



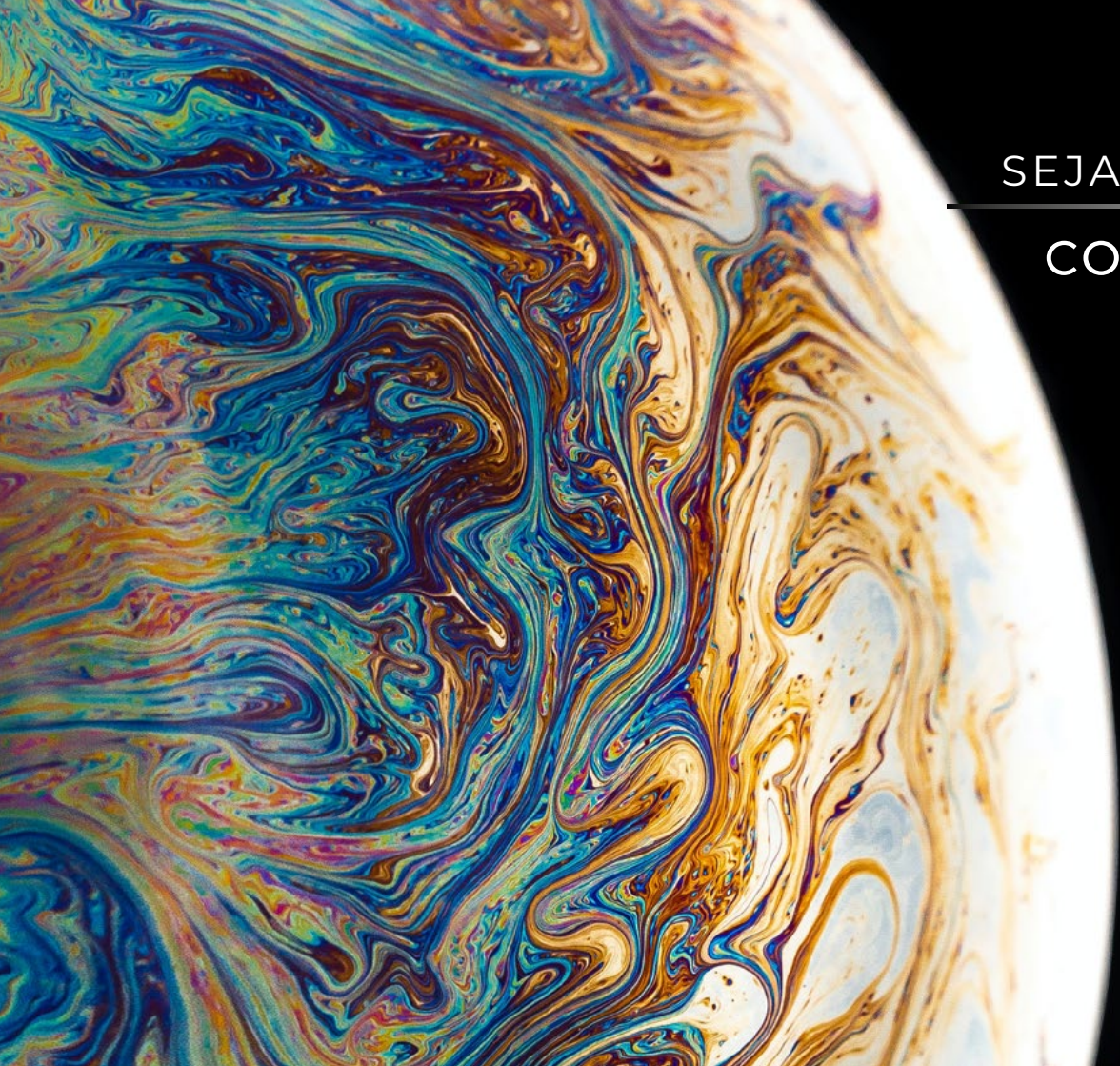
COMPÓSITOS DE AaZ

Gilmar Lima



“Dizer que algo nunca foi feito,
é achar que o mundo termina
na sua porta.”

Gilmar Lima



SEJA BEM-VINDO!

COMPÓSITOS
DE AaZ

2023



PREFÁCIO

Compósitos, material composto, plástico reforçado, “fibra de vidro”, “fibra” são os muitos nomes de uma tecnologia sólida, bem conhecida e que RESOLVE! O simples fato de ser um composto (diversos materiais associados para o melhor resultado) é uma das suas grandes vantagens. O material em si – ao contrário de alumínio, ferro, madeira – pode ser desenhado e otimizado para a finalidade desejada no local de manufatura da peça. É uma pena que isto, às vezes, resulte no seu maior pecado: pode criar complexidade se não for bem definido; dificultar a padronização se não for bem explicado. Gilmar Lima neste bem articulado **Compósitos de A a Z** presta um grande serviço à indústria ao trazer simplicidade, padronização e realidade para a terminologia, enquanto permite espaço para criatividade e possibilidades. Boa leitura!

Márcio Sandri - **OWENS CORNING**
Presidente Compósitos Global

ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DE MATERIAIS COMPOSITOS

JEC GROUP



 **ALMACO**
ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DE MATERIAIS COMPOSITOS

www.jeccomposites.com

O AUTOR

Ingressei no mundo dos Plásticos com 20 anos, quando era estagiário de uma Metalúrgica no Rio Grande do Sul. Estava cursando Engenharia Mecânica e o sonho de quase todo engenheiro era trabalhar na indústria do aço, mas o meu era um pouco diferente. Inclusive, pensei em desistir e tornar-me professor de Educação Física. Entretanto, com a descoberta dos Plásticos de Engenharia, decidi terminar a graduação, focar em minha carreira e conhecimento neste material. Meu irmão mais velho, quando soube da minha escolha, gritou; “Você é maluco e vai sofrer muito”. Pior que acertou, fiquei “um pouco louco” e sofri muito, mas não me arrependo. As informações na época, praticamente não existiam ou eram secretas. Sem “respostas”, saí à procura de conhecimento e bons projetos. Este ano completo 38 anos neste mercado. Durante esse tempo passei por diversas funções e segmentos, em diferentes empresas como TAURUS, HIDROPLAS, MARCOPOLO-MVC. Contribuí 11 anos com a Associação Latino-Americana de Materiais Compósitos (ALMACO) e, atualmente, sou sócio da G12 INNOVATION. Minha carreira foi “moldada” tanto no cuidado e desenvolvimento de pessoas, quanto em criação e inovação. A principal escola que tive foi com os heróis do chão de fábrica e, escrever este manual, é uma forma singela de agradecer e homenageá-los.

INTRODUÇÃO

A criação deste manual, tem como objetivo, proporcionar uma visão ampla, mas ao mesmo tempo simples e prática dos materiais compósitos, principalmente para os **profissionais que estão iniciando neste segmento.**

O autor teve como prioridade transmitir uma linguagem conhecida pela Indústria de Transformação dos Compósitos, inclusive, alguns nomes foram criados e “batizados” no chão de fábrica. Outro objetivo deste manual é explicar o “que é” e “o porquê” da escolha dos materiais, processos, produtos e aplicações. O **Compósitos de A a Z** conecta e compartilha conhecimento de anos de experiência e vivência de um engenheiro mecânico, apaixonado pelos materiais compósitos. Este exemplar pode ser considerado uma ferramenta de consulta extremamente útil para todos os profissionais que, direta ou indiretamente, trabalham com este material fantástico.



Acelerador

Utilizado em conjunto com **peróxido orgânico (PMEK)**, tem o objetivo de aumentar a velocidade de quebra do peróxido em radicais livres, acelerando a cura e a interligação do poliéster, principalmente em baixas temperaturas. Os mais comuns são os aceleradores de **Cobalto, DMA** e **DMAA**.

Absorvedor UV

O absorvedor é utilizado para aumentar a vida útil das peças de compósitos e evitar que exista alteração significativa de cor em peças com Gel de acabamento.

Adicionado às resinas e ao Gel Coat, o TINUVIM é um dos mais utilizados.

Ácido Insaturado

Matéria-prima básica da formulação de uma resina poliéster.

Os mais utilizados são o ácido maleico e o ácido fumárico.

Ácido Saturado

Matéria-prima básica da resina poliéster.

Os ácidos saturados mais utilizados são o ortoftálico, isoftálico e tereftálico, gerando três classes de resinas: ortoftálicas, isoftálicas e tereftálicas. A variedade de resinas e possibilidades de formulações é muito alta, por isto, a necessidade de consultar o boletim e datasheet de cada resina. Esta matéria está ligada diretamente ao desempenho mecânico, químico e de acabamento superficial do material compósito. Por isto, é muito importante entender os requisitos de aplicação e uso para definir a matéria-prima mais adequada. Existe a possibilidade de criar blendas de resinas com estas bases.



Adesivo Estrutural

É a interface de colagem entre dois materiais, sobre a qual a necessidade de carga mecânica para ruptura da união é igual, ou superior à resistência dos próprios materiais que estão sendo colados.

Os adesivos estruturais são escolhidos pelo poder que possuem de manter unidas duas superfícies. São geralmente materiais que conferem alta resistência aos esforços de cisalhamento e ruptura. Os mais utilizados são os adesivos acrílicos, epóxi e poliuretano.

Aditivo

Materiais utilizados em pequenas proporções para melhorar e facilitar o processamento e desempenho do produto, principalmente de acabamento superficial. São utilizados nas resinas, massas e Gel Coats. Alguns exemplos são:

- **Aditivos umectantes e dispersantes:** Permitem a utilização de carga sem gerar flocculação, partículas secas, sedimentação, viscosidade elevada, alterações de coloração e pouco brilho.
- **Aditivos desaerantes e antiespumantes:** Diminuem bolhas e espumas que prejudicam a resistência química, mecânica e acabamento superficial.
- **Aditivos nivelantes e umectantes:** Reduzem a tensão superficial do Gel Coat para evitar crateras (abertura do Gel Coat após aplicação) e também em resinas utilizadas no processo de laminação contínua ou em SMC (durante a fabricação da pasta).
- **Aditivos supressores de emissão de estireno:** Evitam a emissão alta de gases em processos de moldes abertos como por exemplo a laminação manual (Hand-lay-up e Spray-up).

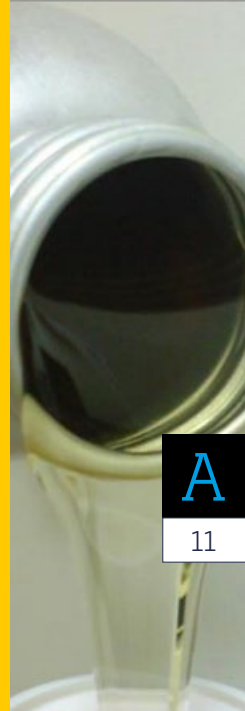
Agente Desmoldante

Material aplicado no molde, em processos em compósitos para facilitar a desmoldagem da peça.

Existem os desmoldantes convencionais (precisam ser reaplicados a cada ciclo de moldagem), internos (entram como componentes na formulação da resina) e semipermanentes (permitem vários ciclos de moldagem com uma única aplicação).

Agente Tixotrópico

São aditivos que previnem o escorrimento em superfícies verticais da resina e principalmente no Gel Coat. Diversos produtos são utilizados, como a sílica, argila e produtos formulados com ureia modificada. Os mais utilizados são: **AEROSIL** e **CABOSIL** (nomes comerciais).



Alongamento à Ruptura (Desempenho)

Indica a deformação máxima, em relação à dimensão original que pode suportar um material submetido a um esforço constante sem chegar a se romper.

Nos compósitos esta propriedade é muito importante no produto, principalmente em peças com esforços constantes, como por exemplo: um barco, capô de caminhão, dormentes de ferrovias, peças para parques aquáticos, para-choques, pás eólicas etc. Da resina que será usada em um compósito, precisamos conhecer esta propriedade para avaliar a necessidade de utilização de blendas de resinas mais flexíveis, plastificantes ou mesmo a substituição desta resina por outra com alongamento superior.

Autoextinguível (Desempenho)

Este termo no segmento de compósitos é geralmente utilizado para resinas autoextinguíveis.

As resinas são formuladas com substâncias, aditivos e cargas que reduzem a velocidade de propagação da chama, extinguindo a mesma quando a fonte de calor for retirada. Há muitos anos em função de normalização em relação ao fogo, exige-se também que as resinas possuam baixa emissão de fumaça. Segmentos que mais utilizam estas resinas são de transporte (trens e aviões) e construção civil.



