR UM COMPÓSITO REFORÇADO COM FIBRA

(51) Int.Cl.: B29C 70/50; B29C 70/54; C08J 5/24; B29C 37/00; B29C 70/30.

(30) Prioridade Unionista: 20/10/2008 US 61/106905.

(73) Titular(es): CYTEC TECHNOLOGY CORP..

(72) Inventor(es): CHRISTOPHER LEE BONGIOVANNI; JACK DOUGLAS BOYD.

(86) Pedido PCT: PCT US2009061211 de 20/10/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/048101 de 29/04/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 24/03/2011

(57) Resumo: MÉTODO PARA FORMAR UM COMPÓSITO REFORÇADO COM FIBRA Sistemas e métodos para a fabricação de prepgs possuindo habilidade realçada para a remoção de gases de dentro 5 do prepgs e assentamentos de prepg antes e/ou durante pelo menos uma porção de consolidação e processo de cura para formar estruturas compósitas são divulgados. Em certas formas de realização, perfurações de configurações selecionadas podem ser introduzidas no prepgs antes, durante, e depois do assentamento. As perfurações fornecem caminhos para gases aprisionados dentro e entre os prepgs perfurados e assentamentos de prepg para escapar durante a consolidação e processo de cura, reduzindo a porosidade residual dentro do compósito resultante. Por exemplo, compósitos tendo porosidades residuais menor do que 10 % em vol, na base do volume do compósito, podem ser obtidos nesta maneira.

“MÉTODO PARA FORMAR UM COMPÓSITO REFORÇADO COM FIBRA”

FUNDAMENTOS

CAMPO

5 As formas de realização da presente divulgação dizem respeito a fibras pré-impregnadas e, em particular, a métodos para a fabricação de prepregs perfurados, assentamentos de prepreg perfurados, e estruturas compósitas.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

10 Compósitos reforçados com fibra (FRCS) são materiais estruturais híbridos que compreendem um componente de matriz circundando pelo menos uma porção de um reforço de fibra que é configurado em uma ou mais camadas. Devido à sua razão de dureza para peso relativamente alta, assim como sua densidade relativamente baixa, FRCS têm encontrado 15 utilidade em aplicações, tais como componentes de aeronave, onde o peso é uma preocupação significante.

20 Componentes de FRC podem ser fabricados usando fibras que são pré-impregnadas com o componente de matriz, também conhecido como preprep. Para formar uma parte compósita do preprep, uma ou mais camadas de preprep são montadas dentro de um molde e calor pode ser aplicado para fazer com que a resina de matriz escoe, permitindo a consolidação das camadas de prepreg. O calor aplicado pode adicionalmente curar ou polimerizar os componentes de matriz.

A consolidação de preprep para formar compósitos nesta 25 maneira é difícil, entretanto. Gases podem ser aprisionados dentro do prepreg e entre o preprep durante o assentamento e também podem expandir durante o aquecimento e/ou cura do preprep. Estes gases são difíceis para remover do

assentamento, visto que a matriz substancialmente inibe o movimento dos gases e pode resultar em porosidade dentro do compósito. Esta porosidade pode reduzir ainda as propriedades mecânicas do compósito.

Técnicas têm sido desenvolvidas para realçar a remoção de gases capturados durante a fabricação do compósito, entretanto, problemas permanecem. Por exemplo, respiros de borda podem ser utilizados para aplicar vácuo à borda de prepregs de modo a extrair os gases das laterais das camadas de prepreg. Entretanto, a remoção de gases aprisionados dos preprep 5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200
205
210
215
220
225
230
235
240
245
250
255
260
265
270
275
280
285
290
295
300
305
310
315
320
325
330
335
340
345
350
355
360
365
370
375
380
385
390
395
400
405
410
415
420
425
430
435
440
445
450
455
460
465
470
475
480
485
490
495
500
505
510
515
520
525
530
535
540
545
550
555
560
565
570
575
580
585
590
595
600
605
610
615
620
625
630
635
640
645
650
655
660
665
670
675
680
685
690
695
700
705
710
715
720
725
730
735
740
745
750
755
760
765
770
775
780
785
790
795
800
805
810
815
820
825
830
835
840
845
850
855
860
865
870
875
880
885
890
895
900
905
910
915
920
925
930
935
940
945
950
955
960
965
970
975
980
985
990
995
1000
1005
1010
1015
1020
1025
1030
1035
1040
1045
1050
1055
1060
1065
1070
1075
1080
1085
1090
1095
1100
1105
1110
1115
1120
1125
1130
1135
1140
1145
1150
1155
1160
1165
1170
1175
1180
1185
1190
1195
1200
1205
1210
1215
1220
1225
1230
1235
1240
1245
1250
1255
1260
1265
1270
1275
1280
1285
1290
1295
1300
1305
1310
1315
1320
1325
1330
1335
1340
1345
1350
1355
1360
1365
1370
1375
1380
1385
1390
1395
1400
1405
1410
1415
1420
1425
1430
1435
1440
1445
1450
1455
1460
1465
1470
1475
1480
1485
1490
1495
1500
1505
1510
1515
1520
1525
1530
1535
1540
1545
1550
1555
1560
1565
1570
1575
1580
1585
1590
1595
1600
1605
1610
1615
1620
1625
1630
1635
1640
1645
1650
1655
1660
1665
1670
1675
1680
1685
1690
1695
1700
1705
1710
1715
1720
1725
1730
1735
1740
1745
1750
1755
1760
1765
1770
1775
1780
1785
1790
1795
1800
1805
1810
1815
1820
1825
1830
1835
1840
1845
1850
1855
1860
1865
1870
1875
1880
1885
1890
1895
1900
1905
1910
1915
1920
1925
1930
1935
1940
1945
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
2055
2060
2065
2070
2075
2080
2085
2090
2095
2100
2105
2110
2115
2120
2125
2130
2135
2140
2145
2150
2155
2160
2165
2170
2175
2180
2185
2190
2195
2200
2205
2210
2215
2220
2225
2230
2235
2240
2245
2250
2255
2260
2265
2270
2275
2280
2285
2290
2295
2300
2305
2310
2315
2320
2325
2330
2335
2340
2345
2350
2355
2360
2365
2370
2375
2380
2385
2390
2395
2400
2405
2410
2415
2420
2425
2430
2435
2440
2445
2450
2455
2460
2465
2470
2475
2480
2485
2490
2495
2500
2505
2510
2515
2520
2525
2530
2535
2540
2545
2550
2555
2560
2565
2570
2575
2580
2585
2590
2595
2600
2605
2610
2615
2620
2625
2630
2635
2640
2645
2650
2655
2660
2665
2670
2675
2680
2685
2690
2695
2700
2705
2710
2715
2720
2725
2730
2735
2740
2745
2750
2755
2760
2765
2770
2775
2780
2785
2790
2795
2800
2805
2810
2815
2820
2825
2830
2835
2840
2845
2850
2855
2860
2865
2870
2875
2880
2885
2890
2895
2900
2905
2910
2915
2920
2925
2930
2935
2940
2945
2950
2955
2960
2965
2970
2975
2980
2985
2990
2995
3000
3005
3010
3015
3020
3025
3030
3035
3040
3045
3050
3055
3060
3065
3070
3075
3080
3085
3090
3095
3100
3105
3110
3115
3120
3125
3130
3135
3140
3145
3150
3155
3160
3165
3170
3175
3180
3185
3190
3195
3200
3205
3210
3215
3220
3225
3230
3235
3240
3245
3250
3255
3260
3265
3270
3275
3280
3285
3290
3295
3300
3305
3310
3315
3320
3325
3330
3335
3340
3345
3350
3355
3360
3365
3370
3375
3380
3385
3390
3395
3400
3405
3410
3415
3420
3425
3430
3435
3440
3445
3450
3455
3460
3465
3470
3475
3480
3485
3490
3495
3500
3505
3510
3515
3520
3525
3530
3535
3540
3545
3550
3555
3560
3565
3570
3575
3580
3585
3590
3595
3600
3605
3610
3615
3620
3625
3630
3635
3640
3645
3650
3655
3660
3665
3670
3675
3680
3685
3690
3695
3700
3705
3710
3715
3720
3725
3730
3735
3740
3745
3750
3755
3760
3765
3770
3775
3780
3785
3790
3795
3800
3805
3810
3815
3820
3825
3830
3835
3840
3845
3850
3855
3860
3865
3870
3875
3880
3885
3890
3895
3900
3905
3910
3915
3920
3925
3930
3935
3940
3945
3950
3955
3960
3965
3970
3975
3980
3985
3990
3995
4000
4005
4010
4015
4020
4025
4030
4035
4040
4045
4050
4055
4060
4065
4070
4075
4080
4085
4090
4095
4100
4105
4110
4115
4120
4125
4130
4135
4140
4145
4150
4155
4160
4165
4170
4175
4180
4185
4190
4195
4200
4205
4210
4215
4220
4225
4230
4235
4240
4245
4250
4255
4260
4265
4270
4275
4280
4285
4290
4295
4300
4305
4310
4315
4320
4325
4330
4335
4340
4345
4350
4355
4360
4365
4370
4375
4380
4385
4390
4395
4400
4405
4410
4415
4420
4425
4430
4435
4440
4445
4450
4455
4460
4465
4470
4475
4480
4485
4490
4495
4500
4505
4510
4515
4520
4525
4530
4535
4540
4545
4550
4555
4560
4565
4570
4575
4580
4585
4590
4595
4600
4605
4610
4615
4620
4625
4630
4635
4640
4645
4650
4655
4660
4665
4670
4675
4680
4685
4690
4695
4700
4705
4710
4715
4720
4725
4730
4735
4740
4745
4750
4755
4760
4765
4770
4775
4780
4785
4790
4795
4800
4805
4810
4815
4820
4825
4830
4835
4840
4845
4850
4855
4860
4865
4870
4875
4880
4885
4890
4895
4900
4905
4910
4915
4920
4925
4930
4935
4940
4945
4950
4955
4960
4965
4970
4975
4980
4985
4990
4995
5000
5005
5010
5015
5020
5025
5030
5035
5040
5045
5050
5055
5060
5065
5070
5075
5080
5085
5090
5095
5100
5105
5110
5115
5120
5125
5130
5135
5140
5145
5150
5155
5160
5165
5170
5175
5180
5185
5190
5195
5200
5205
5210
5215
5220
5225
5230
5235
5240
5245
5250
5255
5260
5265
5270
5275
5280
5285
5290
5295
5300
5305
5310
5315
5320
5325
5330
5335
5340
5345
5350
5355
5360
5365
5370
5375
5380
5385
5390
5395
5400
5405
5410
5415
5420
5425
5430
5435
5440
5445
5450
5455
5460
5465
5470
5475
5480
5485
5490
5495
5500
5505
5510
5515
5520
5525
5530
5535
5540
5545
5550
5555
5560
5565
5570
5575
5580
5585
5590
5595
5600
5605
5610
5615
5620
5625
5630
5635
5640
5645
5650
5655
5660
5665
5670
5675
5680
5685
5690
5695
5700
5705
5710
5715
5720
5725
5730
5735
5740
5745
5750
5755
5760
5765
5770
5775
5780
5785
5790
5795
5800
5805
5810
5815
5820
5825
5830
5835
5840
5845
5850
5855
5860
5865
5870
5875
5880
5885
5890
5895
5900
5905
5910
5915
5920
5925
5930
5935
5940
5945
5950
5955
5960
5965
5970
5975
5980
5985
5990
5995
6000
6005
6010
6015
6020
6025
6030
6035
6040
6045
6050
6055
6060
6065
6070
6075
6080
6085
6090
6095
6100
6105
6110
6115
6120
6125
6130
6135
6140
6145
6150
6155
6160
6165
6170
6175
6180
6185
6190
6195
6200
6205
6210
6215
6220
6225
6230
6235
6240
6245
6250
6255
6260
6265
6270
6275
6280
6285
6290
6295
6300
6305
6310
6315
6320
6325
6330
6335
6340
6345
6350
6355
6360
6365
6370
6375
6380
6385
6390
6395
6400
6405
6410
6415
6420
6425
6430
6435
6440
6445
6450
6455
6460
6465
6470
6475
6480
6485
6490
6495
6500
6505
6510
6515
6520
6525
6530
6535
6540
6545
6550
6555
6560
6565
6570
6575
6580
6585
6590
6595
6600
6605
6610
6615
6620
6625
6630
6635
6640
6645
6650
6655
6660
6665
6670
6675
6680
6685
6690
6695
6700
6705
6710
6715
6720
6725
6730
6735
6740
6745
6750
6755
6760
6765
6770
6775
6780
6785
6790
6795
6800
6805
6810
6815
6820
6825
6830
6835
6840
6845
6850
6855
6860
6865
6870
6875
6880
6885
6890
6895
6900
6905
6910
6915
6920
6925
6930
6935
6940
6945
6950
6955
6960
6965
6970
6975
6980
6985
6990
6995
7000
7005
7010
7015
7020
7025
7030
7035
7040
7045
7050
7055
7060
7065
7070
7075
7080
7085
7090
7095
7100
7105
7110
7115
7120
7125
7130
7135
7140
7145
7150
7155
7160
7165
7170
7175
7180
7185
7190
7195
7200
7205
7210
7215
7220
7225
7230
7235
7240
7245
7250
7255
7260
7265
7270
7275
7280
7285
7290
7295
7300
7305
7310
7315
7320
7325
7330
7335
7340
7345
7350
7355
7360
7365
7370
7375
7380
7385
7390
7395
7400
7405
7410
7415
7420
7425
7430
7435
7440
7445
7450
7455
7460
7465
7470
7475
7480
7485
7490
7495
7500
7505
7510
7515
7520
7525
7530
7535
7540
7545
7550
7555
7560
7565
7570
7575
7580
7585
7590
7595
7600
7605
7610
7615
7620
7625
7630
7635
7640
7645
7650
7655
7660
7665
7670
7675
7680
7685
7690
7695
7700
7705
7710
7715
7720
7725
7730
7735
7740
7745
7750
7755
7760
7765
7770
7775
7780
7785
7790
7795
7800
7805
7810
7815
7820
7825
7830
7835
7840
7845
7850
7855
7860
7865
7870
7875
7880
7885
7890
7895
7900
7905
7910
7915
7920
7925
7930
7935
7940
7945
7950
7955
7960
7965
7970
7975
7980
7985
7990
7995
8000
8005
8010
8015
8020
8025
8030
8035
8040
8045
8050
8055
8060
8065
8070
8075
8080
8085
8090
8095
8100
8105
8110
8115
8120
8125
8130
8135
8140
8145
8150
8155
8160
8165
8170
8175
8180
8185
8190
8195
8200
8205
8210
8215
8220
8225
8230
8235
8240
8245
8250
8255
8260
8265
8270
8275
8280
8285
8290
8295
8300
8305
8310
8315
8320
8325
8330
8335
8340
8345
8350
8355
8360
8365
8370
8375
8380
8385
8390
8395
8400
8405
8410
8415
8420
8425
8430
8435
8440
8445
8450
8455
8460
8465
8470
8475
8480
8485
8490
8495
8500
8505
8510
8515
8520
8525
8530
8535
8540
8545
8550
8555
8560
8565
8570
8575
8580
8585
8590
8595
8600
8605
8610
8615
8620
8625
8630
8635
8640
8645
8650
8655
8660
8665
8670
8675
8680
8685
8690
8695
8700
8705
8710
8715
8720
8725
8730
8735
8740
8745
8750
8755
8760
8765
8770
8775
8780
8785
8790
8795
8800
8805
8810
8815
8820
8825
8830
8835
8840
8845
8850
8855
8860
8865
8870
8875
8880
8885
8890
8895
8900
8905
8910
8915
8920
8925
8930
8935
8940
8945
8950
8955
8960
8965
8970
8975
8980
8985
8990
8995
9000
9005
9010
9015
9020
9025
9030
9035
9040
9045
9050
9055
9060
9065
9070
9075
9080
9085
9090
9095
9100
9105
9110
9115
9120
9125
9130
9135
9140
9145
9150
9155
9160
9165
9170
9175
9180
9185
9190
9195
9200
9205
9210
9215
9220
9225
9230
9235
9240
9245
9250
9255
9260
9265
9270
9275
9280
9285
9290
9295
9300
9305
9310
9315
9320
9325
9330
9335
9340
9345
9350
9355
9360
9365
9370
9375
9380
9385
9390
9395
9400
9405
9410
9415
9420
9425
9430
9435
9440
9445
9450
9455
9460
9465
9470
9475
9480
9485
9490
9495
9500
9505
9510
9515
9520
9525
9530
9535
9540
9545
9550
9555
9560
9565
9570
9575
9580
9585
9590
9595
9600
9605
9610
9615
9620
9625
9630
9635
9640
9645
9650
9655
9660
9665
9670
9675
9680
9685
9690
9695
9700
9705
9710
9715
9720
9725
9730
9735
9740
9745
9750
9755
9760
9765
9770
9775
9780
9785
9790
9795
9800
9805
9810
9815
9820
9825
9830
9835
9840
9845
9850
9855
9860
9865
9870
9875
9880
9885
9890
9895
9900
9905
9910
9915
9920
9925
9930
9935
9940
9945
9950
9955
9960
9965
9970
9975
9980
9985
9990
9995
10000
10005
10010
10015
10020
10025
10030
10035
10040
10045
10050
10055
10060
10065
10070
10075
10080
10085
10090
10095
10100
10105
10110
10115
10120
10125
10130
10135
10140
10145
10150
10155
10160
10165
10170
10175
10180
10185
10190
10195
10200
10205
10210
10215
10220
10225
10230
10235
10240
10245
10250
10255
10260
10265
10270
10275
10280
10285
10290
10295
10300
10305
10310
10315
10320
10325
10330
10335
10340

