

Indústria do plástico acompanha as novas demandas de mercado

Realizada no último mês de outubro, em Dusseldorf (Alemanha), a feira K mais uma vez se firmou como a maior vitrine de equipamentos e materiais para a indústria do plástico, apresentando respostas às solicitações de um mercado que encara desafios em diversas frentes, tanto no quesito competitividade quanto no atendimento a normas ambientais ou aos novos hábitos do consumidor contemporâneo, mais exigente e mais consciente.

*Antonio Augusto Gorni
(colaborou Hellen Souza)*

Com cerca de 3.200 expositores, a feira K, realizada em outubro do ano passado em Dusseldorf, Alemanha, atraiu em torno de 218 mil visitantes de 140 países, confirmando o caráter cosmopolita do maior evento de divulgação de máquinas, equipamentos, matéria-prima e acessórios voltados para a indústria do plástico. Embora o número de visitantes tenha sofrido uma leve queda em relação à edição de 2010, quando foi registrado um público de 222,4 mil pessoas, os resultados de pesquisas posteriores ao evento apontam que os compradores presentes fizeram valer a sua participação. Consultados ao final da feira, 82% dos expositores afirmaram ter grandes expectativas de concretizar os negócios iniciados durante o evento.

Por se tratar de um encontro onde o desenvolvimento tecnológico se consolida e se traduz em técnicas e processos prontos para serem comer-

transformação de plásticos nos diversos cantos do mundo.

Entre as principais tendências tecnológicas detectadas durante a fei-

ra destacaram-se o desenvolvimento acelerado de técnicas de obtenção de componentes leves e ultrarresistentes. Fabricantes de máquinas e de materiais combinaram em um único processo técnicas de produção de termofixos às de moldagem de termoplásticos, levando ao desenvolvimento de métodos híbridos cujo objetivo é fazer os plásticos darem um passo



Participação de visitantes de 140 países confirmou o caráter cosmopolita da feira

cializados, a feira é um termômetro preciso das novidades que têm potencial para emplacar junto aos usuários, convertendo-se em reais mudanças no dia a dia das indústrias de

adiante na competição com os metais na construção de componentes estruturais, notadamente para o setor automotivo.

A pesquisa de biopolímeros continuou a apresentar resultados e a contri-

buir para que esta nova classe de materiais se estabeleça como alternativa economicamente viável aos plásticos convencionais em diversas aplicações. Encorpendo este apelo à sustentabilidade, a evolução do uso do CO₂ na síntese de polímeros pareceu também caminhar para a plena viabilidade comercial, constituindo algo realmente revolucionário no que diz respeito ao combate à proliferação de gases de efeito estufa lançados na atmosfera, com potencial para movimentar de forma decisiva o mercado de créditos de carbono.

A disseminação das técnicas de fabricação de tubos de grande diâmetro, já observada na edição de 2010 da feira, também pareceu se estabelecer de forma definitiva, puxada pela demanda decorrente do avanço da urbanização das populações e da ampliação do acesso a serviços de infraestrutura e saneamento.

Entre os fabricantes de resina, uma grande aposta foi o desenvolvimento de polímeros com características sob medida para uso em dispositivos de iluminação do tipo *light emitting diode* (LED). Já entre os construtores de máquinas, o uso da computação nas tarefas de gerenciamento e controle, somado à flexibilidade de processos e à economia de energia e sustentabilidade fizeram despontar o conceito de manufatura 4.0, ou seja, fortemente apoiada em recursos computacionais e com um potencial cada vez mais intenso de individualização no atendimento às demandas de consumidores diretos e indiretos. O atendimento desses requisitos fez surgir a iniciativa nomeada “Bluecompetence – Plastics and Rubbers” (Competência Azul – Plásticos e Borrachas, www.bluecompetence.net), da Associação Alemã dos Fabricantes de Máquinas e Equipamentos (*Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau – VDMA*). Um total de 400 empresas já aderiram ao programa, sendo 57 delas fabricantes de equipamentos para o setor de plásticos, que passaram a privilegiar em seus projetos o desenvolvimento de modelos mais econômicos e flexíveis.

Construção leve

A concepção de peças com peso mínimo sempre constituiu uma das ob-

sessões dos projetistas. Mas há ocasiões em que esse objetivo assume importância especial, como foi o caso desta edição da K. A retomada das pesquisas sobre a assim chamada “construção leve” pode ser atribuída à necessidade de se cumprirem os limites legais das emissões de gás carbônico pelos automóveis, os quais foram estabelecidos pela União Europeia e pelos Estados Unidos e cujos prazos estão se esgotando. Por esse motivo, muitas empresas apresentaram no evento seus estudos de caso em que o objetivo primordial foi minimizar o peso de componentes usados em várias aplicações. Um dos desenvolvimentos mais interessantes observados na feira foi um processo que, em sua versão básica, usa a assim chamada “chapa orgânica”, composta por um filme de resina termoplástica com reforço de fibras longas, o qual é aquecido e conformado mecanicamente usando-se o próprio ferramental da moldagem por injeção, com a possibilidade de ter detalhes incorporados a ela por meio de sobremoldagem, feita por injeção posterior de resina. Variantes desse mesmo processo foram apresentadas por várias empresas durante a K 2013.