Blenda

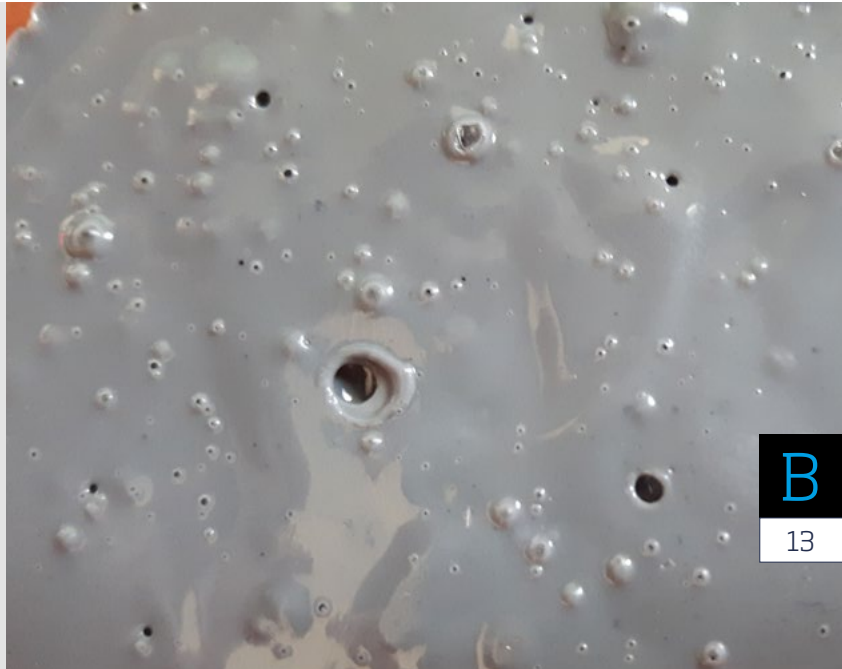
É a possibilidade de formulações combinando materiais. Um exemplo são os catalisadores, com as blendas de PMEK e AAP para uma cura mais rápida, diminuindo o tempo de desmoldagem, principalmente em dias mais frios. Outro exemplo é a combinação de resinas para o produto e fabricação de Gel Coat com o objetivo de melhorar o desempenho, sem perder a competitividade.

Blister (Defeito)

Pequenas bolhas ou empolamento que surgem no produto (laminado) ou Gel Coat.

BMC (Processo)

Bulk Molding Compound (BMC) é um composto para moldagem de uma massa. Esta massa é formada tipicamente com resina poliéster, éster-vinílica e epóxi. Utilizam-se nas formulações — fibras de vidro picadas, cargas minerais e aditivos. Sua moldagem pode ser por compressão, transferência ou injeção. Processo de ciclo curto, econômico e muito utilizado pela indústria eletroeletrônica.



Bolhas de Ar (Defeito)

Geralmente aparece durante o processo, produto pronto ou mesmo no uso quando submetido ao calor.

As bolhas podem estar entre as camadas ou entre o Gel Coat e a primeira camada do laminado.

Bromo:

Adicionado à resina para retardar ou eliminar a flamabilidade.

Cabeça de Alfinete (Defeito)

Aparecem no Gel Coat como pequenas depressões ou falhas superficiais (como se o filme do Gel Coat fosse furado por uma agulha ou alfinete).

Carga Mineral

Utilizadas para aumentar a estabilidade térmica e dimensional, diminuir pico exotérmico e contração, aumentar o desempenho mecânico, a resistência ao fogo e reduzir custos.

As cargas mais utilizadas são: carbonatos de cálcio, sílica, talco e alumina. Importante controlar a umidade antes da mistura na resina, massas ou Gel Coat e avaliar a proporção máxima para cada aplicação. A carga mineral aumenta a viscosidade e, com isto, dificulta os processos de injeção, aumentando a pressão e prejudicando o fluxo. Por isto, é muito importante avaliar as formulações corretas e utilizar materiais que possam minimizar esta característica.

Casca de Laranja (Defeito)

Aparece no Gel Coat, na superfície da peça. Em peças de gel acabado e de alto brilho, este defeito torna-se mais evidente. As causas são várias, incluindo formulações inadequadas, altas temperaturas no processo, excesso de contração e descontrole da aplicação da camada de Gel Coat.



Catalisador (Peróxidos)

Os catalisadores e aceleradores são os principais componentes para cura das resinas e Gel Coat.

Os peróxidos são os catalisadores mais utilizados nos processos de compósitos. Eles agem como iniciadores da reação e definem o ciclo de cura e conseqüentemente o ciclo produtivo. Os mais comuns são: PMEK (peróxido de metil-etil-cetona), PBO (peróxido de dibenzoíla), AAP (peróxido de acetil-acetona) e TBPB (perbenzoato de terc butila). O PMEK é o catalisador mais utilizado em vários processos e sua recomendação de uso é de 1 a 2%.

Centrifugação (Processo)

Processo de transformação de compósitos, utilizado para produção de tanques e tubos.

As matérias-primas (resinas e fibras de vidro) são aplicadas no interior do molde, que através da força centrífuga formam a peça.

Cera Desmoldante

Aplicada no molde para facilitar a desmoldagem da peça.

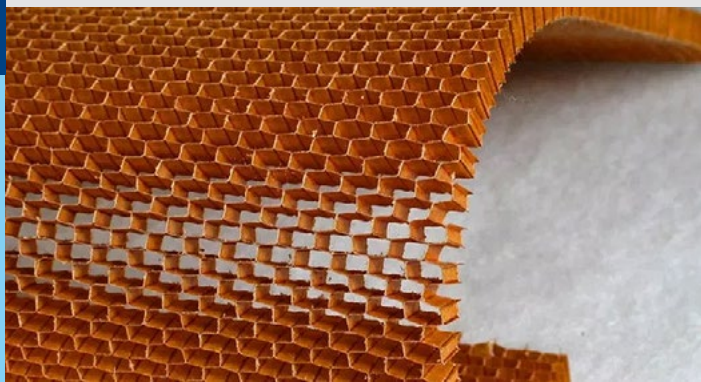
Depois da criação do desmoldante semipermanente, a cera perdeu espaço.

Cisalhamento (Desempenho)

Tensão de cisalhamento ou tangencial é a tensão resultante de forças aplicadas em sentidos opostos. Os principais núcleos usados em estruturas sanduíches em compósitos possuem alta resistência à tensão de cisalhamento.

Colmeia (Núcleo)

Material usado como núcleo em estrutura sanduíche. Podem ser utilizados materiais como papel, alumínio ou plásticos de engenharia, reforçados ou não. Aumenta a rigidez, melhora o isolamento termoacústico e proporciona um produto extremamente leve.





C

16

Compósito

A integração de materiais combinados (formulados) gera um produto com desempenho superior às respectivas propriedades individuais.

Como exemplo, temos os polímeros reforçados (resinas sintéticas e vegetais) com fibra de vidro, carbono, aramida, cargas especiais e fibras naturais.

Compressão (Processo)

Varição do RTM, a compressão dispensa a injeção, podendo ser feita com auxílio do vácuo ou não.

Pode-se utilizar molde simples, com baixa ou alta pressão. As "queixeiras" dos capacetes de motociclistas, no passado, eram feitas com compressão simples e, praticamente, sem pressão.

Contração (Dimensional e Superfície)

A contração nos compósitos, se não for controlada ou conhecida, afeta o dimensional (montagem) e acabamento superficial (empenamentos, retratação do polímero e reforços).

Coremat (Núcleo)

Material criado pela empresa holandesa

Lantor. É um material não-tecido, composto de fibras de poliéster e microesfera de vidro. Utilizado como material similar ao conceito da estrutura sanduíche. Sua função é aumentar a rigidez e reduzir o peso em peças muito espessas de compósitos. Existem diferentes espessuras e composições para os processos de fabricação como o **SORIC** (nome comercial) o **RTM** e **Infusão**.





C

18

Cura (Polimerização)

A cura é um processo evolutivo que compreende três fases: líquido, gelatinoso e sólido.

Esta é uma parte do processo dos compósitos que precisa de um cuidado redobrado, pois existem muitas variáveis como a reatividade da resina, excesso de monômero de estireno, uso de solventes, qualidade e volume correto dos catalisadores, aceleradores, temperatura e umidade do “chão de fábrica”. Antes da utilização dos materiais e formulações, é fundamental que eles sejam testados (curva exotérmica – tempo de gel, intervalo e pico exotérmico), garantindo as melhores condições de processo (parâmetros) e cura perfeita do produto. A cura adequada é “vital” para o desempenho máximo do produto. Os equipamentos e testes de aprovação dos materiais, formulações, processo e final (pontos de controle), não possuem custos elevados, precisando apenas de especificações, laudos e procedimentos, alinhados com os fornecedores e profissionais internos treinados e qualificados.

Curva Exotérmica

Como já falado anteriormente a curva exotérmica é fundamental para termos um produto com seu melhor desempenho.

A curva é obtida com testes simples (balança de precisão, copo, cronômetro e termômetro). A curva é definida por meio de uma representação gráfica que nos informa, de maneira simples, a reatividade da resina e do Gel Coat. A curva exotérmica consiste em medir o tempo de gel, intervalo de reação e pico exotérmico.



Delaminação (Defeito)

É a desagregação ou descolamento entre as camadas de um laminado, ou entre o Gel Coat e a primeira camada do laminado. Existem vários fatores que podem ocasionar este defeito como laminação de camada de tecidos de vidro em sequência, a perda de tempo de “toque” do Gel Coat ou da resina entre as camadas.

Desmoldante Interno

É misturado na resina e migra para a superfície pelo calor (reação exotérmica da resina ou molde aquecido), facilitando a desmoldagem. São baseados em estearatos e óleos.

Desmoldante Semipermanente

O desmoldante semipermanente é aplicado no molde com procedimentos importantes definidos pelo fornecedor e, quando seguidos e bem aplicados, permite múltiplas desmoldagens. Os desmoldantes semipermanentes são à base de resinas reticuláveis.

Dióxido de Titânio

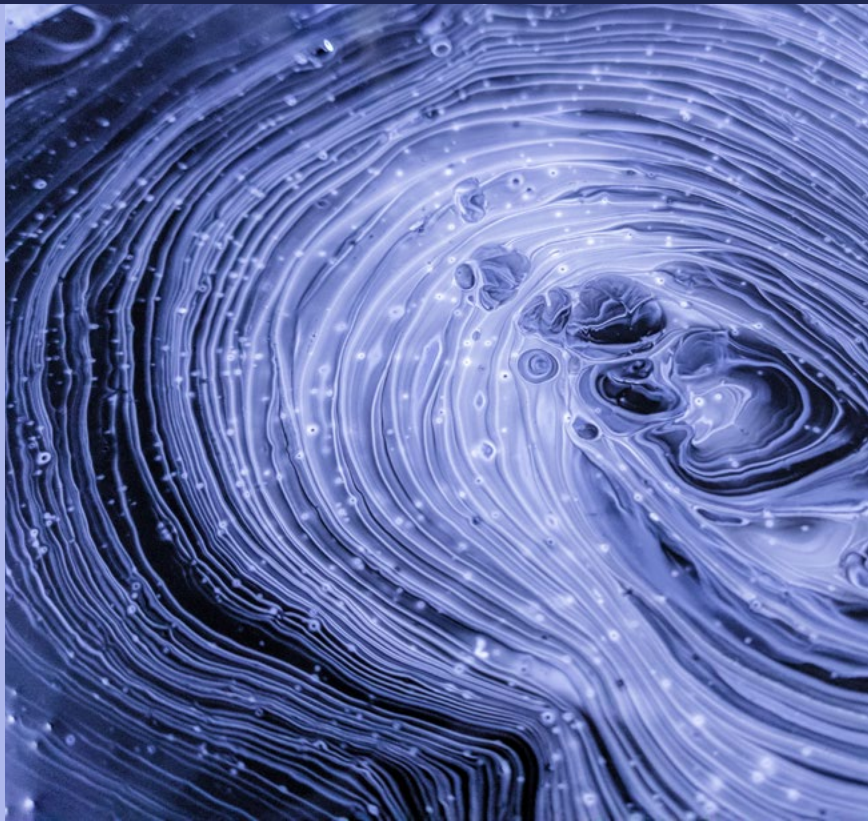
Pigmento utilizado na formulação do Gel Coat branco de 8 a 12%.

Além de pigmentar, auxilia na melhora, na cobertura, na resistência mecânica do filme e na absorção do calor da reação.

Dureza Barcol (Desempenho)

O Durômetro Barcol é um equipamento essencial para os fabricantes de matéria-prima e transformadores.