SUMÁRIO

Em uma forma de realização, prepregs possuindo habilidade realçada para a remoção de gases, tais como ar e outras espécies voláteis, de dentro de prepregs e assentamentos de prepreg são fornecidos. Em certas formas de realização, perfurações de configuração selecionada estão presentes dentro dos prepregs. As perfurações fornecem caminhos para os gases aprisionados dentro dos prepregs perfurados para escapar dos prepregs.

Em uma forma de realização, um prepreg perfurado é fornecido onde as perfurações são distribuídas através de pelo menos uma porção do prepreg. As perfurações também são dimensionalmente estáveis em torno da temperatura ambiente e permitem ainda o movimento do gás através do prepreg perfurado.

Em uma outra forma de realização, um compósito fabricado usando um ou mais dos prepregs perfurados é fornecido. O compósito possui uma porosidade menor do que 10 % em vol na base do volume total do compósito.

Em uma outra forma de realização, um método para fabricar o prepreg perfurado é fornecido. O método compreende aplicar manipulação mecânica ou energia ao prepreg para formar em pelo menos uma porção do

prepreg uma ou mais perfurações.

Em uma forma de realização alternativa, um método para formar um compósito reforçado com fibra é fornecido. O método compreende introduzir uma ou mais perfurações em um prepreg compreendendo uma resina de matriz e uma fibra embutida dentro de pelo menos uma porção da matriz para formar um prepreg perfurado. Uma ou mais perfurações são configuradas de modo a permitir que os gases percorram de dentro do corpo do prepreg perfurado a uma superfície externa do prepreg perfurado.

Em uma outra forma de realização, um assentamento de prepreg perfurado é fornecido. O assentamento de prepreg perfurado pode compreender um ou mais prepregs perfurados como debatido acima. O assentamento de prepreg perfurado pode compreender adicionalmente combinações do prepreg perfurado e prepregs não contendo perfurações. Em uma outra forma de realização, um prepreg perfurado é fornecido em que a fração de peso do reforço de fibra no prepreg perfurado é menor do que 20 % em peso tal como para uma película adesiva ou película de formação de superfície, e pode ser zero tal como para uma película de resina.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

As Figuras 1A a 1C são ilustrações de formas de realização de prepregs completamente impregnados (1A) e parcialmente impregnados (1B e 1C);

As Figuras 2A a 2B são ilustrações de formas de realização de prepregs completamente e parcialmente impregnados, respectivamente, tendo perfurações;

As Figuras 3A a 3B são ilustrações de mecanismos possíveis pelos quais os gases podem ser substancialmente removidos dos preprep 25 gs completamente e parcialmente perfurados e assentamentos de prepreg das Figuras 2A a 2B, respectivamente;

A Figura 4 ilustra métodos para a introdução de perfurações

dentro de sistemas de prepreg;

As Figuras 5A-5B são vistas de cima para baixo de formas de realização de prepregs tendo perfurações distribuídas; (A) distribuição de perfuração aleatória; (B) distribuição de perfuração substancialmente uniforme; e

A Figura 6 ilustra uma forma de realização de um sistema para a consolidação e cura de prepregs perfurados para formar estruturas compósitas.

DESCRÍÇÃO DETALHADA

Os termos “aproximadamente”, “cerca de”, e “substancialmente” como usado aqui representam uma quantidade próxima à quantidade declarada que ainda realiza a função desejada ou obtém o resultado desejado. Por exemplo, os termos “aproximadamente”, “cerca de”, e “substancialmente” podem referir-se a uma quantidade que está dentro menor do que 10 %, dentro menor do que 5 %, dentro menor do que 1 %, dentro menor do que 0,1 %, e dentro menor do que 0,01 % da quantidade declarada.

Uma perfuração que possui uma seção transversal circular que é substancialmente uniforme pode exibir diâmetros que estão dentro menor do que 10 % do diâmetro médio, dentro menor do que 5 % do diâmetro médio, dentro menor do que 1 % do diâmetro médio, dentro menor do que 0,1 % do diâmetro médio, e dentro menor do que 0,01 % do diâmetro médio. Em um outro exemplo, uma perfuração que estende-se substancialmente perpendicular a um plano selecionado de uma fibra pode exibir orientações que estão dentro menor do que 10 % do ângulo do normal ao plano da fibra, dentro menor do que 5 % do ângulo do normal ao plano da fibra, dentro menor do que 1 % do ângulo do normal ao plano da fibra, dentro menor do que 0,1 % do ângulo do normal ao plano da fibra, e dentro menor do que 0,01 % do ângulo do normal ao plano da fibra.

O termo “pelo menos uma porção de” como usado aqui

representa uma quantidade de um todo que compreende uma quantidade do todo que pode incluir o todo. Por exemplo, o termo “uma porção de” pode referir-se a uma quantidade que é maior do que 0,01 %, maior do que 0,1 %, maior do que 1 %, maior do que 10 %, maior do que 20 %, maior do que 30 %, maior do que 40 %, maior do que 50 %, maior do que 60 %, maior do que 70 %, maior do que 80 %, maior do que 90 %, maior do que 95 %, maior do que 99 %, e 100 % do todo.

O termo “temperatura ambiente” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e pode incluir temperaturas dentro da faixa de cerca de 15° C a 43° C.

O termo “fibra” ou “fibras” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e pode incluir um ou mais materiais fibrosos adaptados para o reforço de compósitos. Fibras podem tomar a forma de qualquer um de partículas, flocos, cristais capilares, fibras curtas, fibras contínuas, folhas, dobras, e combinações dos mesmos. Fibras contínuas podem adotar ainda qualquer uma de fibras unidirecionais, multidimensionais (por exemplo, bi- ou tri-dimensionais), não tecidas, tecidas, entrelaçadas, costuradas, enroladas, e trançadas, assim como estruturas de esteira com fibras concêntricas, esteira de feltro, e esteira cortada. Fibras tecidas podem compreender uma pluralidade de estopas tecidas tendo menos do que cerca de 1000 filamentos, menos do que cerca de 3000 filamentos, menos do que cerca de 6000 filamentos, menos do que cerca de 12000 filamentos, menos do que cerca de 24000 filamentos, menos do que cerca de 48000 filamentos, menos do que cerca de 56000 filamentos, menos do que cerca de 125000 filamentos, e maior do que cerca de 125000 filamentos. Estopas tecidas podem ser seguradas na posição por pontos de costura de fibra bruta cruzada, pontos de tricô de inserção em trama, ou uma quantidade pequena de resina, tal como um encolamento.

A composição das fibras pode ser variada, conforme

necessário. Fibras incluem, mas não são limitadas a, vidro, carbono, aramida, quartzo, polietileno, poliéster, poli-p-fenileno-benzobisoxazol (PBO), boro, carboneto de silício, poliamida, Nylon®, nitreto de silício, Astroquartz®, Tyranno®, Nextel®, Nicalon®, e grafita, e combinações dos mesmos.

5 Os termos “matriz”, “resina”, e “resina de matriz” como usado aqui têm seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e podem incluir um ou mais compostos compreendendo um material de termocura e/ou termoplástico. Exemplos podem incluir, mas não são limitados a, epóxis, agentes de cura epóxis, fenólicos, fenóis, cianatos, imidas 10 (por exemplo, poliimidas, bismaleimida (BMI), polieterimidas), poliésteres, benzoxazinas, polibenzimidazóis, polibenzotiazóis, poliamidas, poliamidimidas, polissulfonas, poliéter sulfonas, policarbonatos, tereftalatos de polietileno, e poliéter cetonas (por exemplo, poliéter cetona (PEK), poliéter éter cetona (PEEK), poliéter cetona cetona (PEKK) e semelhantes), 15 combinações dos mesmos, e precursores dos mesmos.