Define a dureza BARCOL do laminado e Gel Coat, e permite comparar o desempenho alcançado do produto em um determinado espaço de tempo, especificado no boletim técnico ou laudo de análise do valor especificado da resina base. Com este dado, podemos avaliar se os materiais, catalização e processos, foram realizados corretamente, gerando uma cura completa. Relembrando que uma cura inadequada resulta em um produto de desempenho incerto, podendo provocar problemas de quebra no transporte, em caso de montagem no cliente final e até no campo de utilização.





Enrolamento Filamentar (Filament Winding) (processo)

Processo utilizado para fabricação de tubos, postes e tanques.

Um processo que permite produzir peças de forma automatizada com alto teor de vidro e, conseqüentemente, alto desempenho. Em função da criação dos postes em compósitos para redes elétricas e de telefonia, este processo cresceu muito nos últimos anos.

Estrutura Sanduíche

A estrutura sanduíche tem como principal objetivo permitir criar peças que necessitam de altas espessuras em função da necessidade de rigidez, baixo peso, desempenho de tração, compressão, cisalhamento, térmico e/ou acústico combinados.

São exemplos de estrutura sanduíche: barcos, aviões, caminhões frigoríficos, paredes e tetos para construção civil.

ETMP (Documento)

Especificação Técnica da Matéria-Prima a ser adquirida por um transformador.

Deve estar adequada com os parâmetros de processo e requisitos do produto. Este documento é enviado ao fornecedor e deve ser a base e diretriz principal para desenvolvimento e fornecimento da matéria-prima solicitada. O material deve vir com laudo de análises que atenda em 100% a ETMP. Esta é a primeira checagem que deve ser feita no recebimento do material.

Exotermia

A reação de uma resina poliéster é exotérmica, libera calor durante o processo.

No caso dos compósitos é fundamental saber a exotermia da resina utilizada.

Fibra de Aramida (Reforço)

As fibras de aramida são utilizadas como reforços dos compósitos de alto desempenho. Proporciona altas propriedades mecânicas com baixo peso. Possui resistência às altas temperaturas. As fibras de aramida são utilizadas em aplicações balísticas (coletes, escudos, veículos), carros de fórmula 1, capacetes, raquetes e em trajes resistentes ao corte e ao fogo. A marca mais conhecida é o Kevlar.

Fibra de Carbono (Reforço)

Como o próprio o nome diz, são ricas em carbono. É uma fibra de alto desempenho. As fibras de carbono possuem alto índice de rigidez, alto desempenho à tração, compressão, corrosão e fadiga. As peças reforçadas com carbono são estruturais e com baixíssimo peso. As fibras de carbono têm limitação a impacto e seu custo, apesar de estar reduzindo, ainda é alto. Suas principais aplicações são em peças estruturais de alto desempenho e que necessitam redução de peso, como no segmento aeroespacial, automotivo e esportivo. A construção civil também tem utilizado como reforço estrutural. Uma aplicação que está crescendo é a utilização de resíduos de compósitos que usam fibra de carbono.



Fibra de Vidro (Reforço)

Esta fibra, em razão do custo-benefício, é a mais utilizada no mercado de compósitos.

A fibra de vidro tem como base minerais moídos (areia, calcita, colemanita e outras) que são misturados e levados a um forno com temperaturas de 1400 °C a 1500 °C. O vidro, depois de fundido, caminha por gravidade através de canais até chegar às fieiras. As fieiras permitem transformar o vidro fundido em fios de fibra de vidro. Uma parte importante deste processo é a impregnação de "sizing" ou tratamento superficial. Este tratamento tem várias funções, mas uma das principais é proporcionar uma interface química para cada tipo de matrizes poliméricas (resinas). Como as resinas, as fibras de vidro são fabricadas de várias formulações com tipos diferentes de vidro e gramaturas. Elas podem ser fornecidas em fibras moídas, fibras cortadas, fios contínuos, mantas com e sem núcleo, véu de superfície, tecidos e combinadas com outras fibras, como carbono e aramida. Existem tipos de vidro com desempenhos diferentes, inclusive com resistência balística. Alguns tipos de vidro: Vidro-C, Vidro-E, Vidro-S, Vidro-ECR e Vidro-Ar. O tipo de vidro, volume, distribuição, forma (fio, manta, tecido etc), direcionamento das fibras e tratamento são fundamentais para o desempenho desejado.





Fibra Natural (Reforço)

As fibras naturais geram um interesse pelo apelo ecológico, mas a produção industrial em alta escala ainda limita o seu uso.

Também existem restrições ao desempenho e estabilidade do processo. As mais comuns são fibras de juta, sisal, curuá, cana-de-açúcar, banana, madeira e casca de arroz. Hoje as fibras naturais são mais usadas com polímeros termoplásticos. Atualmente, já é possível obter ou fabricar produtos com fibras naturais e resinas vegetais.

Ficha de Processo (Qualidade)

Descreve rotinas, procedimentos e processos em cada etapa.

Pode ser ilustrada com fotos para facilitar a compreensão do que se fazer e o porquê de cada operação.

Gel Coat

Produto à base de resinas poliéster, éster-vinílica, epóxi e poliuretana, cargas minerais, aditivos, pigmentos, agente xotrópico e aceleradores.

As principais funções do Gel Coat são: barreira química, resistência mecânica (risco, impacto etc.) e acabamento superficial (similar à tinta) e substrato para pintura.

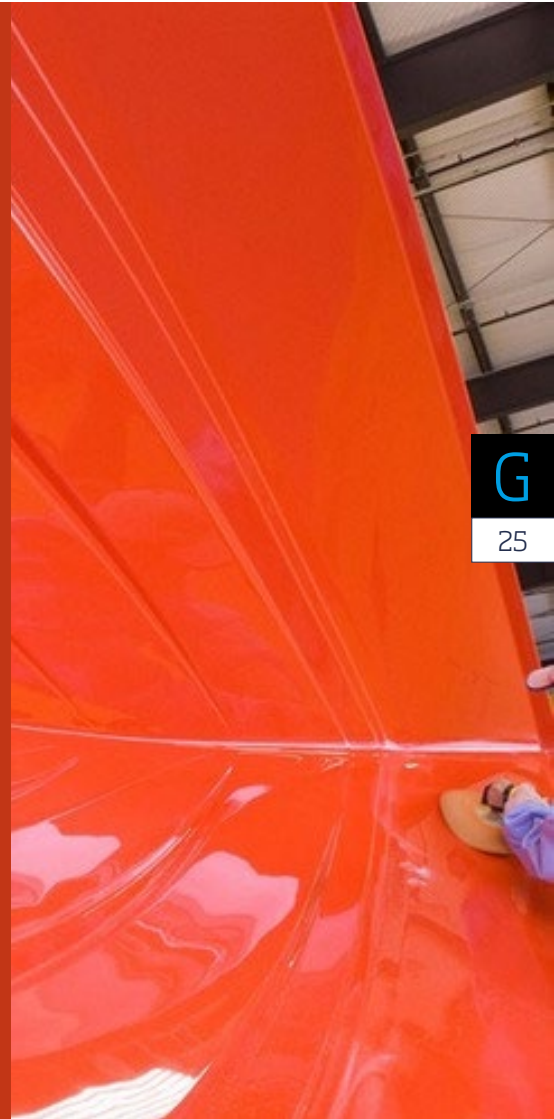
Existe uma variedade significativa de Gel Coat, como GEL acabamento, GEL molde e GEL PRIMER. Todos os materiais que integram a formulação possuem uma função específica e são muito importantes. Abaixo alguns exemplos:

GEL Molde: Podem ser fabricados com GEL à base de resina ISOFTÁLICA, ISOFTÁLICA com NPG, ÉSTER-VINÍLICA ou com blendas destas bases. A mais utilizada, apesar de ter um custo mais alto, é a éster-vinílica em função da durabilidade, brilho e desempenho mecânico.

Gel Acabamento: Podem ser fabricadas com várias bases de resina e aditivos e o que irá determinar a melhor formulação a ser usada são os requisitos de uso. Exemplo: se a peça estiver em contato com a água e sol, o GEL ISO com NPG e com aditivo UV é o mais recomendado.

GEL Primer: Gel à base de resina ORTOFTÁLICA com alto índice de carga. Este gel é o mais econômico de todos funcionando como substrato para uma pintura posterior.

O Gel Coat é aplicado no molde e permanece na peça. Funciona como uma tinta da transferência e é a base de um produto de boa qualidade, não somente estética, mas de barreira química, acabamento e, algumas vezes, de substrato para pintura.



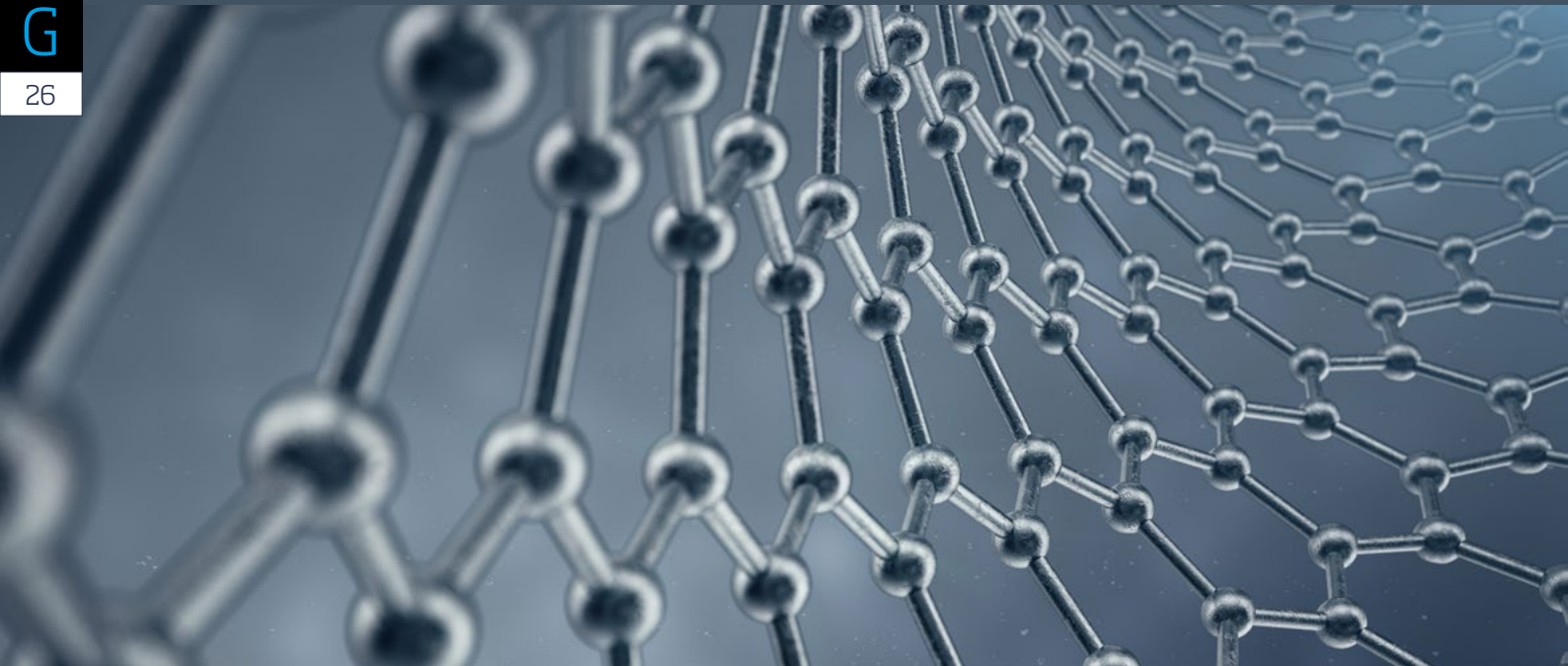
Gel Time (Tempo de Gel - Curva exotérmica)

Faz parte da curva exotérmica da resina e o conhecimento do tempo de GEL é básico para o processo produtivo.

É o tempo que a resina sai do estado líquido para o estado gelatinoso.

Grafeno (Material)

Consiste de uma **camada bidimensional de átomos de carbono organizados em estruturas hexagonais**, cuja altura é equivalente a de um átomo.



Hand lay-up (Processo)

Processo mais simples dos compósitos e foi, com certeza, a base de muitas grandes empresas no mundo.

Utiliza um recipiente com resina catalisada, fibra de vidro em fio picotado ou manta, pincel e rolo metálico para uma boa compactação. Uma das principais restrições reside no fato de ser um processo de molde aberto, causando imprecisão no controle da homogeneidade da espessura em todas as partes da peça. Entretanto, em baixos volumes – e para protótipos para avaliação – ainda funciona muito bem.

Handling Time (Tempo de Manuseio da Peça)

Denominação utilizada no uso de adesivos estruturais para definir o tempo necessário desde a união das partes até que a peça já possa ser manuseada e seguir no processo produtivo.

Este tempo, garante a resistência mínima de cura, que o adesivo precisa desenvolver para que a peça seja manuseada no processo sem descolar.

HDT (Desempenho)

Propriedade importante a ser conhecida tanto para atender ao requisito de uso, como para o processo de fabricação.

HDT representa a temperatura de distorção térmica, na qual o material apresenta decréscimo do seu desempenho. Por exemplo, ao submetemos uma peça em compósitos a uma temperatura acima do HDT da resina e Gel Coat, teremos, com certeza, deformações e perda de desempenho. Por isto, muitas peças plásticas no segmento automotivo, não podem ser pintadas na mesma linha de pintura do veículo.



Infusão (Processo)

Processo de compósitos cujo princípio é a injeção à baixa pressão, com auxílio a vácuo, de uma resina para dentro de um molde, constituído por uma parte rígida.

Nele é aplicado o Gel Coat e são depositados os reforços de vidro, carbono, aramida ou combinados (mantas, tecidos e núcleos). A outra parte é flexível (filme) com canais para que a resina siga seu fluxo e preencha toda cavidade do molde. Este processo é muito usado no segmentos eólico e náutico. Produz peças com alto desempenho, em função de conseguir altos teores de vidro (acima de 50%).

I

28



Inibidor/Retardante

Os inibidores ou retardantes* são geralmente utilizados para retardar o tempo de gel das resinas em dias com temperaturas muito altas.

Um dos materiais mais utilizado é a HIDROQUINONA.

*Muitos separam inibidor e retardante, mas como dito na introdução o foco é a linguagem de fábrica.

Intervalo de Reação (Curva Exotérmica)

Outro ponto de controle importante que define o ciclo produtivo e possibilidade de desmoldagem.

O intervalo fica entre o gel time (tempo de gel) e pico exotérmico (temperatura máxima). É importante constar na ETMP e vir também nos laudos de análises do fornecedor. O intervalo da reação é um dos parâmetros de controle.

Jacaré (defeito)

Defeito no Gel Coat causado geralmente pelo excesso de estireno – contido na resina ou adicionado – para baixar a viscosidade.

Também pode ser gerado pela espessura baixa do Gel Coat (abaixo de 0,4 mm) ou falta do tempo de toque do Gel Coat (gel sem cura mínima).



Laminação Contínua (Processo)

Processo automatizado que produz chapas planas feitas com ou sem Gel Coat, resinas pigmentadas ou não, reforços de vidro, carbono, aramida ou combinados (fios, mantas, véu e tecido).

É um processo contínuo, onde fibra e reforços são derramados em cima de um filme especial, tracionado continuamente sobre uma mesa. A cura é específica para cada resina, mas acelerada por meio de estufa. Este processo permite chapas com texturas lisas, brilhantes, semibrilho, foscas ou com imagem através do véu de superfície ou papel (serigrafia ou flexografia). Permite espessuras, larguras e comprimentos variados. São muito utilizados na fabricação de telhas, chapas para caminhões frigoríficos, carretas, painéis para construção civil, tetos e laterais de ônibus, revestimentos em geral e comunicação visual.

Laminado

Nome dado a “uma ou várias” lâminas de resinas e reforços de uma peça.

A qualidade de um laminado depende de um controle de processo amplo. Começa com a ideia, evolui para o projeto, fabricação e aperfeiçoamento do modelo e molde. Deve seguir com a inspeção dos materiais utilizados, avaliação da cura dos polímeros, aplicação do Gel Coat (quando necessário), aplicação da resina (base do polímero), reforços (volume, tipo e orientação da fibra) e desmoldagem. Muito importante conhecer os requisitos, utilização do laminado e parâmetros do processo.





Madeira Balsa

É um tipo de madeira leve e resistente, com densidade típica de 140 kg/m^3 (aproximadamente 1/3 da densidade de outros tipos de madeira).

Por tais propriedades é utilizada como núcleo em estruturas sanduíche. No passado foi muito utilizada no segmento náutico.

Mantas com Núcleo (Reforço)

A manta com núcleo foi criada pelo grupo francês CHOMARAT, com a intenção de substituir a manta de filamento contínuo e pré-forma de fios com aglutinantes no processo de RTM e Infusão.

O objetivo era facilitar a colocação no molde (manta pré-formável), o fluxo da resina e, conseqüentemente, melhorar o ciclo produtivo e superfície da peça. A manta com núcleo, consiste em mantas de fibra de vidro dos dois lados e no centro um núcleo de vidro, poliéster, polipropileno ou polietileno. Funciona com o conceito da estrutura sanduíche jogando o vidro para superfície e diminuindo o número de camadas de reforços colocado no molde. A manta com núcleo quebrou o paradigma de que, para uma peça de alto desempenho, seria necessário um teor mínimo de vidro de 30%. A mais utilizada é a manta 450/180/450 ou com núcleo, em vez de 180, com 200 a 220 gramas por m^2 .





Mantas de Fibras Picadas (Reforço)

São muito utilizadas no segmento de compósitos.

Possuem várias gramaturas, sendo mais comuns as mantas de 300, 450 e 600 g/m². Utilizadas nos processos manuais (hand-lay-up), laminação contínua e pultrusão. O teor médio de vidro utilizado com estas mantas é de 30%.

Mantas de Filamentos Contínuos (Reforço)

São mantas com fios contínuos e proporcionam um laminado com bom desempenho.

Possuem também várias gramaturas e são utilizadas nos processos de compressão, infusão, RTM, laminação contínua e pultrusão.

Mármore Sintético (Composto)

Composto basicamente de Gel Coat, resina (10 a 30%) e cargas minerais (90 a 70%).

O mármore sintético pode ser fabricado por derramamento ou injeção do composto. Utilizado para fabricação de pias, tanques de lavar roupa, bancadas de cozinha, piso de áreas úmidas, revestimentos, nichos de cozinhas ou banheiros e vasos para jardins. Produto com boa resistência mecânica, acabamento superficial e custo competitivo.

Massa Estrutural

A massa estrutural é feita basicamente com resina, cargas, reforços, pigmentos e aditivos.

Utilizada em algumas aplicações para colagem (função do adesivo estrutural) com resinas de alto desempenho, como por exemplo a éster-vinílica (alto alongamento à ruptura) e microesferas de vidro ou fio de vidro picado. Pode ser usada também em cantos de moldes e peças para evitar bolhas e trincas. Importante no momento de realizar a compra, saber com o fabricante a base da resina, tipos de carga, reforço e desempenho de adesão.

Microesferas

Microesferas sintéticas, de vidro e diâmetros controlados, são utilizadas em compósitos, principalmente em massas estruturais como carga ou reforços para melhorar o desempenho e reduzir peso.





Modelo e Molde

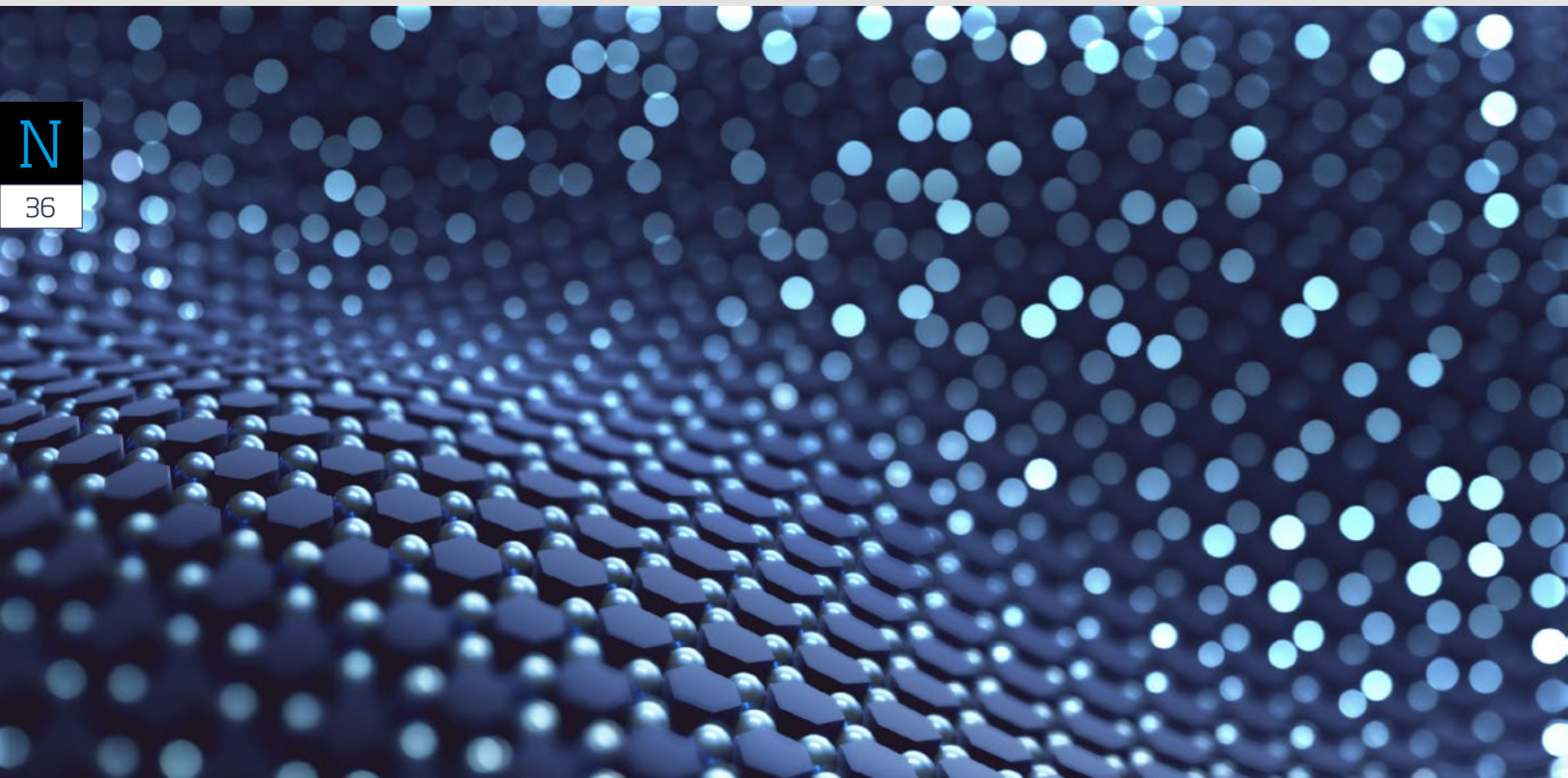
Um dos ativos mais importantes dos transformadores (fábrica) de compósitos.

O modelo é a base para termos um molde na dimensão correta e de boa qualidade superficial. É importante, no modelo, considerar a contração da resina que será usada e cuidar muito bem da preparação. O molde é a base fundamental para uma peça de dimensão e qualidade superficial perfeitas. Geralmente, o molde tem um custo alto, por isto, precisa ser bem armazenado e cuidado. A conscientização deste ativo é muito importante nas fábricas de compósitos. Eles precisam ser muito bem construídos e a preparação antes de entrar na linha produtiva é vital. Os melhores moldes são construídos com Gel Coat éster-vinílico, resinas epóxi ou éster-vinílico ou isoftálica de alto desempenho, alto teor de vidro na superfície, massas estruturais nos cantos. Para agilizizar o processo, nas últimas camadas, podem ser utilizadas resinas de baixa contração (permite laminar várias camadas ao mesmo tempo). O molde pode ser estruturado com reforços metálicos localizados. Os moldes podem ser feitos de aço ou alumínio. Os protótipos podem ser feitos de madeira. No caso do uso das resinas, é muito importante conhecer o HDT, TG e resistência a impacto das resinas que serão utilizadas.

Núcleo

Material utilizado para aumentar a rigidez, diminuir a espessura do laminado e mantê-lo leve.

Os principais materiais são: Poliuretano, EPS (poliestireno expandido), PVC, PET, COREMAT (nome comercial), colmeias de alumínio, polipropileno e polietileno com mantas de fibra de vidro, balsa etc.





Open time

É o tempo que o adesivo estrutural fica aberto e adequado para manuseio e aplicação, após ser catalisado.