Matrizes, como debatido aqui, podem compreender adicionalmente aditivos solúveis, insolúveis ou parcialmente solúveis. Tais aditivos podem ser fornecidos para influenciar uma ou mais de propriedades mecânicas, reológicas, elétricas, ópticas, químicas, e/ou térmicas da matriz. 20 Tais aditivos podem compreender adicionalmente materiais que reagem quimicamente com a matriz, interagem com a matriz, ou são não reativos com a matriz. A distribuição de tamanho, e geometria de tais aditivos também podem ser variadas, conforme necessário. Por exemplo, o tamanho dos aditivos pode variar entre dimensões em nanoscala (aproximadamente 1 nm 25 a 100 nm), dimensões em microscala (aproximadamente 100 nm a 100 µm), e dimensões em macroscala, maiores do que cerca de 100 µm. Em outros exemplos, os aditivos podem ser configurados em geometrias incluindo, mas não limitadas a, partículas, flocos, hastes, e semelhantes. Em exemplos adicionais, os aditivos podem ser distribuídos dentro de uma área selecionada

da matriz (por exemplo, adjacente a uma superfície da matriz) ou uniformemente distribuídos ou dissolvidos dentro da matriz. Exemplos de aditivos podem incluir, mas não são limitados a, substâncias orgânicas e inorgânicas tais como retardantes de chama, protetores ultravioletas (UV), 5 espessantes (por exemplo, Cabosil®), e reforços para realçar um ou mais de tolerância ao dano, tenacidade, resistência ao desgaste (por exemplo, borrachas, cerâmicas, e/ou vidros).

Aditivos particularmente vantajosos são partículas de borracha, partículas termoplásticas ou combinações que são bem conhecidas 10 na técnica para melhorar a tolerância ao dano.

O termo “impregnar” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e pode incluir a introdução de uma película de matriz, pó, líquido, e ou solução em pelo menos uma porção das fibras. A impregnação pode ser facilitada pela 15 aplicação de um ou mais de calor, pressão, e solventes. “Impregnação total”, como debatido aqui, pode incluir seu significado habitual e pode incluir ainda impregnações que embutem substancialmente todas as fibras dentro da matriz, tal como no prepreg. “Impregnação parcial”, como debatido aqui, inclui seu significado habitual e pode incluir impregnações que são menos do que 20 substancialmente impregnação total e contêm regiões de fibras secas onde uma porção das fibras não é embutida dentro da matriz.

O termo “prepreg” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e assim inclui folhas ou lâmina de fibras que foram impregnadas com uma resina de matriz dentro 25 de pelo menos uma porção de seu volume. A matriz pode estar presente em um estado parcialmente curado ou não curado.

O termo “assentamento” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e pode incluir um ou mais prepregs que são colocados adjacentes entre si. Em certas formas de

realização, os prepregs dentro do assentamento podem ser posicionados em uma orientação selecionada com respeito um ao outro. Em uma outra forma de realização, os prepregs podem ser opcionalmente costurados juntos com um material de rosqueamento de modo a inibir seu movimento relativo a 5 partir de uma orientação selecionada. Em formas de realização adicionais, “assentamentos” podem compreender qualquer combinação de prepregs completamente impregnados, prepregs parcialmente impregnados, e prepregs perfurados como debatido aqui. Assentamentos podem ser fabricados por técnicas que podem incluir, mas não são limitadas a, assentamento manual, 10 assentamento por fita automática (ATL), colocação de fibra avançada (AFP), e enrolamento de filamento.

O termo “estabilidade dimensional” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e assim inclui a habilidade de uma estrutura para manter a dimensão dentro de uma 15 faixa selecionada durante um período selecionado de tempo. Em certas formas de realização, a faixa selecionada pode ser determinada pela habilidade da estrutura para realizar uma função intencionada, tal como permitindo a passagem de um gás em uma taxa selecionada sob uma pressão selecionada.

20 O termo “consolidação” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e assim inclui processos em que a resina ou resina de matriz escoa de modo a deslocar o espaço vazio. Por exemplo, “consolidação” pode incluir, mas é não limitada a, fluxo da matriz em espaços vazios entre e dentro de fibras e prepregs, 25 perfurações, e semelhantes. “Consolidação” pode ocorrer ainda sob a ação de um ou mais de calor, vácuo, e pressão aplicada.

Os termos “cura” e “curar” como usado aqui têm seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e podem incluir processos de polimerização e/ou reticulação. A cura pode ser realizada

por processos que incluem, mas não são limitados a, aquecimento, exposição à luz ultravioleta, e exposição à radiação. Em certas formas de realização, a cura pode ocorrer dentro da matriz. Antes da cura, a matriz pode compreender adicionalmente um ou mais compostos que são, em torno da temperatura ambiente, líquidos, semi-sólidos, sólidos cristalinos, e combinações dos mesmos. Em outras formas de realização, a matriz dentro do prepegue pode ser formulada ou parcialmente curada de modo a exibir uma pegajosidade ou adesão selecionadas. Em certas formas de realização, a consolidação e a cura podem ser realizadas em um processo único.

Formas de realização da presente divulgação fornecem prepregs perfurados, assentamentos de prepegue perfurados, e métodos de fabricação. O prepegue perfurado possui habilidade realçada para a remoção de gases aprisionados dentro de e entre os prepregs perfurados e assentamentos de prepegue perfurados. Gases aprisionados podem ser removidos ainda antes e/ou durante pelo menos uma porção do processo de consolidação dos prepregs perfurados sozinhos, ou quando incorporados em assentamentos de prepegue perfurados, assim como antes e/ou durante pelo menos uma porção de processos de consolidação para formar estruturas compósitas. Em certas formas de realização, perfurações tendo configurações selecionadas são introduzidas nos prepregs antes do assentamento. Em formas de realização alternativas, perfurações tendo configurações selecionadas são introduzidas nos prepregs durante ou depois do assentamento. Antes e/ou durante pelo menos uma porção de consolidação dos prepregs, as perfurações fornecem caminhos para os gases aprisionados dentro de e entre os prepregs perfurados ou assentamentos de prepegue perfurados para escapar, reduzindo a porosidade residual dentro do compósito resultante e podem elevar suas propriedades mecânicas. Por exemplo, compósitos tendo porosidades residuais menor do que 10 % em vol, menor do que 4 % em vol, e menor do que 1 % em vol, na base do volume total da compósito, podem ser obtidos nesta maneira.

Em certas formas de realização, os prepregs perfurados são configurados para permitir a estabilidade dimensional das perfurações. Como um resultado, as perfurações, uma vez introduzidas, podem permanecer dimensionalmente estáveis durante um período selecionado de tempo. Em 5 certas formas de realização, as perfurações podem permanecer dimensionalmente estáveis durante o armazenamento dos prepregs perfurados. Em outras formas de realização, as perfurações podem permanecer dimensionalmente estáveis durante pelo menos uma porção do processo de consolidação. Beneficamente, este projeto dos prepregs 10 perfurados permite a remoção de gases que são aprisionados dentro de prepregs perfurados e entre as camadas de prepregs perfurados dentro dos assentamentos de prepreg perfurados.

Em certas formas de realização, a estabilidade dimensional pode ser fornecida adaptando-se a viscosidade da matriz. Por exemplo, 15 viscosidades relativamente altas da matriz, maiores do que cerca de 1.000.000 centipoise (cp) em torno da temperatura ambiente, podem fornecer perfurações com estabilidade dimensional. Preferivelmente, a resina de matriz é adaptada para formar perfurações dimensionalmente estáveis em torno da temperatura ambiente e é capaz de escoar em uma temperatura selecionada 20 maior do que a temperatura ambiente para preencher uma ou mais das perfurações.

Em outras formas de realização, as perfurações podem ser introduzidas em prepregs completamente ou parcialmente impregnados. Como debatido em maior detalhe abaixo, é possível fabricar prepregs 25 perfurados em que uma porção das fibras de prepreg não é impregnada com a resina de matriz, um prepreg parcialmente impregnado. Introduzindo-se perfurações dentro de tais prepregs parcialmente impregnados, os gases podem percorrer através das porções não impregnadas do prepreg perfurado, as porções perfurados, áreas inter-camada entre prepreg em assentamentos de

preg, e combinações dos mesmos, realçando a habilidade de gases para escapar dos prepregs e assentamentos perfurados, parcialmente impregnados. Beneficamente, a habilidade das perfurações a serem introduzidas em prepregs completamente ou parcialmente impregnados permite que os 5 métodos debatidos aqui sejam usados com uma faixa ampla de prepregs e aplicações.

Em formas de realização adicionais, a configuração das perfurações pode ser variada ainda de modo a realçar ainda mais a habilidade dos gases para escapar dos prepregs antes e/ou durante pelo menos uma 10 porção da consolidação. Em um exemplo, as perfurações podem estender-se parcialmente ou completamente através da espessura dos prepregs. Em um outro exemplo, as perfurações podem ser distribuídas através do pre preg em uma maneira controlada, levando em consideração a remoção de gases por todo o pre preg, facilitando a formação de compósitos homogêneos. Em um 15 outro exemplo, parâmetros das perfurações, incluindo, mas não limitados a, tamanho, forma, distribuição, e densidade de perfuração (número de perfurações por área unitária) podem ser variados, conforme necessário.

As Figuras 1A a 1B ilustram formas de realização de pre preg completamente e parcialmente impregnados 100, 108. Em uma forma de 20 realização, os pre preg 100, 108 compreendem fibras 104, e uma matriz 102 que foi impregnada em pelo menos uma porção das fibras 104.

A matriz 102 pode ser completamente ou parcialmente impregnada nas fibras 104 na forma de sólidos, películas semi-sólidas, pós, e líquidos, com ou sem aplicação de calor e/ou pressão. Em um exemplo, um 25 pre preg completamente impregnado 100 pode ter fibras que são substancialmente embutidas dentro da matriz 102. Em um outro exemplo, um pre preg parcialmente impregnado 108 pode conter áreas selecionadas que são substancialmente livres da matriz 102, tais como zona livre da matriz 114 contendo fibras secas 116 que não são substancialmente embutidas dentro da

matriz 102 como mostrado na Fig 1C. Em um outro exemplo, um prepreg parcialmente impregnado 108 pode conter áreas selecionadas que são parcialmente livres da matriz 102, tal como mostrado como zona livre da matriz 114 contendo principalmente fibra seca 116, com algumas fibras na 5 zona livre da matriz 114 embutidas dentro da matriz 102 como mostrado na Fig 1B. Em uma forma de realização, prepregs parcialmente impregnados 108 podem ser formados impregnando-se fibras 104 a partir dos dois lados, deixando uma zona livre da matriz 114 que é substancialmente sem matriz 102 dentro do interior do prepreg 108. Em um outro exemplo, preprep 10 gs parcialmente impregnados 108 podem ser formados impregnando-se fibras 104 a partir de um único lado. Como debatido abaixo, a região livre da matriz 114 pode cooperar com perfurações introduzidas para permitir a remoção de gases dos preprepgs parcialmente impregnados 108 durante a consolidação e/ou processo de cura.

Em processos de imersão em solução, as fibras 104 podem ser passadas através de um banho de sólidos de matriz que são dissolvidos dentro de um solvente. Conforme as fibras 104 passam através do banho, elas captam uma quantidade de sólidos de matriz que varia com fatores tais como a velocidade em que as fibras 104 são passadas através do banho e o teor de sólidos de matriz dentro do banho. Em processos de pulverização em solução,

uma quantidade selecionada de sólidos de matriz é pulverizada na fibra 104. Em cada caso de processamento em solução, a fibra impregnada 104 é aquecida depois da exposição ao banho ou pulverização de modo a substancialmente remover os solventes e pode fazer com que a matriz comece 5 o processo de cura.

Em processos em fusão diretos, a matriz 102 é fornecida como um revestimento aproximadamente sem solvente diretamente na fibra 104. Em temperaturas de aplicação, a matriz 102 é suficientemente escoável de modo a impregnar pelo menos uma porção das fibras 104 para formar os 10 prepregs 100, 108. Alternativamente, no registro de película, a matriz 102 é fundida em uma película da massa em fusão ou solução. As fibras 104 são subsequentemente intercaladas entre uma ou mais películas de matriz, ou uma película aplicada a partir de um lado, e registradas de modo a operar películas de matriz nas fibras 104.

15 Aditivos também podem ser adicionados à matriz 102 antes ou depois da impregnação. Em uma forma de realização, aditivos podem compreender particulados que são adicionados por aspersão em ou dentro da matriz 102. Tais aditivos também podem ser vantajosos para a remoção de gases entre dobras de assentamento porque os gases podem mover-se mais 20 livremente através das passagens criadas pelos aditivos posicionados entre as dobras. Tais aditivos de particulado podem incluir, mas não são limitados a, partículas, tal como qualquer combinação de partículas termoplásticas, partículas de termocura, partículas siliciosas, partículas vítreas, partículas de borracha e inorgânicas tendo um diâmetro médio menor do que cerca de 200 25 μm .

O teor da fibra do prepeg 100, 108 também pode ser variado, como declarado pelo pedido. Em uma forma de realização, a fração de peso da fibra 104 pode variar entre cerca de 20 a 80 % em peso, na base do peso total dos prepregs 100, 108. Em uma outra forma de realização a fração de

peso da fibra 104 em um prepreg perfurado é menor do que 20 % em peso tal como para uma película adesiva ou de formação de superfície, e pode ser zero tal como para uma película de resina. O prepreg perfurado de uma tal forma de realização pode ser vantajosamente usado como uma película adesiva ou de superfície onde as perfurações fornecem caminhos para a remoção de gases a partir de uma superfície, dentre os aderentes ou a partir do núcleo. Tais adesivos incluiriam aplicações de ligação co-curáveis para compósitos, aplicações em metal e estrutura tipo sanduíche. Formas de realização vantajosas onde a fração de peso da fibra 104 em um prepreg perfurado é menor do que 20 % em peso ou nada incluem um adesivo, por exemplo, em que as fibras no adesivo são um poliéster de peso leve ou tecido para forro de náilon.

A fração dos prepregs 100, 108 ocupados pela matriz 102 também pode ser variada, conforme desejado. Em certas formas de realização, a matriz 102 pode ocupar entre cerca de 20 a 80 % em peso dos prepregs 100, 108, na base do peso total dos prepregs 100, 108.

As Figuras 2A a 2B ilustram formas de realização de prepregs completamente e parcialmente impregnados 200, 202 tendo perfurações 204A e perfurações parciais 204B. Em certas formas de realização, perfurações 204A podem estender-se substancialmente através da largura dos prepregs 200, 202, enquanto perfurações parciais 204B podem estender-se através de uma porção selecionada da largura dos prepregs 200, 202.

As perfurações 204A, 204B podem compreender passagens que são introduzidas nos prepregs 100, 108 e podem incluir, mas não são limitadas a, penetrações, furos, poros, fendas, intervalos, rachaduras, e combinações dos mesmos. As perfurações 204A, 204B podem ser substancialmente uniformes ao longo de seu comprimento, substancialmente não uniformes ao longo de seu comprimento, e combinações das mesmas. As perfurações 204A, 204B podem ser orientadas adicionalmente em um ângulo

selecionado com respeito ao eixo longo das fibras 104. Por exemplo, as perfurações 204A, 204B, podem estender-se aproximadamente perpendicular ao eixo longo das fibras 104.

Sem estar ligado a uma teoria específica, prepregs perfurados 5 200, 202 podem facilitar a remoção de gases de preprepss perfurados individuais 200, 202 e assentamentos de prepreg 300, 310 que incorporam preprepss perfurados 200, 202 (Figuras 3A a 3B) antes e/ou durante pelo menos uma porção da consolidação e assim reduzem o volume de porosidade dentro dos compósitos formados a partir dos mesmos, quando comparado a 10 compósitos formados sem preprepss perfurados 200, 202. Por exemplo, as perfurações 204A, 204B fornecem caminhos de escape para gases dos preprepss perfurados 200, 202 e permitem que os gases sejam removidos dos preprepss perfurados 200, 202 com maior facilidade e em maior volume quando comparado com preprepss não perfurados. Os gases podem incluir 15 gases intra-camada 302A que originam-se de dentro da matriz 102 ou zona livre da matriz 114 de preprepss parcialmente e/ou completamente impregnados 200, 202 e gases inter-camada 302B, 302C que originam-se da região inter-camada de dentro da matriz 102 e entre as camadas de prepreg em assentamentos de prepreg. Em particular, acredita-se que preprepss 20 perfurados 200, 202 sejam apropriados para a remoção de gases que podem expandir durante a consolidação.

As Figuras 3A e 3B ilustram formas de realização de assentamentos de prepreg perfurados parcialmente impregnados 300 e assentamentos de prepreg perfurados completamente impregnados 310 dos 25 quais os gases podem ser removidos. Pode ser entendido que formas de realização da divulgação podem incluir assentamentos compreendendo qualquer combinação de preprepss completamente impregnados 100, preprepss parcialmente impregnados 102, preprepss perfurados completamente impregnados 200, e preprepss perfurados parcialmente impregnados 202.

Como ilustrado nas Figuras 3A a 3B, os gases 302A, 302B, 302C dentro dos prepregs perfurados 200, 202 podem mover-se através de qualquer combinação da matriz 102, zonas livres da matriz 114, e perfurações 204A, 204B de modo a percorrer fora dos prepregs perfurados 200, 202. Por exemplo, sob a influência de uma força, que pode surgir devido ao fluxo da matriz, pressão aplicada, e/ou vácuo, os gases 302A, 302B, 302C podem ser impelidos entre e/ou dentro de uma perfuração adjacente 204. Uma vez na perfuração 204, os gases 302A, 302B, 302C podem facilmente percorrer fora dos prepregs perfurados 200, 202, sem resistência substancial da matriz 102.

Como ilustrado ainda no assentamento de prepreg perfurado parcialmente impregnado 300 da Figura 3A, a zona livre da matriz 114 pode permitir a comunicação dos gases 302A, 302C entre qualquer combinação de duas ou mais perfurações 204A e 204B. Por exemplo, uma vez que os gases 302A, 302C entram na perfuração 204A, ao invés de escoar a perfuração 204A para percorrer fora do prepreg perfurado 202, os gases 302A, 302C podem percorrer através da zona livre da matriz 114 para a perfuração 204C antes de percorrer fora do prepreg perfurado 202. Em um outro exemplo, os gases 302A, 302C podem percorrer através de uma ou mais perfurações 204A, 204B para a zona livre da matriz 114, onde os gases 302A, 302C podem percorrer através da zona livre da matriz 114 de modo a escapar do assentamento de prepreg perfurado parcialmente impregnado 300. Beneficamente, a habilidade dos gases 302A, 302C para mover-se entre as perfurações 204A, 204B pode permitir os gases 302A, 302C uma variedade de caminhos a partir do prepreg perfurado 202. Tais caminhos alternativos podem ser benéficos sob circunstâncias em que uma ou mais perfurações 204A, 204B são bloqueadas ou de outro modo impassíveis, visto que os gases 302A, 302C podem ainda percorrer fora dos prepregs perfurados 200, 202 através de outras combinações de perfurações 204A, 204B e da zona livre da matriz 114.

Em certas formas de realização, as perfurações 204A, 204B podem ser introduzidas nos prepregs 100, 108 depois da impregnação da matriz pela aplicação de energia, como ilustrado na Figura 4. A energia pode compreender adicionalmente pelo menos uma de energia mecânica e térmica.

5 Embora os prepregs completamente e parcialmente impregnados 100, 108 sejam debatidos abaixo no contexto de introduzir perfurações 204A, 204B, pode ser entendido que perfurações também podem ser introduzidas em prepregs perfurados completamente impregnados 200 e prepregs perfurados parcialmente impregnados 202. Além disso, as perfurações 204A, 204B
10 podem ser introduzidas em assentamentos tendo qualquer combinação de prepregs completamente impregnados 100, prepregs parcialmente impregnados 102, prepregs perfurados completamente impregnados 200 e prepregs perfurados parcialmente impregnados 202.

15 Em certas formas de realização, o processo de perfuração pode quebrar várias fibras no preprep. Em certas formas de realização, as perfurações 204A, 204B são introduzidas tal que as propriedades mecânicas tais como resistência à tração, módulo de tensão, e força de compressão de compósitos formados a partir de preprep perfurados 200, 202 são reduzidas em menos do que 10 %, menos do que 5 %, e/ou menos do que 1 %, quando
20 comparado a um compósito fabricado a partir de preprep comparáveis sem perfurações.

25 Em uma forma de realização, energia mecânica pode ser aplicada através do uso de uma ferramenta perfurante 400 tendo uma ou mais protruções 402, tal como um rolo de pinos. Em uma forma de realização a ferramenta perfurante 400 pode ser um rolo de pinos contendo uma pluralidade de pinos cada pino sendo de cerca de 100 μm de altura a cerca de 5 cm de altura ou mais, mais preferivelmente cerca de 1 mm a cerca de 25 mm, como é necessário para penetrar o preprep até a profundidade desejada. Cada pino pode ser de qualquer forma variada tal como cônica, trapezoidal,

chanfrada, etc. com um diâmetro médio de cerca de 1 μm a cerca de 10 mm, mais preferivelmente cerca de 500 μm a 1500 μm na superfície do prepreg quando penetrado no prepreg. A pluralidade de pinos pode ser da mesma altura e diâmetro ou diferente. Os pinos são preferivelmente terminados em 5 uma ponta afiada, mas podem ser terminados por uma ponta que é cega, chanfrada arredondada ou outra forma desejada. As protruções 402 da ferramenta perfurante 400 podem perfurar os prepregs 100, 108, através de pelo menos uma porção de sua espessura de modo a introduzir as perfurações 204A, 204B. As protruções 402 podem ser configuradas ainda em torno do 10 tamanho, densidade, e/ou padrão desejados para as perfurações 204A, 204B. Em formas de realização alternativas, uma pluralidade de ferramentas perfurantes 400 pode ser utilizada de modo a obter a configuração desejada das perfurações 204A, 204B.

Em uma outra forma de realização, energia mecânica pode ser 15 aplicada aos prepregs 100, 108 através do uso de um dispositivo de ultrassom 406 capaz de emitir ondas de ultrassom 410. As ondas de ultrassom 410 compreendem ondas de pressão tendo uma frequência dentro da faixa ultrassônica. Na entrada do prepreg 100, 108, as ondas de pressão podem fazer com que a matriz 102 frature, gerando as penetrações 204A, 204B. A 20 formação das penetrações 204A, 204B por ondas de ultrassom 410 também pode ser facilitada resfriando-se os prepregs 100, 108 de modo a reduzir a energia necessária para fraturar a matriz 102. Em uma outra forma de realização, manipulação mecânica é aplicada aos prepregs resfriados para formar poros ou perfurações.

25 Em um outro exemplo, energia térmica pode ser aplicada através do uso de um laser 404. Um feixe 412 do laser 404 é configurado para queimar uma perfuração 204A, 204B de profundidade selecionada através dos prepregs 100, 108. A área em seção transversal do feixe 412 pode ser aproximadamente igual à área em seção transversal da perfuração desejada

204.

As perfurações formadas podem ser de qualquer diâmetro por tamanho suficiente para o escape dos gases do prepreg perfurado ou assentamento de prepreg perfurado. Por exemplo, o diâmetro médio de cada perfuração pode ser de cerca de 1 μm , ou menos, a cerca de 5000 μm , ou mais, e preferivelmente cerca de 50 μm a cerca de 500 μm , dependendo da densidade das perfurações e outros fatores tal que a pluralidade de perfurações permite o escape suficiente de gases. Em outras formas de realização, a distribuição das perfurações 204 pode ser selecionada de modo a permitir que os gases 302A, 302B, 302C escapem dos prepgs perfurados 200, 202, como ilustrado nas vistas de cima para baixo das Figuras 5A a 5B. Por exemplo, as perfurações 204 podem ser distribuídas aproximadamente sobre o volume inteiro dos prepgs perfurados 200, 202. A distribuição pode ser aleatória, como ilustrado na Figura 5A, ou aproximadamente uniforme, como ilustrado na Figura 5B. Em uma forma de realização, as perfurações 204 podem estar presentes em uma densidade média maior do que cerca de uma perfuração por 20 cm quadrados até tanto quanto necessário para permitir o escape suficiente dos gases dependendo do diâmetro da perfuração. Em um outro exemplo, as perfurações 204 podem ser distribuídas em um padrão selecionado. Adicionalmente, as perfurações 204 podem ser separadas por uma distância selecionada (por exemplo, distância de borda a borda, distância do centro a centro, e semelhantes), tal como cerca de 0,01 a 100 mm. Vantajosamente, distribuindo-se as perfurações 204 dentro do volume inteiro dos prepgs perfurados 200, 202, os gases 302A, 302B, 302C podem escapar por todo o volume dos prepgs perfurados 200, 202, inibindo o desenvolvimento de regiões de porosidade não homogênea. Pode ser entendido, entretanto, que em formas de realização alternativas, as perfurações 204A, 204B podem ser introduzidas em uma porção selecionada dos prepgs 100, 108, ao invés de através de substancialmente o volume

inteiro dos prepregs 100, 108.

Em outras formas de realização, a viscosidade da matriz 102 pode ser configurada de modo a permitir que as perfurações 204 permaneçam dimensionalmente estáveis. Beneficamente, a estabilidade dimensional das 5 perfurações 204 pode permitir o manejo dos prepregs perfurados 200, 202 durante a fabricação, armazenamento, e uso, sem precauções excessivas. As perfurações formadas são completamente ou substancialmente destituídas de fibras de carbono assim como resina de matriz.