Neste período a cura do adesivo ainda não foi iniciada, e com isto temos a molhabilidade ideal para aplicar nos materiais a serem colados.

Operação de trabalho (Instrução)

É o nome dado ao documento utilizado para instruir ou padronizar tarefas, geralmente técnicas, específicas e operacionais.

Apresenta a descrição ou ilustração de como fazer determinada tarefa dentro de um processo.

Osmose

A osmose é um fenômeno físico-químico que faz referência à passagem de uma solução para outra de diferente concentração.

É a capacidade de permear produtos por diferença de pressão, concentração ou propriedades químicas. No caso dos compósitos, o mais comum é a absorção de água no Gel Coat ou resina.

Pico Exotérmico (Curva Exotérmica)

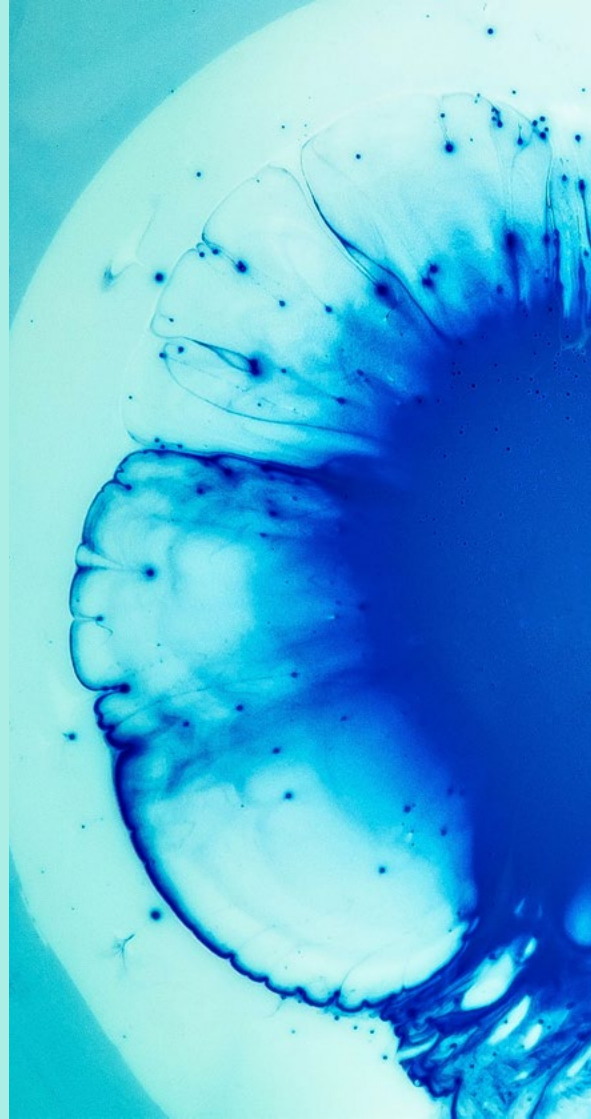
É a temperatura mais alta da resina durante seu processo de **polimerização**. Trata-se de um importante ponto ou parâmetro de controle.

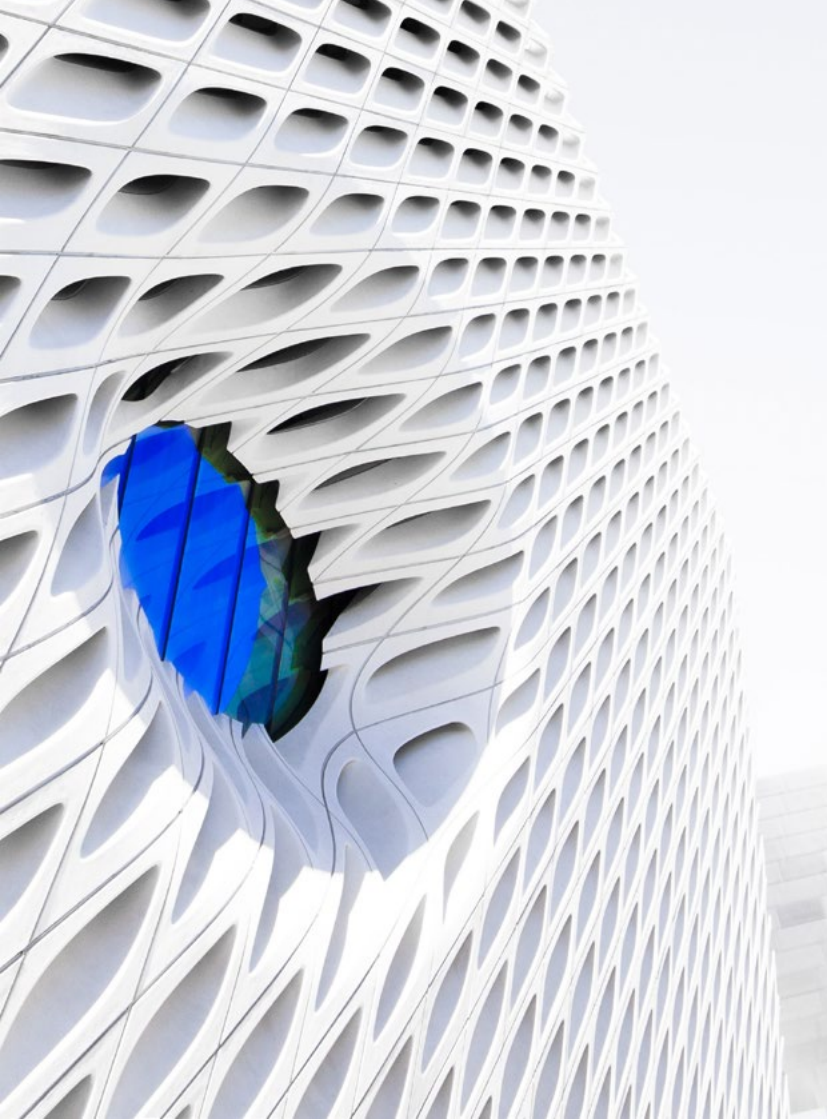
Picotador

Equipamento usado para picotar fibra de vidro nos processos manuais ou automatizados, como na laminação contínua e na fabricação de mantas de fio picado.

Plano de Controle e Parâmetros do Processo (Qualidade)

Primeiro definem-se os parâmetros “essenciais” do processo para que o produto atenda aos requisitos acordados. Cria-se, depois, um plano de controle que define desde o recebimento da matéria até o produto pronto. Em alguns casos podem existir pontos de controle no cliente ou usuário final. Alguns exemplos: curva exotérmica, viscosidade, índice tixotrópico, espessura de camada, temperatura e umidade do local de trabalho, dureza Barcol, acabamento superficial, embalagem etc. É importante nos compósitos, em determinados períodos, fazer testes de avaliação sobre todos os requisitos acordados (mecânicos, químicos etc.) no nascimento do produto. O objetivo é avaliar a qualidade e repetibilidade do processo. É fundamental estar em contato direto com cliente e usuário.





Plastificante:

Material utilizado para aumentar a flexibilidade (alongamento). Os plastificantes entram na formulação do Gel Coat ou resina. Na prática, é muito comum o uso de resinas flexíveis para obter o aumento do alongamento à ruptura.

Poder de Cobertura:

Importante característica de desempenho do Gel Coat. Com excelente cobertura, um Gel Coat diminui a retração da fibra de vidro e o consumo, pois permite trabalhar com espessuras menores.

Polímero (Plástico) Termofixo:

Não amolece com o aumento de temperatura e por isso, uma vez produzido, não pode ser deformado ou processado diretamente. Para esse tipo de polímero, uma elevação contínua da temperatura leva à degradação do material (queima). A reciclagem destes materiais é mais difícil, complexa e com custos mais elevados.

Polímero termoplástico

Pode ser amolecido com a temperatura, o que permite a reciclagem e reuso do material.

Um exemplo é o processo de extrusão de chapas plásticas, podendo moer as rebarbas e peças prontas, sem pintura, em moinhos especiais e utilizar novamente no processo produtivo, com percentual controlado de acordo com aplicação e requisitos. É muito importante a separação e identificação deste material para evitar contaminações e perda significativa de desempenho do produto.

Poliuretano

O poliuretano foi desenvolvido por Otto Bayer, em 1937.

A ligação uretana, que dá o nome ao polímero, é resultante da reação de um grupo "NCO" (isocianato) com um grupo "OH" (hidroxila) de um álcool polimérico (poliol). O poliuretano possui uma variedade de produtos, processos e segmentos como adesivos, elastômeros, espumas (flexíveis, rígidas e semi-rígidas), pele integral, PIR, prepolímeros e RIM (reação por injeção ou moldagem). Um dos seus diferenciais é a flexibilidade de design e projeto, desempenho térmico, resistência a impacto, baixo peso e conforto. Alguns processos utilizados: SRIM (estrutural), LDRIM (estrutural de baixa densidade), PURCSM (projeção ou injeção de PU reforçado com fibra picada) e FFT (injeção de resina com reforço sobre um filme termoplástico). Este último permite peça com acabamento colorido.





Prepreg (Polímero Com Reforço Integrado)

Prepreg é um compósito pré-impregnado onde um material polímero termofixo ou termoplástico reforçado com fibra de carbono, vidro ou aramida já se encontra integrado.

Os prepregs são armazenados em áreas resfriadas, uma vez que a ativação é feita por calor. Desta forma, a fabricação de estruturas compostas de prepregs necessitam de um forno ou autoclave para o processo de cura. São muito utilizados no segmento aeroespacial pelo alto desempenho e baixo peso.

Pultrusão (Processo)

O processo de pultrusão consiste em puxar os reforços de fibra de vidro, carbono e aramida (fio, manta, tecidos) impregnados por um polímero em um processo contínuo.

O molde é de aço e aquecido. Ele permite altos teores de vidro, gerando perfis de várias formas de alto desempenho mecânico, químico e térmico. Caso exija uma qualidade superficial superior, utiliza-se véu de poliéster ou de vidro.

Aplicações em alta escala no segmento ferroviário (dormentes), estrutura para construção civil (plataformas de petróleo, pontes, polos petroquímicos), escadas, andaimes, esquadrias etc.



Rastreabilidade

Muito utilizada em produtos de segurança, como capacetes, coletes, barcos, carros etc.

A rastreabilidade não é apenas interna, ela envolve toda cadeia de valor que possa influenciar direta ou indiretamente no desempenho do produto. A rastreabilidade é o DNA de um produto com o objetivo de identificar, em algum momento, erros ou desvios que possam ter gerado algum problema de desempenho. A rastreabilidade também permite maior conhecimento para ações preventivas e preditivas em novos projetos e desenvolvimentos.

Reatividade

A reatividade nos compósitos está ligada diretamente à resina e sua cura.

É muito importante, principalmente, para definir os parâmetros de processo, como ciclo produtivo e contração do material. As resinas de RTM, pela necessidade de ciclos curtos, têm alta reatividade.

Reciclagem e Destinação (Compósitos)

Nos compósitos, como geralmente se utilizam resinas TERMOFIXAS, a reciclagem ou destinação dos resíduos é complexa e com alto custo.

Nos últimos anos, a possibilidade de reciclagem mecânica (moagem) dos compósitos, de forma planejada, separando os diferentes tipos de resíduos, permitiu o aumento do seu uso em segmentos de infraestrutura e construção civil.

Utilizar os resíduos de compósitos no processo como carga (por exemplo nos processos de RTM) não é recomendável em razão do custo e do material não ser inerte.

Então, o caminho é criar produtos utilizando os resíduos selecionados com aglutinantes com base em resinas poliuretanas.

Atualmente, já existem peças para construção civil e infraestrutura de 80 a 90% de resíduos de compósitos.

Com o desenvolvimento da resina ELIUM termoplástica para processos TERMOFIXO e, futuramente, o lançamento do Gel Coat TERMOPLÁSTICO, a reciclagem dos compósitos deixará de ser um processo complexo e de custo elevado.

Resina Acrílica Termoplástica para Processo Termofixo

A resina acrílica termoplástica com possibilidade de gerar um compósito termo formado, de alto desempenho é reciclável.

É um desenvolvimento relativamente novo (8 anos) e com conceito inovador. Este produto foi criado pelo grupo francês ARKEMA e a premissa básica foi criar uma resina termoplástica para os principais processos TERMOFIXOS como: RTM, PULTRUSÃO, INFUSÃO, LAMINAÇÃO CONTÍNUA e ENROLAMENTO FILAMETAR etc. Outra premissa era a utilização dos mesmos moldes e equipamentos. Esta resina além ser reciclada, possui um desempenho igual ou superior à resina epóxi. Atualmente já existem peças produzidas no segmento eólico, esportivo, transporte, construção civil e automotivo. Possui grande tendência de crescimento para os próximos anos, principalmente com o lançamento, em 2021, do Gel Coat TERMOPLÁSTICO.