Em uma outra forma de realização, a viscosidade da matriz 10 102 pode ser configurada para escoar e preencher os espaços vazios dentro de e entre os prepregs perfurados 200, 202 durante a consolidação. Por exemplo, em uma forma de realização, a viscosidade da matriz 102 pode ser configurada para escoar e preencher os espaços vazios na aplicação de calor, sem pressão externa. Em outras formas de realização, a viscosidade da matriz 15 102 pode ser configurada para escoar e preencher os espaços vazios na aplicação de calor e pressão externa e/ou vácuo. Beneficamente, permitindo-se que as perfurações 204A, 204B e outros espaços vazios sejam preenchidos durante a consolidação, as perfurações 204A, 204B e outros espaços vazios podem ser configurados de modo a não contribuir para a porosidade do 20 compósito resultante.

Em outras formas de realização, prepregs perfurados 200, 202 podem ser configurados para exibir níveis variados de adesão. Vantajosamente, prepregs perfurados 200, 202 exibindo um nível relativamente alto de adesão podem ser adequados para a fabricação de partes 25 compósitas complexas, visto que eles podem ser posicionados em raios relativamente estreitos.

A Figura 6 ilustra uma forma de realização de um sistema 600 para a consolidação e cura de prepregs perfurados 200, 202. Em certas formas de realização, os prepregs perfurados 200, 202 são configurados como lâmina

que são designados a serem empilhados juntos em uma orientação selecionada ou assentamento 602, consolidados, e curados para formar uma parte compósita. Por exemplo, em prepregs perfurados 200, 202 tendo orientações unidireccionais da fibra 104, as fibras 104 podem ser orientadas em 0°, 90°, ou 5 um ângulo θ selecionado com respeito à maior dimensão do pre preg 100, 108. Prepregs perfurados 200, 202 tendo qualquer combinação de orientações podem ser combinados para formar o assentamento 602. Similarmente, assentamentos 602 podem ser gerados para prepregs perfurados 200, 202 tendo outras arquiteturas de fibra.

10 O assentamento 602 pode compreender adicionalmente materiais colocados entre uma ou mais das camadas de pre preg perfurado dentro do assentamento 602. Em uma forma de realização, um núcleo central compreendendo madeira, espuma, favo de mel, ou outros materiais estruturais pode ser deste modo colocado. Alternativa ou adicionalmente, camadas 15 duplicadoras podem ser colocadas entre as camadas de pre preg perfurado de modo a criar regiões de reforço alongadas. Além disso, tecidos para forro de peso leve não impregnados, ou parcialmente impregnados, tais como fibra de vidro, carbono, material termoplástico ou outros materiais tecidos ou não tecidos, por exemplo, como descrito na Publicação de Patente U.S. Nº 20 2005/0255766, podem ser introduzidos dentro do assentamento 602 em localidades selecionadas de modo a facilitar a remoção de gases 302A, 302B, 302C ou a aumentar propriedades mecânicas tais como tolerância ao dano.

25 Em outras formas de realização, uma película de resina contínua ou descontínua tendo uma viscosidade mais baixa do que a resina de matriz pode ser adicionada ao pre preg 200/202 e/ou assentamento 602 de modo a melhorar a adesão. A adição de uma tal película de resina ao assentamento 602 pode facilitar a preparação do pre preg 200/202 e assentamento 602, especialmente sob circunstâncias onde a matriz dos prepregs 200, 202 compreende aditivos, tais como partículas, ou tecidos para

forro. A película de resina podem ser, e é preferivelmente, perfurada.

Em formas de realização do assentamento 602 que incorpora estruturas de núcleo, um material adesivo também pode ser utilizado de modo a ligar o núcleo ao material de prepreg durante a cura dos prepregs. Visto que estruturas centrais de núcleo aberto, tais como estruturas em favo de mel, podem conter uma quantidade significante de gases, a camada de adesivo também pode ser perfurada ou reticulada de modo a facilitar a remoção dos gases. Em formas de realização adicionais, as perfurações 204A, 204B podem ser introduzidas através dos prepregs 100, 102A, camadas de adesivo, e 10 camadas de núcleo de modo a fornecer um caminho substancialmente desobstruído para os gases 302A, 302B, 302C a serem removidos.

O assentamento 602 pode ser colocado em contato com uma ferramenta 604 que fornece uma forma padrão para os prepregs perfurados 200, 202 para adotar durante a consolidação e cura. Por exemplo, a 15 ferramenta 604 pode compreender uma superfície relativamente planar, superfícies curvadas, e combinações das mesmas. Em uma forma de realização, uma segunda ferramenta pode estar localizada oposta à ferramenta 604 de modo a moldar a face do assentamento 602 adjacente à segunda ferramenta. Uma força pode ser aplicada à ferramenta 604 e à segunda 20 ferramenta para consolidar os prepregs perfurados 200, 202 e aquecida para curar os prepregs perfurados 200, 202 em um sistema de cura por pressão. Um envelope de vácuo 610 é opcional para um tal sistema de cura por pressão. Para inibir o fluxo da matriz 102 para fora do assentamento 602, ou para melhorar o fluxo de gás uma ou mais contenções 606 também podem ser 25 colocadas adjacentes às bordas do assentamento 602.

O assentamento 602 e a ferramenta 604 podem ser circundados ainda por um envelope de vácuo 610 com um respiro 612, tal como fibra de vidro não impregnada. Em uma forma de realização, o respiro 612 pode ser posicionado adjacente a pelo menos uma das superfícies horizontais do

assentamento 602 para o respiro da superfície. Em uma outra forma de realização, o respiro 612 pode ser colocado adjacente a uma ou mais bordas do assentamento 602 para respiro da borda. Em outras formas de realização, o respiro 612 pode ser posicionado tanto para o respiro da superfície e borda.

5 Fitas selantes podem ser utilizadas ainda, conforme necessário, para criar um selo a vácuo aproximadamente estreito entre a ferramenta 604 e o envelope de vácuo 610.

Em outras formas de realização, uma película separadora 614 pode ser introduzida entre os prepregs 200, 202 e o respiro 612 em uma ou 10 mais superfícies de modo a facilitar a remoção de compósitos fabricados do sistema 600. Em certas formas de realização, a película separadora 614 pode ser permeável a gás. Em formas de realização alternativas, a película separadora 614 pode ser perfurada. Em formas de realização adicionais, a película separadora 614 pode ser substancialmente impermeável a gás, mas 15 pode permitir que os gases 302A, 302B, 302C percorram para as bordas do assentamento 602 para a remoção.

Vácuo pode ser aplicado ao envelope de vácuo 610 por intermédio do respiro 612, para facilitar a remoção dos gases 302A, 302B, 302C do assentamento 602. O assentamento 602 pode ser aquecido ainda com 20 pressão, tal como dentro de uma autoclave, ou sem pressão, tal como dentro de um forno, de modo a reduzir a viscosidade da matriz 102 e induzir diferenciais de pressão que permitem que matriz 102 escoe. O fluxo da matriz pode preencher áreas evacuadas e deslocar os gases 302A, 302B, 302C do assentamento 602. A matriz 102 pode ainda escoar e entrar nas perfurações 25 204 e outro volume evacuado ou aberto dentro do assentamento quando a viscosidade da matriz 102 for suficientemente baixa de modo a facilitar a consolidação.

Na conclusão da consolidação e cura do assentamento 602, o assentamento 602 forma a parte compósita, que pode possuir uma porosidade

menor do que cerca de 10 % em vol na base do volume total do compósito.

Exemplos

Os seguintes exemplos são fornecidos para demonstrar os benefícios das formas de realização dos prepregs perfurados divulgados. Por exemplo, foi observado que os prepregs perfurados 200, 202 significativamente melhoram a remoção de gases dos assentamentos de preprep perfurados 300, 310, sem respiro da borda, quando comparados aos preprep sem perfurações, e produzem compósitos de porosidade baixa na consolidação e cura. Além disso, os exemplos mostram que a taxa de remoção dos gases 302A, 302B, 302C de dentro de e entre as camadas dos preprep perfurados dentro de um assentamento foi descoberta ser maior do que aquela de preprep comparáveis sem perfurações. Estes exemplos são debatidos para propósitos ilustrativos e não devem ser interpretados para limitar o escopo das formas de realização divulgadas.

Exemplo 1 - Compósitos de fibra de carbono/epóxi fabricados a partir de preprep parcialmente impregnados com condições de saco a vácuo apenas (VBO) em um forno

Três compósitos de fibra de carbono/epóxi, experiências 1, 2, e 3, foram fabricados a partir de preprep parcialmente impregnados circundados dentro de uma vedação por saco a vácuo e submetidos à pressão a vácuo apenas (nenhuma pressão de autoclave). Esta maneira de processamento também é referida como processamento por saco a vácuo apenas (VBO). O uso de respiro ou vedação da borda e a presença e ausência de perfurações foram variados para examinar o efeito de cada sobre a porosidade do compósito. Foi observado que compósitos fabricados a partir de preprep perfurados com bordas vedadas (sem respiro da borda), exibiram porosidade significativamente mais baixa do que compósitos fabricados sob condições substancialmente idênticas a partir de preprep sem perfurações. Além disso, o nível de porosidade de compósitos fabricados a partir de

prepregs perfurados, com bordas vedadas, exibiu aproximadamente o mesmo nível de porosidade como compósitos comparáveis fabricados a partir de prepregs não perfurados com respiro da borda.

Experiência 1- Prepregs não perfurados com respiro da borda

5 O compósito de fibra de carbono/epóxi da Experiência 1 foi fabricado a partir de prepregs unidirecionais compreendendo uma fibra com base em poliacrilonitrila (PAN), Thorne® T40/800 (Cytec Industries, West Paterson, NJ), tendo um peso da fibra por área de cerca de 145 g/m². A matriz, compreendendo resina epóxi CYCOM® 5215 (Cytec Industries, West 10 Paterson, NJ), foi parcialmente impregnada tal que a fração de peso da matriz do prepreg foi aproximadamente 35 % em peso. O prepreg foi cortado em folhas de aproximadamente 30,5 cm x 30,5 cm e aproximadamente 30 destas folhas foram empilhadas em um assentamento (0)₃₀. O assentamento foi 15 ensacado com contenções de silicone tendo fileiras de respiro ao longo das bordas para facilitar o respiro da borda, colocado dentro de um envelope de vácuo, e submetido a um vácuo de aproximadamente 20 mm Hg absoluto durante cerca de 4 horas. Subsequentemente, o assentamento foi curado por aquecimento a uma temperatura de cerca de 82° C durante cerca de 4 horas. O laminado compósito deste modo formado foi seccionado e polido e observado 20 a fim de possuir uma porosidade menor do que cerca de 0,1 % em volume.

Experiência 2 - Prepregs não perfurados com bordas vedadas

O compósito de fibra de carbono/epóxi da Experiência 2 foi fabricado em uma maneira similar à Experiência 1, exceto que o assentamento foi 25 ensacado com todas as bordas vedadas usando fita selante, que substancialmente inibiu o respiro da borda. O laminado compósito deste modo formado foi seccionado e polido e observado a fim de possuir uma porosidade de cerca de 5,5 % em volume.

Experiência 3 - Prepregs perfurados com bordas vedadas

O compósito de fibra de carbono/epóxi da Experiência 3 foi

fabricado em uma maneira similar à Experiência 2, exceto que os prepregs foram mecanicamente perfurados com um rolo de pinos cilindricamente formados, de madeira de cerca de 18" de comprimento e 4" em diâmetro contendo pinos fixos de forma cônica com dimensões de 6 mm de altura e 1 mm de diâmetro na base os quais terminam em uma ponta afiada uniformemente espaçam aproximadamente 6 mm à parte. Os pinos do rolo de pinos penetram em um prepreg uma distância selecionada através da espessura do prepreg para formar perfurações. Quanto maior a distância de penetração, maior o tamanho da perfuração resultante. As perfurações podem variar em tamanho de cerca de 100 μm a cerca de 1 mm em diâmetro conforme desejado, dependendo da densidade das penetrações. Passagens múltiplas do rolo de pinos através de um prepreg aumentarão a densidade das perfurações resultantes conforme desejado enquanto mantendo um tamanho relativamente compatível de cada perfuração fornecem uma densidade de perfuração de aproximadamente 2 perfurações/cm². As perfurações estenderam-se substancialmente através da espessura de cada camada de prepreg resultando na perfuração de cerca de 300 μm em diâmetro e foram introduzidas nos preprepss antes do assentamento. Laminados compósitos deste modo formados foram seccionados e polidos e observados a fim de possuir uma porosidade menor do que cerca de 0,1 % em volume.