Resina Bisfenólica

A resina bisfenólica tem um alto desempenho, principalmente em relação à resistência química, altas temperaturas e fogo.

São resinas que necessitam de muitos cuidados de segurança e seu processo é complexo. São muito utilizadas em peças para o segmento de óleo e gás.

Resina Éster-Vinílica

A resina éster-vinílica possui uma excelente resistência química, mecânica, alto HDT e em função do seu alongamento à ruptura, apresenta uma alta resistência a impacto.

A resina com nome comercial "DERAKANE" que é uma resina éster-vinílica, fez história (referência) e ainda faz, no segmento petroquímico e náutico. Outro exemplo é o Gel Coat formulado com esta resina, excelente em brilho, desempenho mecânico e térmico e, conseqüentemente, possui uma vida útil superior aos demais Gel Coat para molde.

Resina estrutural "sem reforço" DCPD (processo)

Resina DCPD é mais que um material ou resina, é um processo específico que, geralmente, não utiliza reforços como a fibra de vidro.

É uma família de polímeros oleofínicos com ligações cruzadas fracas, baseados no polidiciclopentadieno. São dois componentes de baixa viscosidade: um é o ativador e outro o catalisador. São injetados em moldes metálicos, a reação é exotérmica (libera calor) e a peça é totalmente polimerizada em menos de 60 segundos. Utilizam máquinas de moldagem por injeção e reação (RIM) convencional (máquinas de poliuretano são convertidas para este processo). Produzem peças de alto desempenho e estão sendo utilizados em vários segmentos como transporte (caminhões, carros e ônibus) e agronegócio (tratores, colheitadeiras). Os principais fabricantes deste material são a METTON nos Estados Unidos e TELENE na Europa.

Resina Epóxi

A resina epóxi é conhecida pelo seu alto desempenho, estabilidade térmica e alto custo.

As resinas à base de Bisfenol "A" são mais utilizadas, pois são versáteis e com custo mais competitivo. Sua aplicação em função do preço é focada para peças de alto desempenho e estruturais. O segmento automotivo, energia eólica, aeroespacial e construção civil utilizam a resina epóxi.

Resina Fenólica

Uma resina de alto desempenho e foi desenvolvida por Beakland, daí o nome baquelite para o primeiro tipo comercial.

A resina fenólica é obtida pela reação de condensação e polimerização entre um fenol e um aldeído. Devido à baixa inflamabilidade, baixa emissão de fumaça e gases tóxicos, elevada rigidez dielétrica, alta resistência química e elevada estabilidade dimensional, é ideal para fabricação de metrô e trens. Esta resina é mais adequada para processos de moldes fechados como PULTRUSÃO, Prensagem e RTM. Requer um cuidado especial de estocagem e segurança e sua processabilidade é complexa.

Resina Isoftálica (ISO)

As resinas isoftálicas possuem cadeias longas, aumentando a sua resistência química, mecânica e térmica.

Como em todas as resinas, existe uma variedade de formulações com desempenhos diferentes. É essencial que os fornecedores de resina entendam os requisitos e aplicações para recomendarem a resina ISO mais adequada. Isto vale também para o Gel Coat a base de resina ISO.



Resina Isoftálica com NPG - Neopen Iglicol

Para termos uma resina ISO NPG, substituímos o glicol pelo neopentilglicol (NPG).

Como o NPG possui baixo teor de hidroxilas livres, melhora a resistência à hidrólise do poliéster e sua degradação à solubilização. Resumindo, para uma linguagem mais simples, melhora a sua resistência à água e intempéries. Por isto, é muito utilizado em Gel Coat de banheiras, pias, cubas, pisos de áreas úmidas, peças para parques aquáticos, piscinas, tanques etc.

Resina Não Reativa

Isenta de monômero, é utilizada como veículo em pastas pigmentadas para Gel Coat.

Resina Ortoftálica (ORTO)

A base da resina orto é o ácido ortoftálico e anidrido maleico ou ácido fumárico e propileno glicol, ou ainda glicóis e lênicos.

Suas propriedades mecânicas e químicas são boas, mas inferiores às resinas ISO, devido à cadeia curta e peso molecular. Entretanto, por ter um custo competitivo, é muito utilizada em Gel Coat, ou combinada com outras resinas, formando uma blenda. São muito utilizadas em peças de ônibus, caminhões, tratores como capôs, tetos, frentes, para-choques, paralamas etc.





Resina Poliéster

Família de polímeros de alto peso molecular resultantes da condensação de ácidos carboxílicos com glicóis. Dependendo dos ácidos utilizados, são classificadas como resinas poliéster saturado ou insaturado. Exemplo de resinas poliéster – ORTO e ISOFTÁLICA.

Resina de Poliuretano (Base Petroquímica e Vegetal)

As resinas de poliuretano para compósitos existem há muitos anos, mas havia uma restrição em função do alto custo dos equipamentos, moldes, meios de produção e da própria resina. Os processos de RTM AP e PULTRUSÃO precisavam ser adaptados para esta resina. Entretanto, o que não deixava dúvidas era a qualidade do produto feito com a resina de poliuretano, principalmente em relação à acabamento superficial, alongamento à ruptura, impacto e fadiga. Exemplo são os dormentes de trens que são feitos exclusivamente com este tipo de resina. Em 2019, uma empresa brasileira de poliuretano (PURCOM), desenvolveu uma resina para processos TERMOFIXOS (RTM, PULTRUSÃO, LAMINAÇÃO CONTÍNUA e ENROLAMENTO FILAMENTAR). Também desenvolveu um polímero sem “odor” que combina polióis vegetais (base de mamona ou soja) com polióis petroquímicos. São dois componentes (Poliol e Isocianato) e permite produzir peças com baixa contração, alto desempenho e acabamento superficial classe “A”. Está em desenvolvimento para lançamento, em 2021, o Gel Coat PU VEGETAL.

Resina Tereftálica

Resina em que parte dos ácidos é substituída pelo ácido tereftálico.

Estas resinas apresentam, quando formuladas com matérias-primas adequadas, uma resistência química, térmica e à hidrólise, igual à ISO. Porém, possui baixa resistência aos raios UV. Suas aplicações são similares às resinas ORTO. Importante saber a base das matérias-primas utilizadas pelo fornecedor e dados de desempenho.

RTM (processo)

Processo que consiste na transferência de uma resina por injeção com pressão, com ou sem auxílio a vácuo, para o interior de um molde fechado.

Os reforços utilizados são fibras de vidro, carbono, aramida, fibras naturais. Entretanto, o reforço mais utilizado é a manta de fibra de vidro com núcleo de polipropileno. O teor de vidro neste processo, geralmente, varia de 20 a 40%. Tem desperdício inferior aos processos manuais, baixa emissão de gases. Utiliza cargas minerais para aumentar a estabilidade e diminuir a contração. Utilizado nos segmentos de transporte (ônibus, caminhões, veículos leves), agronegócio, eólico, parques aquáticos, náutico, construção civil, ferroviário etc.



RTM Alta Pressão (Processo)

É uma derivação do RTM convencional.

Neste caso os moldes são mais reforçados e no caso do RTM High Tech com pressão ainda mais alta, que alguns estão denominando, necessita de moldes metálicos. Este processo, na maioria das vezes, precisa de prensas para fechamento. O custo do processo é alto, então há necessidade de médio a alto volume de peças para justificar o retorno do investimento. Neste processo atinge-se teores de vidro superiores ao processo de RTM convencional. Pode ser usado com auxílio a vácuo ou não, depende da complexidade da peça. Utilizado pela indústria automotiva e aeroespacial. Pressões variam de 4 a 10 bar.



RTM FAST (Processo)

Processo criado pela empresa Composite Integrity, do grupo francês IS, e alianças estratégicas com vários fornecedores europeus de matéria-prima e montadoras de veículos.

Processo automatizado que combina injeção e compressão em um ciclo produtivo curtíssimo (2 a 5 minutos). O grande desafio deste processo foi desenvolver um polímero com este ciclo de cura. A peça sai do molde acabada, sem necessidade de corte. O grande foco são peças estruturais para a indústria automotiva.

RTM Integrado (Processo)

A diferença deste processo para os demais de RTM é a colocação de um material de núcleo de média a alta densidade – poliuretano, por exemplo – entre as camadas de reforço.

Existe uma técnica especial para evitar deslocamento e marca do reforço na superfície.



RTM Light (Processo)

O RTM LIGHT foi criado para simplificar o processo de RTM com moldes mais leves e meios de produção mais econômicos (investimento baixo).

O conceito surgiu na França, em uma empresa transformadora do segmento aeroespacial, mas evoluiu para um processo industrial e competitivo no Brasil, com uma das unidades de negócio de Plásticos da MARCOPOLO (fabricante de carrocerias de ônibus). Depois seguido pelo mundo inteiro. Este processo permitiu viabilizar e substituir os processos manuais de forma mais rápida, diminuindo a emissão de gases e desperdício. O processo RTM LIGHT muda o conceito de injeção, passa a ser de baixa pressão e ainda combinado com vácuo. A resina é transferida através da injeção (pode ser até por gravidade) por canais nas laterais dos moldes e com auxílio a vácuo "direcionada" a pontos determinados do molde (geralmente para o meio do molde de acordo com a complexidade e dimensão da peça). Processo utilizado em vários segmentos e em diferentes aplicações como tetos de ônibus, traseiras e frentes de ônibus, capô de caminhão, trator, veículos leves, para-choques, paralamas, peças para parques aquáticos etc. O RTM LIGHT também permite utilizar contramoldes flexíveis com película de silicone. Os materiais utilizados são os mesmos usados no RTM normal. O ciclo é de 10 a 40 minutos de acordo com a dimensão da peça.

RTM-S e RTM-TS (Processo)

Processo similar ao processo RTM LIGHT, mas com objetivo de produzir uma peça de acabamento classe "A".

Elimina o Gel Coat, não necessita de pintura posterior e diminui o ciclo de injeção do processo de RTM. Consiste em combinar processos e materiais TERMOPLÁSTICOS (Extrusão e TERMOFORMAGEM) com processo RTM. Primeiro é utilizada uma extrusora de chapas para fabricar a película na cor desejada e depois realizar a TERMOFORMAGEM. Esta peça termoformada vai para o molde de RTM, coloca-se os reforços de fibra vidro, carbono, aramida ou combinados entre si e a injeção é realizada. A película geralmente utilizada pode ter várias camadas de termoplásticos de acordo com a aplicação como ABS, PMMA e PC. O cuidado que precisamos ter neste processo é com a adesão entre a resina e película plástica. Podem ser feitos capôs de trator, para-choques, painéis, para-lamas, cofre de motor de ônibus, placas de comunicação visual etc. A diferença do RTM-S para o RTM-TS é que o "TS", utiliza a resina ELIUM TERMOPLÁSTICA para injeção, formando uma peça 100% com polímeros termoplásticos, permitindo a reciclagem. Este processo foi desenvolvido e patentado, em conjunto, por uma empresa brasileira e francesa.

SMC (processo)

O SMC (Sheet Molding Compound) é um composto de resina termofixa, alto índice de carga e fibras de vidro.

Existe um processo para fabricação do composto em forma de lâmina ou lençol. Este composto exige cuidados como refrigeração, é moldado por um processo de prensagem a quente, em prensas hidráulicas, utilizando moldes aquecidos. Processo ideal para alta escala e peças complexas. Permite insertos e nervuras e possui um preço muito competitivo, por isto, é muito utilizado pelo segmento automotivo, transporte, agronegócio e de construção civil. O investimento é alto comparado aos demais processos, por isto, o volume é fator determinante na escolha deste processo.



Tecido Costurado (Reforço)

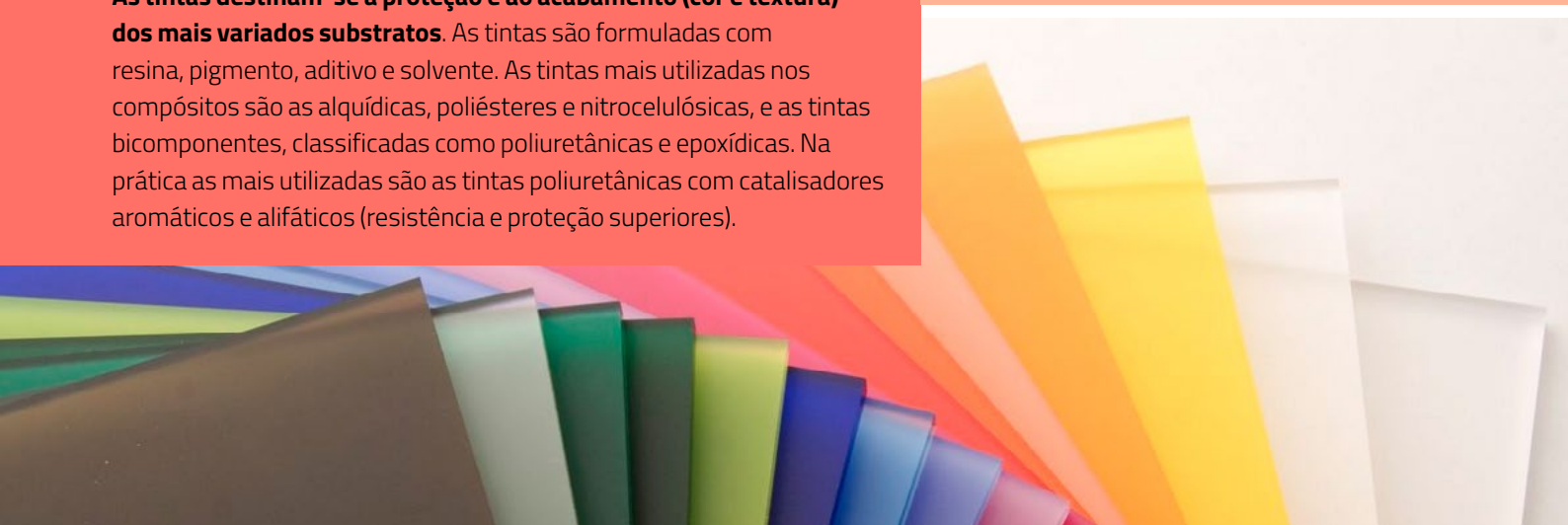
Tecidos costurados permitem a orientação das fibras proporcionando reforços, em camadas de fibras, com direções diferentes de acordo com esforços aplicados no produto. A gramatura, direção das fibras, sizing e resina utilizada, definem tecnicamente o desempenho do compósito fabricado. Os tecidos costurados são imprescindíveis na fabricação de pás eólicas e largamente utilizados em embarcações, ou seja, em aplicações mais técnicas, nas quais a orientação das fibras deve ser bem definida em cada camada do laminado.

Tintas (Compósitos)

As tintas destinam-se à proteção e ao acabamento (cor e textura) dos mais variados substratos. As tintas são formuladas com resina, pigmento, aditivo e solvente. As tintas mais utilizadas nos compósitos são as alquílicas, poliésteres e nitrocelulósicas, e as tintas bicomponentes, classificadas como poliuretânicas e epoxídicas. Na prática as mais utilizadas são as tintas poliuretânicas com catalisadores aromáticos e alifáticos (resistência e proteção superiores).

Tixotropia

É o comportamento que a resina, Gel Coat e adesivos têm quando aplicadas em paredes verticais. Se a tixotropia não for adequada (baixa) a resina, o Gel Coat ou adesivo irão escorrer em paredes verticais. A tixotropia é importante e precisa ser mais controlada no Gel Coat que será aplicado em paredes verticais. O índice tixotrópico em paredes muito verticais precisa ser superior a 4.



Véu de Superfície

Há dois tipos de véus de superfície: os inorgânicos, provenientes do vidro C e usados em alta corrosão, e os orgânicos, de base poliéster termoplástico.

É utilizado como barreira química e para melhorar a superfície (diminui a retratação dos reforços).

Vida estrutural (Desempenho)

É o tempo entre o início da operação do compósito e a perda da sua capacidade de suportar cargas mecânicas.

Esta capacidade pode ser definida de várias maneiras, como o surgimento das primeiras microfissuras, emissão de sinais acústicos e ruptura do laminado.





Vida Funcional (Desempenho)

É o tempo entre o início da operação do compósito e a perda de sua capacidade de desempenhar funções consideradas importantes pelo usuário.

A vida funcional é determinada pela aparência, desgaste ou por outras propriedades subjetivas.

Viscosidade

A viscosidade é a propriedade dos fluidos que corresponde ao transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular.

Quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade em que o fluido se movimenta. As resinas termofixas podem apresentar baixa, média e alta viscosidade.

Woven Roving (Tecido Tramado)

É fabricado em teares, entrelaçando os fios de urdume (sentido da máquina) com os fios de trama (sentido transversal).

Os tecidos tramados são, normalmente, laminados intercalados com camadas de mantas, visto que dois tecidos (um sobre o outro) geram uma baixa resistência intralaminar.



Zero Defeito (Qualidade)

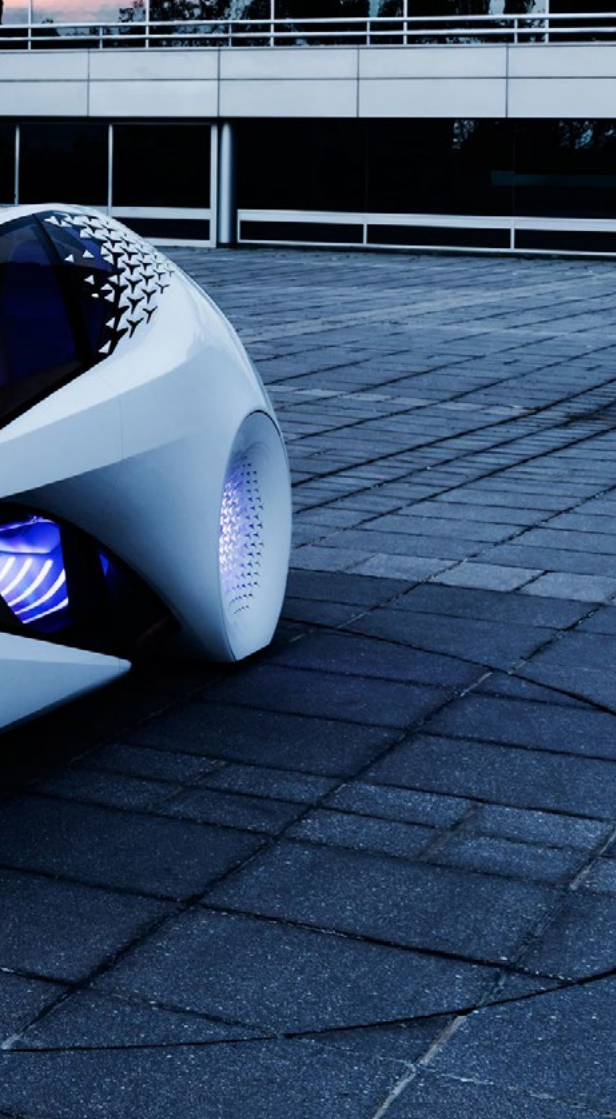
A criação de um programa Zero Defeito ajuda na conscientização de toda a organização para se entregar “o melhor” em cada etapa do processo.

Isto passa pela ideia, criação, projeto, planejamento, organização, disciplina, suprimentos, materiais, recebimento, parâmetros de processo, plano de controle, rastreabilidade, ergonomia, equipamentos, meios de produção, logística, pós-venda, intimidade com cliente, conhecimento, procedimentos, registros, documentação, ferramentas de gestão, treinamento e motivação constante das pessoas.

O conceito Zero Defeito foca em retrabalho zero e peças que atendam 100% aos requisitos acordados. É a busca constante da melhoria, excelência e competitividade.







AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento especial a todas as pessoas que me ajudaram neste projeto, direta ou indiretamente, por isto, deixo aqui meu muito obrigado!

- Luciana Lima
- Lucas Lima
- Antonio Carvalho
- Erivelto Mussio
- Evanir Amorim
- Felon Santos
- Fernando Vianna
- Frederic Romier
- Frédéric Reux
- Frédérique Mutel
- Gerson Parreira
- Giuseppe Sant'anche
- Helinho
- Horst Peterhans
- Jean-Pierre CAUCHOIS
- Jerome Raynal
- Lenita Soares
- Marcio Sandri
- Nicolas Valloir
- Sandro Leonhardt
- Sergio Falcão
- Silvio Andrade
- Valter Luna
- Waterloo

Agradeço também a todos os profissionais de "chão de fábrica" com quem tive o privilégio de trabalhar, aprender e compartilhar conhecimento.

NOTA:

Outro ponto importante é que cada produto tem suas características, desempenho, tecnologia empregada e evolução, por isto, é sempre recomendado consultar os fabricantes de matéria-prima e transformadores, a diferença de seus produtos e soluções. Os compósitos, como os plásticos de engenharia, possuem uma variedade e flexibilidade de formulações que impressionam e desafiam, mas também oferecem uma oportunidade de criar, inovar, compartilhar e competir.

BIBLIOGRAFIA E FONTE DE PESQUISA

MOREIRA, Waldomiro *et al.* **Compósitos 1**: Materiais, Processos, Aplicações, Desempenho e tendências. São Paulo: ABMACO, 2009.

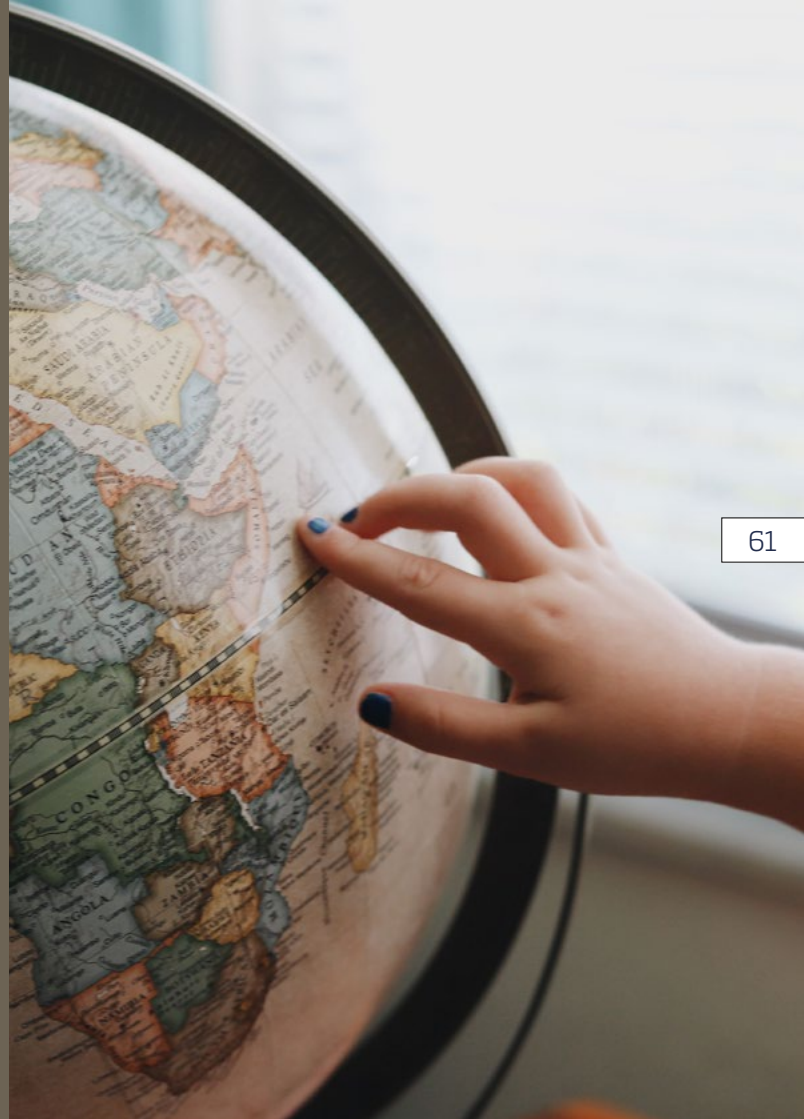
CAUCHOIS, Jean-Pierre. **R.T.M. Process**. Saint-Avold, França: Syntech Edition, 1997.
38-year experience at the plant floor of a Composite manufacturing plant in Brazil and overseas.

Compósitos pelo mundo!

Seguem algumas informações sobre este universo dos materiais compósitos a nível global:

- Geramos aproximadamente 500 mil postos de trabalho ano.
- Em 2019 no mundo produziu-se 11 milhões de toneladas.
- Somos uma indústria relativamente nova (1940).
- Ásia representa 50% do mercado global.
- China representa 50% do mercado da Ásia.
- América do Norte representa 30% do mercado global.
- Faturamos USD 82 bilhões ao ano.
- América Latina e África representam 6% do mercado global.
- Japão é o maior fabricante de fibra de carbono do mundo.
- Maiores segmentos – Transporte e Construção Civil.
- 2021 chegaremos a 13 milhões de toneladas produzidas ao ano.
- Principal direcionador – Inovação.