20 Exemplo 1 - Resumo

Tabela 1 - Resumo do Exemplo 1

Experiência	Matriz	Fibra	Impregnação parcial	Fração da Matriz (% em peso)	Perfurações	Respiro da Borda	Porosidade (% em volume)
1	Cycom 5215	T40/800	Sim	35	Não	Sim	Menos do que 0,1
2	Cycom 5215	T40/800	Sim	35	Não	Não	5,5
3	Cycom 5215	T40/800	Sim	35	Sim	Não	Menos do que 0,1

Os dados da Tabela 1 mostram que o uso do respiro da borda, quando da fabricação de assentamentos de prepreg não perfurados usando

5 pressão a vácuo apenas, possibilitou uma redução significante na porosidade do compósito, de cerca de 5,5 % em vol a menos do que cerca de 0,1 % em vol.. Foi observado ainda que uma redução similar na porosidade do compósito poderia ser obtida através do uso de prepregs perfurados, sem a necessidade para o respiro da borda.

Exemplo 2 - Compósitos de fibra de carbono/epóxi fabricados a partir de prepregs parcialmente impregnados usando pressão de autoclave e vácuo

10 Três compósitos de fibra de carbono/epóxi, experiências 4, 5, e 6, foram fabricados a partir de prepregs parcialmente impregnados com vácuo e pressão de autoclave. O respiro da borda e a presença e ausência de perfurações foram variados para examinar o efeito de cada sobre a porosidade do compósito. Foi observado que os compósitos fabricados com pressão de autoclave a partir de prepregs perfurados, parcialmente impregnados, sem respiro da borda, exibiram porosidade significativamente mais baixa do que 15 os compósitos fabricados sob condições substancialmente idênticas a partir de prepregs parcialmente impregnados sem perfurações. O nível de porosidade dos compósitos fabricados com pressão de autoclave a partir de prepregs perfurados, sem respiro da borda, exibiu aproximadamente o mesmo nível de porosidade como compósitos comparáveis fabricados a partir de prepregs não perfurados com respiro da borda e substancialmente menos do que um 20 preprep não perfurado sem ruptura da borda.

Experiência 4 - Prepregs não perfurados com respiro da borda

25 O compósito de fibra de carbono/epóxi da Experiência 4 foi fabricado a partir de prepregs unidirecionais compreendendo uma fibra com base em poliacrilonitrila (PAN), HTS (Toho Tenax) tendo um peso da fibra por área de cerca de 190 g/m². A matriz, compreendendo resina epóxi CYCOM® 977-2 (Cytec Industries, West Paterson, NJ), foi parcialmente impregnada tal que a fração de peso do prepreg foi aproximadamente 34 % em peso. Um assentamento que foi de cerca de 50,8 cm x 50,8 cm foi

formado tendo construções de dobra múltipla variando em tamanho entre cerca de 7,6 cm x 7,6 cm a 10,2 cm x 10,2 cm em torno do centro do painel. O assentamento foi configurado com prepregs em uma orientação a 0°/90°, alternada de cerca de 20 dobras com a construção de cerca de um adicional de 5 20 dobras intercaladas dentro das dobras maiores. O assentamento foi configurado ainda tal que uma quantidade grande de ar, aproximadamente 200 cm³ em total foi aprisionada entre as camadas de prepreg próximas à construção. O assentamento foi ensacado com contenções de borda de 10 silicona com fileiras de respiro ao longo da borda tal que as bordas foram fixadas ao respiro. O assentamento foi colocado em um envelope de vácuo e submetido a um vácuo de aproximadamente 20 mm Hg absoluto durante cerca de 4 horas. Subsequentemente, o assentamento foi curado por aquecimento a uma temperatura de cerca de 177° C e aplicação de pressão de cerca de 100 psi durante cerca de 2 horas. O laminado compósito deste modo 15 formado foi seccionado e polido e observado a fim de possuir uma porosidade menor do que cerca de 0,1 % em volume por todo o laminado e nas áreas de construção de dobra e em torno delas.

Experiência 5 - Prepregs não perfurados com bordas vedadas

O compósito de fibra de carbono/epóxi da Experiência 5 foi 20 fabricado em uma maneira similar à Experiência 4, exceto que o assentamento foi ensacado com todas as quatro bordas vedadas com fita selante a vácuo, substancialmente inibindo o respiro da borda. A porosidade do laminado compósito deste modo formado, nas áreas de construção de dobra e em torno 15 delas, foi medida até mais do que cerca de 5 % em volume.

Experiência 6 - Prepregs perfurados com bordas vedadas

O compósito de fibra de carbono/epóxi da Experiência 6 foi fabricado em uma maneira similar à Experiência 5 com todas as quatro bordas 20 vedadas com fita selante a vácuo, exceto que os preprepss foram mecanicamente penetrados com um rolo de pinos para fornecer uma densidade de perfuração de

aproximadamente 2 perfurações/cm² usando o rolo de pinos descrito no Exemplo 1. As perfurações estenderam-se substancialmente através da espessura de cada camada de prepreg antes do assentamento. O laminado compósito deste modo formado foi seccionado e polido e observado a fim de ter porosidade menor do que cerca de 0,1 % em volume por todo o laminado e nas áreas de construção de dobra e em torno delas.

5 Exemplo 2 - Sumário

Tabela 2 - Sumário do Exemplo 2

Experiência	Matriz	Fibra	Impregnação parcial	Fração da Matriz (% em vol)	Perfurações	Bordas Vedadas	Porosidade (% em volume)
4	Cycom 977-2	HTS	Sim	34	Não	Não	Menor do que 0,1
5	Cycom 977-2	HTS	Sim	34	Não	Sim	Maior do que 5
6	Cycom 977-2	HTS	Sim	34	Sim	Sim	Menor do que 0,1

10 Os dados na Tabela 2 de resumo, mostram que o uso de borda respiro quando da fabricação de assentamentos de prepreg não perfurados usando vácuo e pressão de autoclave permite uma redução significante na porosidade do compósito, de cerca de 5 % em vol a menos do que cerca de 0,1 % em vol. Os dados mostram ainda que uma redução similar na porosidade do compósito poderia ser obtida através do uso de prepregs 15 perfurados, sem a necessidade para o respiro da borda.

Exemplo 3 - Compósitos de fibra de carbono/epóxi fabricados a partir de prepregs completamente impregnados com condições de saco a vácuo apenas (VBO) em um forno.

20 Dois compósitos de fibra de carbono/epóxi, experiências 7 e 8, foram fabricados a partir de prepregs substancial e completamente impregnados. Foi observado que, em compósitos fabricados com pressão a vácuo apenas a partir de prepregs perfurados, completamente impregnados, exibem porosidade mais baixa do que compósitos consolidados sob condições substancialmente idênticas a partir de prepregs sem perfurações.

Experiência 7 - Prepregs completamente impregnados não perfurados sem respiro da borda

O compósito de fibra de carbono/epóxi da Experiência 7 foi fabricado a partir de prepregs unidirecionais compreendendo Thormel® T40/800 tendo um peso da fibra por área de cerca de 145 g/m². A matriz, compreendendo resina epóxi CYCOM® 5215, foi substancial e completamente impregnada e a fração de peso da matriz do prepreg foi de aproximadamente 35 % em vol.. O prepreg foi impregnado em uma temperatura de cerca de 105° C, em velocidade de aproximadamente 1 metro/min e usando velocidades lineares mais lentas de modo a permitir que a resina substancial e completamente impregne o prepreg. O prepreg foi cortado em folhas de aproximadamente 30,5 cm x 30,5 cm e aproximadamente 30 destas folhas foram empilhadas em um assentamento (0)₃₀. O assentamento foi ensacado com todas as quatro bordas vedadas com fita selante a vácuo e um separador perfurado por pino revestiu o assentamento de borda vedada. O separador revestido substancialmente inibiu a remoção de gás por respiro da borda e simulou uma parte da fica com fenda muito grande processada com pressão de vácuo apenas. O assentamento ensacado foi colocado dentro de um envelope de vácuo contendo respiros e submetido a um vácuo de aproximadamente 20 mm Hg absoluto durante cerca de 4 horas. Subsequentemente, o assentamento foi curado sob pressão de vácuo apenas por aquecimento a uma temperatura de cerca de 82° C durante cerca de 4 horas. O laminado compósito deste modo formado foi seccionado e polido e observado a fim de possuir uma porosidade de cerca de 5 % em volume.

25 Experiência 8 - Prepregs completamente impregnados perfurados sem respiro da borda

O compósito de fibra de carbono/epóxi da Experiência 8 foi fabricado em uma maneira similar à Experiência 7, exceto que os prepregs foram mecanicamente penetrados com um rolo de pinos para fornecer

aproximadamente 2 perfurações/cm² usando o rolo de pinos descrito no Exemplo 1. As perfurações estenderam-se substancialmente através da espessura de cada camada de prepreg antes do assentamento. O laminado compósito deste modo formado foi polido e observado a fim de possuir uma porosidade de cerca de 0,1 % em volume.

5 **Tabela 3 - Resumo do Exemplo 3**

Experiência	Matriz	Fibra	Impregnação total	Fração da Matriz (% em vol.)	Perfurações	Bordas Vedadas	Porosidade (% em volume)
7	Cycom 5215	Thornel T40/800	Sim	35	Não	Sim	5
8	Cycom 5215	Thornel T40/800	Sim	35	Sim	Sim	0,1

10 Os dados na Tabela 3 de resumo, mostram que submeter assentamentos de prepreg perfurados, completamente impregnados a vácuo durante o processo de fabricação do compósito permitiu uma redução significante na porosidade do compósito, quando comparado com assentamentos de prepreg não perfurados, de cerca de 5 % em vol a cerca de 0,1 % em vol.. Estes resultados mostram que a introdução de perfurações dentro de prepregs substancial e completamente impregnados significativamente realçou a remoção de gases do prepreg. A vedação das 15 bordas foi realizada de modo a simular uma parte grande.

20 Embora a descrição precedente tenha mostrado, descrito, e apontado os novos aspectos fundamentais dos presentes ensinamentos, será entendido que várias omissões, substituições, e mudanças na forma do detalhe do aparelho como ilustrado, assim como os usos do mesmo, podem ser feitas por aqueles habilitados na técnica, sem divergir do escopo dos presentes ensinamentos. Consequentemente, o escopo dos presentes ensinamentos não deve ser limitado ao debate precedente, mas deve ser definido pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para formar uma estrutura compósita reforçada com fibra, caracterizado pelo fato de que compreende:

prover uma pluralidade de prepregs perfurados
5 compreendendo fibras assentadas em um plano, sendo cada um dos ditos prepregs pelo menos parcialmente impregnado com uma resina de matriz, em que as perfurações dos ditos prepregs perfurados se estendem substancialmente perpendiculares ao plano das ditas fibras, e em que pelo menos algumas das perfurações estendem-se por toda a espessura dos
10 prepregs perfurados;

formar um assentamento de prepreg assentando a pluralidade de prepregs perfurados;

consolidar o assentamento de prepreg, aplicando pelo menos um de calor, pressão externa e vácuo ao assentamento de prepreg, para que a
15 resina da matriz flua para preencher as ditas perfurações e para preencher outros espaços vazios dentro e entre os ditos prepregs; e
curar o assentamento de prepreg consolidado.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os ditos prepregs perfurados são prepregs parcialmente
20 impregnados, em que cada prepreg parcialmente impregnado compreende uma zona livre de matriz que é substancialmente livre da dita resina de matriz, e em que perfurações de cada prepreg parcialmente impregnado comunicam com a dita zona livre de matriz.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a viscosidade da resina de matriz é maior do que cerca de
25 1.000.000 cP em torno da temperatura ambiente e, em que aquecimento é aplicado durante dita consolidação para causar a resina de matriz fluir.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos alguma das perfurações são perfurações parciais que

se estendem parcialmente através de uma espessura selecionada dos prepregs perfurados.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a estrutura compósito resultante tem uma porosidade menor do

5 que 10 % em vol na base do volume total do mesmo.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as perfurações são formadas por transmissão da energia a cada pre preg.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo
10 fato de que a energia é transmitida na forma de uma prensa de pinos para perfurar cada pre preg a partir da superfície externa através da espessura do pre preg.

8. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a energia é transmitida na forma de uma onda de pressão
15 ultrassônica.

9. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a energia é transmitida pela aplicação de calor.

10. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que, em média, pelo menos 1 perfuração está presente por 1,0
20 cm² do pre preg.

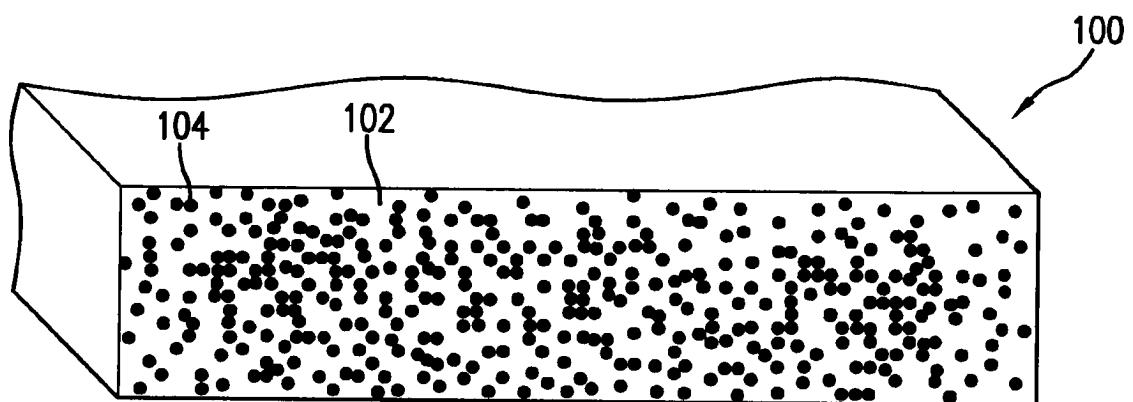


FIG. 1A

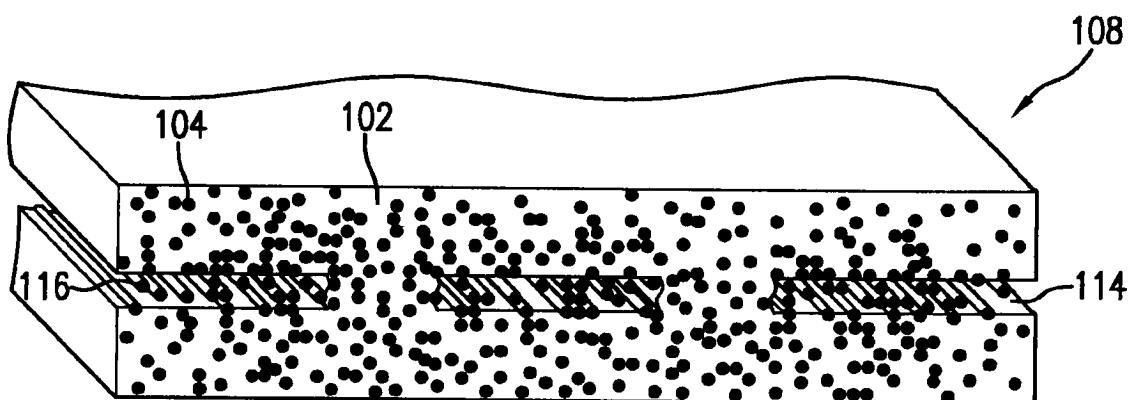


FIG. 1B

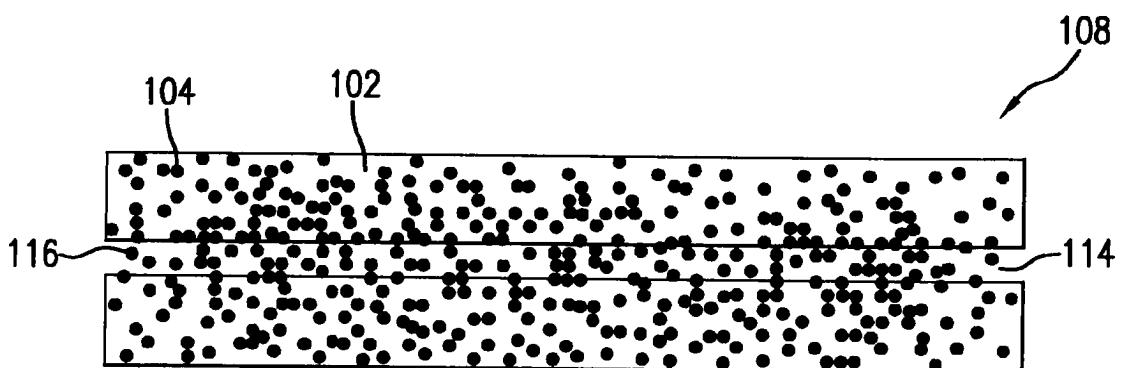


FIG. 1C

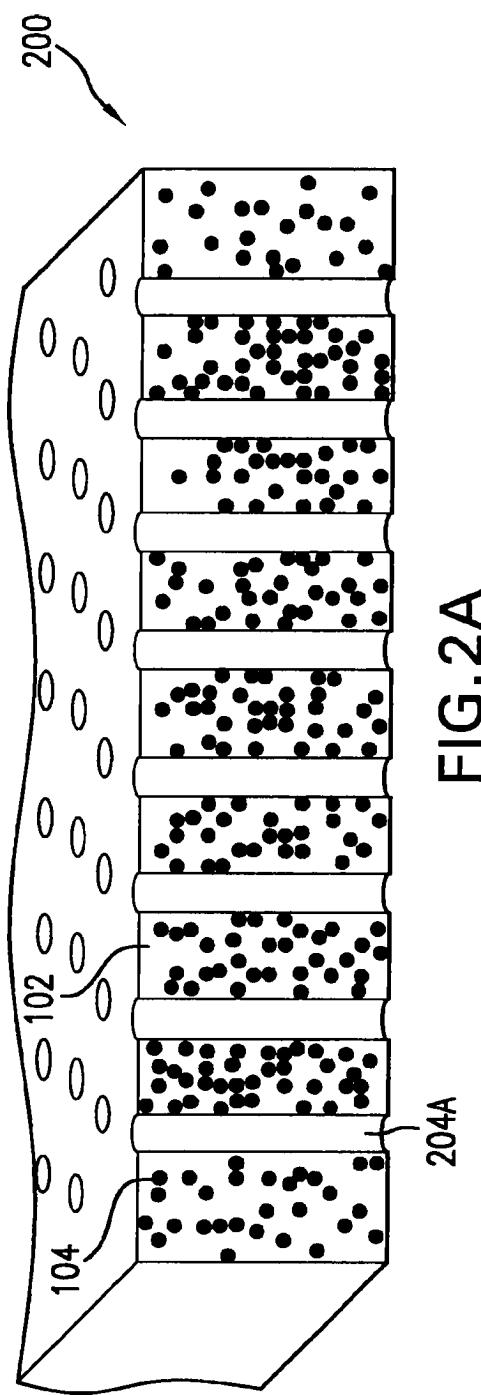


FIG. 2A

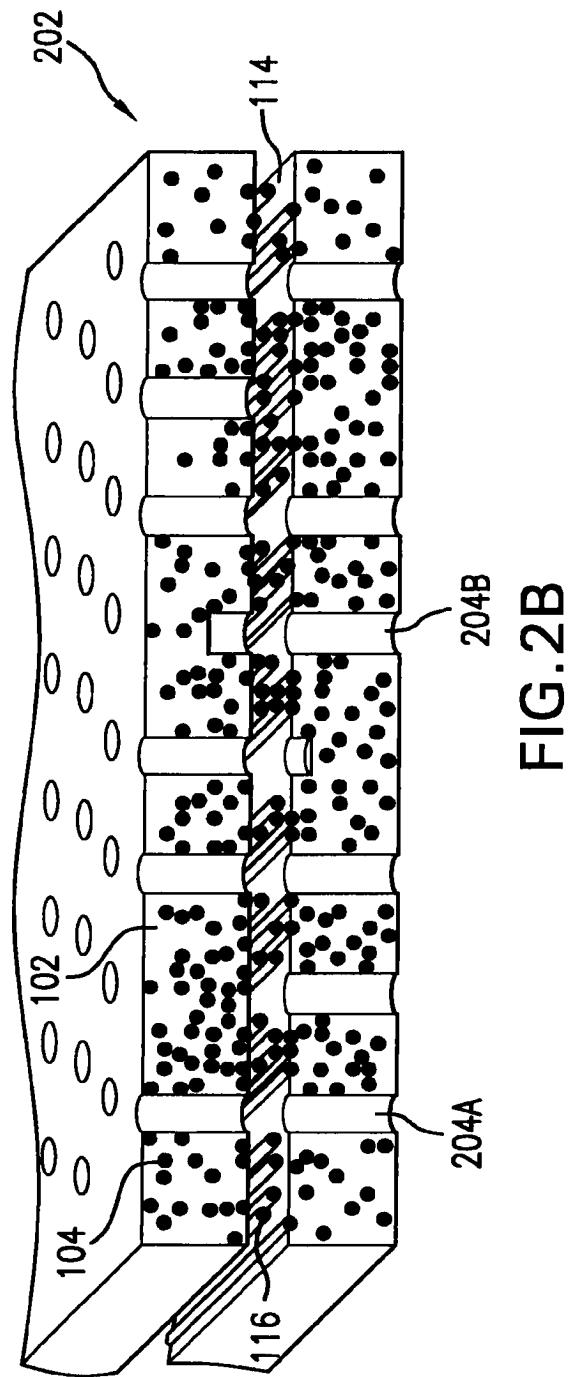


FIG. 2B

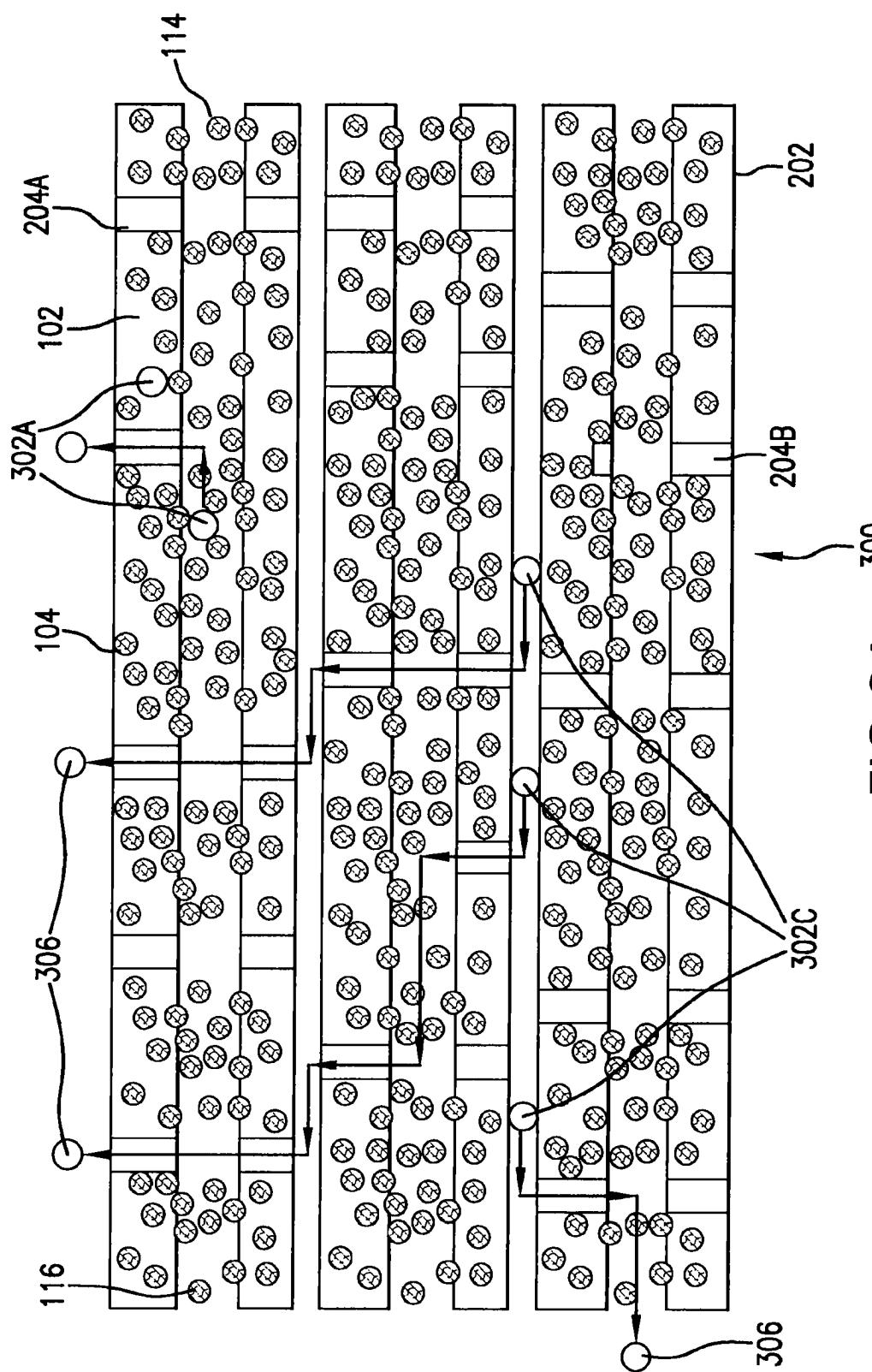
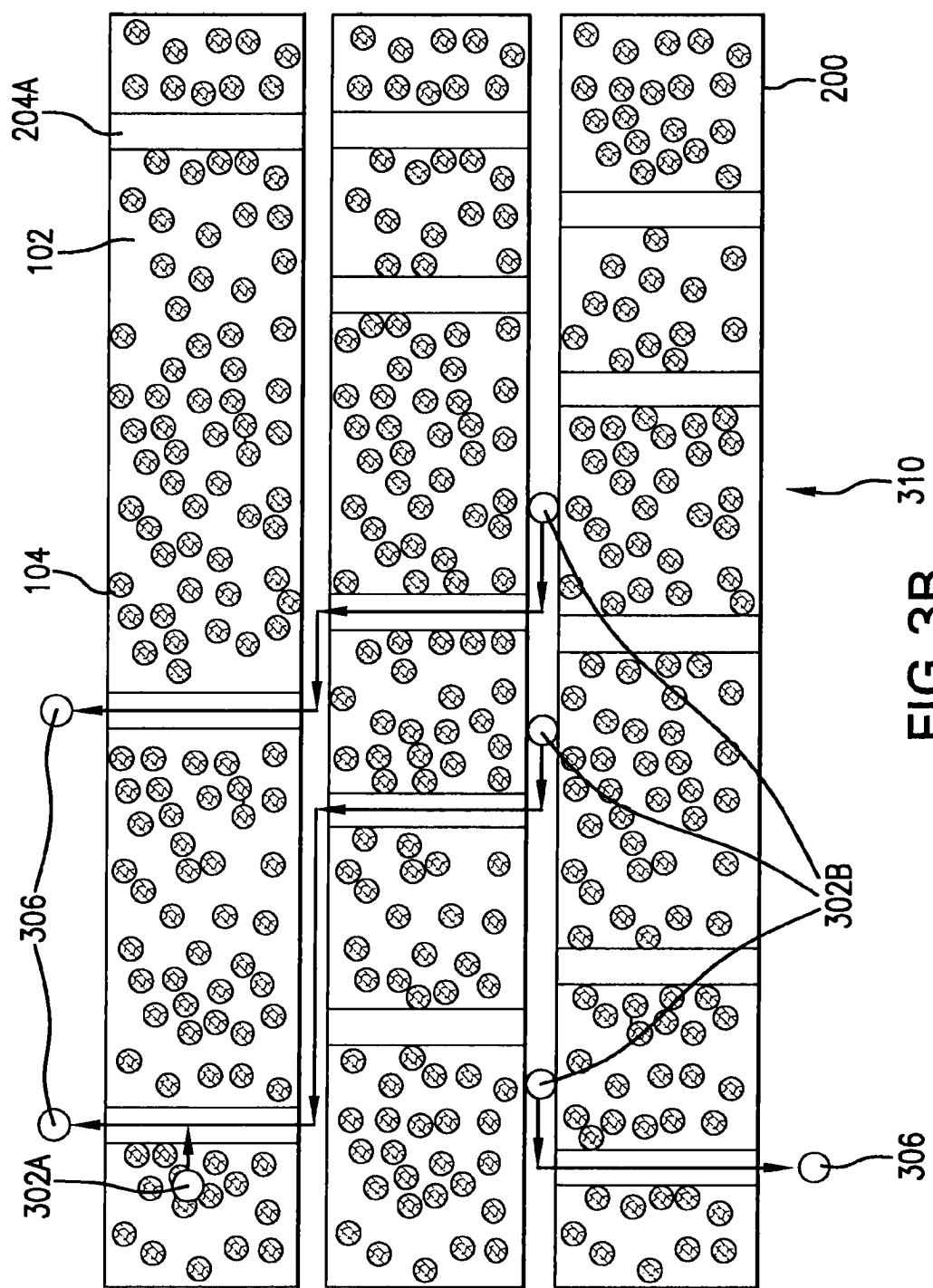