Fonte: 2019 - JEC Group





E no Brasil?

No Brasil esse material vem apresentando crescimento constante, confira como anda o cenário atual:

- Faturamento brasileiro anual é de R\$ 2.6 Bi (USD 520 Mi).
- Em 2019 no Brasil produziu-se 200 mil toneladas.
- Construção civil e transporte representam 55% do mercado.
- Eólico, corrosão e saneamento representam 30%.
- Processos manuais representam 43%.
- RTM, Infusão e Enrolamento filamental representam 34%.
- Processo de infusão e resina epóxi cresceram no segmento eólico.
- Resina poliéster representa 84% do consumo de resinas.
- Postos de trabalho: 60 mil.
- Principais direcionadores: Crescimento e capacitação.

Fonte parcial: 2019 - ALMACO



Tendência dos compósitos no mundo

- Busca incansável pela redução de peso e alto desempenho.
- Linhas automatizadas de alta produtividade.
- Compósitos estruturais na indústria automobilística.
- Fortalecimento dos compósitos na Construção Civil.
- Crescimento de materiais de fontes renováveis.
- Combinação de processos e materiais - competitividade.
- Design gerando produtos de alto valor agregado.
- Direcionadores - Inovação, sustentabilidade e pessoas.
- Utilização de resíduos de compósitos - economia circular.
- Crescimento do uso da fibra de carbono e fibras naturais.
- Crescimento dos polímeros termoplásticos reforçados.
- Pesquisa e desenvolvimento de produtos com Grafeno.
- Modelos de negócios priorizando inovação e vendas digitais.
- Alianças unindo sinergias, conhecimento e relacionamento.
- Educação – treinamento e capacitação (técnica e gestão).

Atenção no processo de fabricação dos compósitos

64

- Modelo (matriz) é a base da qualidade do molde (superfície e dimensional).
- Molde é base da qualidade do produto (superfície e dimensional).
- Cuidar bem dos moldes é aumentar a vida útil de um ativo de alto custo.
- Materiais especificados corretamente proporcionam moldes e produtos de qualidade.
- Materiais devem estar “obrigatoriamente” de acordo com o processo de fabricação.
- Materiais estratégicos são: Gel Coat, resina, catalisador e fibras de reforços.
- Materiais complementares estratégicos são: núcleos, adesivos estruturais e tintas.
- Gel Coat, resina e catalisador devem ser testados e aprovados antes do uso.
- Ensaios resina: viscosidade e curva exotérmica*.
- Ensaios Gel Coat: viscosidade, curva exotérmica, tixotropia e poder de cobertura.
- Devemos conhecer os desempenhos químicos e mecânicos da resina a ser utilizada.

- Importante: temperatura de termo distorção, vítrea e alongamento à ruptura.
- Devemos retirar ao máximo a umidade das cargas minerais antes do uso.
- Temperatura e umidade do ambiente afetam a viscosidade e cura da resina.
- Viscosidade, números de camadas e tipo de reforços de fibra alteram o fluxo de injeção.
- Fábricas sem climatização necessitam controle de catalização versus temperatura.
- Resina com reatividade e pico exotérmico alto aumentam a contração.
- Cargas minerais reduzem o pico exotérmico e contração, além de aumentam a estabilidade.
- Mini laboratório: balança de precisão, termômetro, cronômetro, viscosímetro e durômetro BARCOL.
- Controlar os parâmetros do processo é fundamental para atingirmos o desempenho.
- Treinar e compartilhar conhecimento é vital para um processo e produto de excelência.

**Curva exotérmica: tempo de gel, pico exotérmico e tempo de pico ou intervalo de reação.*

Case ilustrativo de um desenvolvimento em Compósitos

Projeto Orelhões

Uma das grandes empresas de telefonia tinha decidido trocar toda a sua linha de orelhões no Brasil inteiro (140 mil unidades) em 8 meses com o objetivo de introduzir sua nova marca e imagem. Entretanto os executivos não queriam o modelo usual de aquisição, pois tinham várias preocupações como:

- Compravam de 10 fornecedores pequenos com processos manuais, com nível de qualidade e capacidade financeira baixa. Administrar os 10 fornecedores também era complexo.
- Escolher um ou dois era impossível, pois não teriam capacidade para atender este volume (18 mil por mês).
- Investimento em ferramentais para este volume, excesso de resíduos, reciclagem e manutenção com o tempo, eram algumas das preocupações. O nível de manutenção e troca dos orelhões, na época passava de 5 mil unidades ano (o tema reciclagem se tornava crítico).

Então com estas inquietudes, a decisão da empresa de telefonia foi buscar um novo processo e fornecedor único, com foco em resolver as questões acima.

Premissas:

- Preço não pode ser superior ao atual.
- Empresa com capacidade produtiva, técnica e financeira.
- Percentual de resíduos tem que ser muito inferior ao atual.
- Reduzir o nível de manutenção e substituição em no mínimo 50%.
- Investimento em ferramental dentro do orçamento anual aprovado.

Avaliando estas premissas o caminho mais seguro era fazer o produto em injeção de termoplástico, entretanto, o alto custo do molde de injeção, falta de histórico de orelhões neste material, possíveis furtos (material

reciclado com valor) e visão de tempo que o Brasil ainda usaria "orelhões" versus o alto investimento. Estes fatores restringiam o uso do termoplástica propoco.

Neste momento estávamos desenvolvendo um novo processo denominado RTM LIGHT. Processo inovador para a época e com histórico apenas na França em baixos volumes, peças pequenas para o segmento aeroespacial.

Avaliamos todas as possibilidades e resolvemos apresentar a preoposta para a empresa telefônica com os seguintes argumentos:

- Material similar ao atual, mas com repetibilidade, precisão e desempenho superior.
- Perda no processo cairia de 18% para 2%.
- Investimento em ferramental dentro do orçamento.
- Preço similar ao produto atual.
- Processo com moldes fechados, diminuindo a emissão de gases e desperdício.

Fomos transparentes sobre não termos histórico com este processo para altos volumes, porém provaríamos através do ciclo do lote piloto, que teríamos capacidade de atender a demanda de 140 mil orelhões em 8 meses.

Não foi simples convencer o cliente, mas conseguimos e o resultado foi atingido:

- 140 mil Orelhões entregue em 8 meses.
- Produção diária passou de 900 unidades.
- Troca de orelhões reduziu de 5.000 para 700 unidades ano.

Com este aprendizado repicamos este processo para outros segmentos como transporte, agronegócio e eólico. Criar modelos diferenciados com poder de replicação:

Não existe um modelo padrão ou uma receita única para desenvolver uma solução completa ou produto e principalmente para consolidá-lo no mercado. Para cada aplicação existem características e necessidades diferentes como:

Em cada segmento, pode haver diferenças significativas sobre quem influencia e decide a compra.

Qual a percepção de valor?

Às vezes vamos com uma proposta de valor que não é a do cliente.

- Legislações vigentes e regras sólidas de mercado que possam impedir a entrada de novos players ou materiais.
- Cultura do país, estado, município, cliente, usuário e da própria organização.

68 Tenho visitado muitas empresas com projetos espetaculares, entretanto, por não terem estudado o mercado, seus gaps, modelo de negócio, proposição de valor e suas competências essenciais, elas fracassam e muitas vezes até “quebram”. No desenvolvimento de novas aplicações devemos ter conhecimento interno ou externo (alianças estratégicas) suficientes para não corrermos riscos. No mundo real, se levarmos muito tempo para desenvolver um produto ou solução, podemos ser “atropelados” e perder o “timing” da oportunidade.

Outro erro comum das organizações é investir pesadamente no produto e esquecer de criar um modelo de negócio imbatível. Por melhor que seja o produto, sem

um modelo de negócio estruturado, diferenciado e que faça sentido, as chances de qualquer projeto dar certo, diminuem muito. Por isso, a importância de pensarmos em todas as atividades, aproveitar as competências essenciais de cada parceiro, para termos uma operação de excelência e com todas as partes conectadas, principalmente o comprador final. Vivemos em um nova era onde colaborar e compartilhar (inclusive resultado) são pilares básicos para o sucesso.

Quando desenvolvemos qualquer aplicação, para otimizarmos o retorno do investimento, precisamos criar modelos e processos que possam ser replicados em qualquer parte do mundo. Logicamente haverá adaptações para cada mercado, mas a possibilidade de replicar o conceito, com o objetivo de aumentarmos seu potencial e consequentemente o retorno do investimento, é fundamental. Para encerrar este manual simples de conhecimento, gostaria de escrever sobre uma mudança

de conceito que parece lógica, mas na prática, ainda está longe de ser verdade. Foi este conceito que inspirou o manual Compósitos de A a Z.

Especificação e desempenho versus requisitos:

Para conseguirmos o melhor desempenho de uma solução em compósitos, precisamos cuidar do processo de forma ampla, integrada, avaliando aplicação e “custo total” versus desempenho. Olhar somente o custo simples dos materiais é um erro comum. A criação do produto precisa estar conectada com os requisitos, processo e recursos disponíveis. Depois do design e projeto “bem pensado”, passamos para o modelo e molde. Esta parte é básica para um bom produto. Continuando os cuidados, escolhemos os materiais, equipamentos e definimos

os procedimentos, parâmetros, pontos de controle e rastreabilidade. Conhecimento e uma equipe muito bem treinada, finalizam este desenvolvimento.

Exemplificando, um molde feito ou preparado de forma inadequada ou o material escolhido para o produto errado, geram um processo “doente” que mesmo com altas doses de medicação e recursos, continuará com sintomas. Por isto, conhecimento, profissionais capacitados e com visão sistêmica (avaliação total do processo e desempenho) são essenciais para entregarmos uma solução ou produto de excelência.

“Dizer que algo nunca foi feito, é achar que o mundo termina na sua porta.”

Gilmar Lima



Fontes de conhecimento e aprendizado:

No Brasil existem excelentes cursos e literatura para adquirir conhecimento prático e teórico. Um dos caminhos, passa pela Associação Brasileira de Materiais Compósitos (ALMACO), com seus livros, cursos, seminários, eventos e pós-graduação. Globalmente temos a SAMPE, que também está no Brasil, com cursos e seminários de materiais compósitos de alto desempenho. Outra fonte inesgotável de aprendizado é o Grupo JEC, com sua revista, publicações, seminários, congressos e suas feiras internacionais, principalmente a JEC PARIS. A novidade para o segundo semestre de 2020 é a “E-LEARNING COMPOSITES ACADEMY”, primeira plataforma de treinamento, dedicada aos materiais, processos e aplicação dos compósitos. Este conceito inovador, divertido e interativo foi criado pelo Engenheiro francês Jean-Pierre CAUCHOIS, gênio dos compósitos. O conteúdo educacional é validado por um comitê de excelência composto por especialistas renomados do mundo industrial, acadêmico e de pesquisa. Esta plataforma será global e estará disponível na América Latina em abril de 2021.





A G12 INNOVATION é uma rede de conhecimento especializado no desenvolvimento de mercados, soluções e negócios, com foco em inovação e geração de valor, através de práticas de gestão diferenciadas, eficientes e mais humanas. Atua em diferentes frentes, como a criação de tecnologias e soluções inovadoras para os segmentos de compósitos e gestão estratégica, fusões e aquisições para diversos segmentos. Seus principais parceiros estratégicos são o Centro de Tecnologia francês COMPOSITE INTEGRITY (Grupo IS), grupo francês ARKEMA, empresa francesa COMPOSITES EXPERT e as empresas brasileiras PURCOM, WATERGEL e GÜS STRATEGIC DESIGN.

EXPEDIENTE

Editor responsável:

Gus Schmoekel

Coordenação de Produção:

Luciana Lima

Diagramação:

Güs Strategic Design

Lucas Lima

Colaboração no Conteúdo:

Erivelto Mussio

Sandro Leonhardt

Lenita Soares

Projeto Gráfico:

Gus Schmoekel

Revisão:

Erivelto Mussio

Luciana Lima

Lucas Lima

Silmara Nardi

Vilma Mialsky

Organização:

Lucas Lima



Todos os direitos relativos à essa obra, como reprodução, alteração, distribuição, comercialização, pertencem ao seu criador ou editor; e só podem ser utilizados com expressa autorização de ambos.