FIG. 3A 300



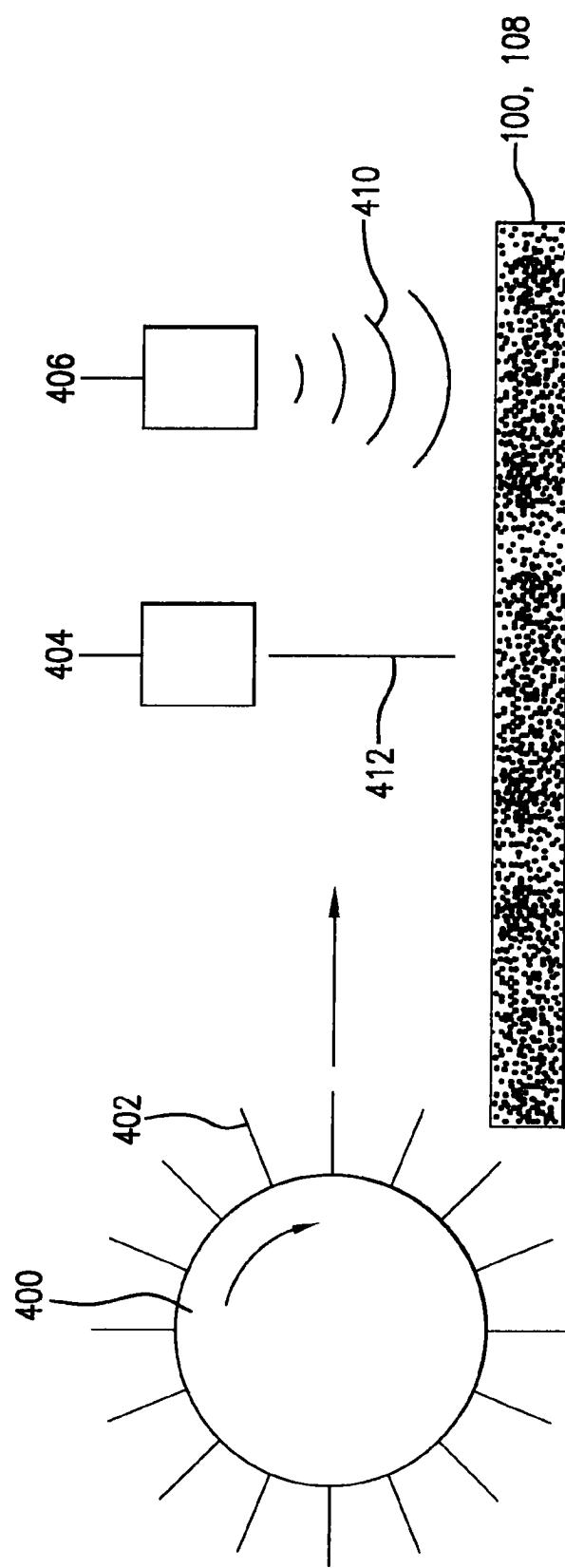


FIG.4

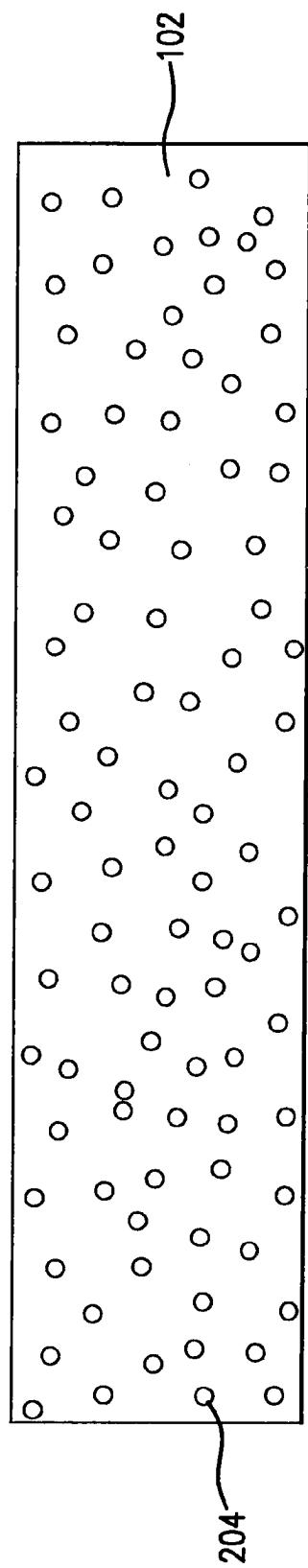


FIG.5A

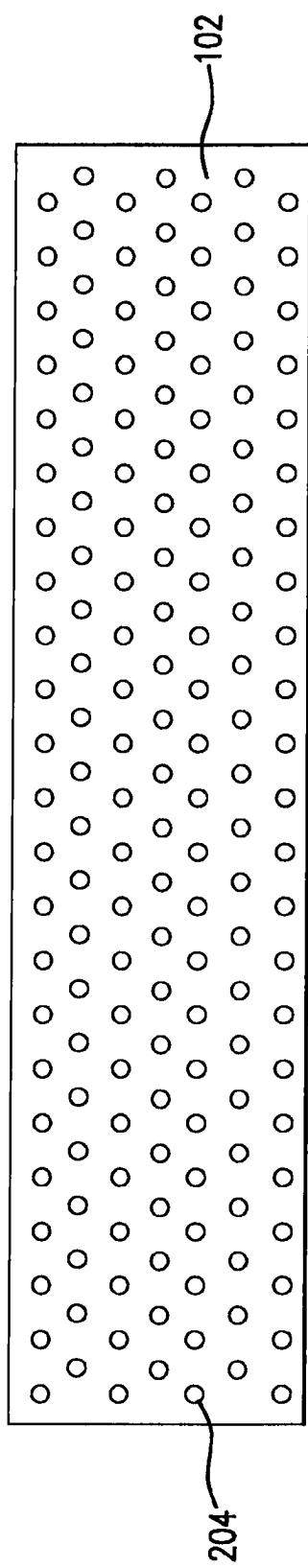


FIG.5B

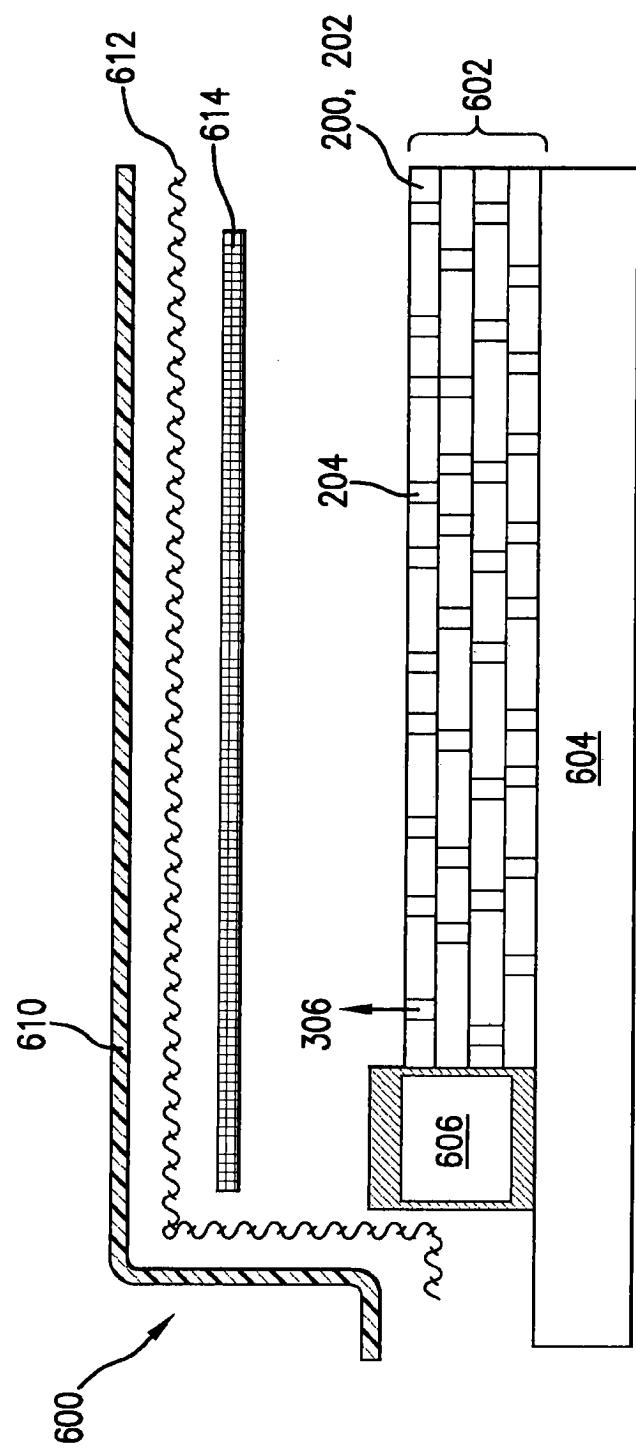


FIG. 6