No caso específico da BASF (www.plasticsportal.com) esse processo recebeu o nome de Ultracom. A chapa orgânica, denominada Ultralaminat, é feita com tecido de fibra de vidro impregnado com filme de poliamida (Ultramid). Eventualmente pode-se também aplicar reforços localizados usando-se a assim chamada Ultratape, uma fita reforçada com fibras de carbono ou de vidro que também é impregnada com Ultramid. No caso da chapa orgânica, as camadas individuais de resina e fibra de reforço são consolidadas pela aplicação de calor e pressão, processo que a torna rígida. Esse sistema também inclui a sobremoldagem por injeção de resina sobre as chapas orgânicas, permitindo a incorporação de elementos construtivos, tais como nervuras e bordas. Dessa forma fica viabilizada a manufatura de peças com formato complexo e funções específicas. Um programa de computador desenvolvido especificamente para este processo auxilia na elaboração do projeto de peças, de forma a se chegar a

um componente otimizado que tira pleno proveito das vantagens oferecidas pelo processo Ultraform.

A Arburg (www.arburg.com) apresentou um conceito semelhante, desenvolvido dentro do projeto conjunto LIPA (*Lightweight Integrated Process Application* ou Aplicação Leve com Processo Integrado) envolvendo as empresas Georg Kaufmann Formenbau (www.gktool.ch), responsável pelas áreas de desenvolvimento de processo, engenharia e fabricação dos moldes; Kistler Instrumente (www.kistler.com), que atuou na monitoração do processo e tecnologia de sensores; Quadrant Plastics (www.quadrantplastics.com), responsável pelo projeto do componente e fabricação da chapa orgânica; e Krelus (www.krelus.ch), que forneceu os dispositivos para aquecimento por infravermelho.



Reforço para coluna B de automóveis feito por conformação de chapa orgânica reforçada com fibras contínuas mais sobremoldagem de nervuras e outros detalhes usando poliamida. Esta peça composta pesa 200 gramas e possui comprimento superior a 500 mm

A peça utilizada para demonstrar o processo durante a K 2013 foi um reforço para coluna B de automóveis, mostrado na figura abaixo, com peso de 200 gramas e comprimento de 500 mm. Sua manufatura se inicia com o aquecimento por infravermelho e estampagem da chapa orgânica pelo próprio ferramental de injeção, obtendo-se assim um primeiro esboço do componente. A seguir o molde se fecha e é feita a sobremoldagem por injeção de poliamida reforçada com fibras longas, com comprimento de até 50 mm, sobre a chapa orgânica, obtendo-se dessa forma a configuração final do componente. Uma vez que a temperatura da chapa orgânica é superior à da resina fundida que está sendo injetada, a união entre elas é perfeita. Todo o processo ocorre dentro de um tempo de ciclo de 40 segundos. Esta peça pode substituir adequadamente um compo-

nente feito de aço avançado de alta resistência processado por estampagem a quente - e, simultaneamente, reduzir seu peso em até 30%. Entre outras aplicações automotivas onde esse novo processo pode ser usado encontram-se, por exemplo, reforço de para-choques, módulo estrutural do assoalho, suporte estrutural para módulos de portas, travessas do teto, etc. Como se pode observar, vários deles são componentes críticos do ponto de vista da segurança contra colisões, pois devem absorver altas quantidades de energia mecânica antes de se romper.

A Lanxess (www.lanxess.com), em conjunto com o Instituto para Transformação de Plásticos (www.ikv-aachen.de), apresentou na K 2013 seu próprio processo em duas etapas para a fabricação de compósitos termoplásticos reforçados com fibra contínua. Na primeira etapa as fibras secas semiacabadas são completamente impregnadas com uma resina de caprolactama fundida da Lanxess numa cavidade fechada aquecida. Inicia-se então a polimerização aniônica da caprolactama por abertura de anel, obtendo-se a poliamida 6. Após alguns minutos o compósito termoplástico reforçado com fibras contínuas está pronto para ser desmoldado. Na segunda etapa esse componente compósito é inserido num molde de injeção, sendo então sobremoldado com resina termoplástica, obtendo-se então uma peça

funcionalizada. O novo processo apresenta alto grau de automação, nenhum retrabalho, baixo tempo de ciclo e alta eficiência energética; do ponto de vista do componente, ele implica alta integração funcional e capacidade para alinhar as fibras de acordo com as cargas mecânicas aplicadas.

A chapa da Lanxess foi o material adotado pela Engel (www.engelglobal.com) no desenvolvimento de seu processo de moldagem de peças para construção leve. A empresa optou por adaptar ao seu maquinário um forno com lâmpadas de infravermelho para preaquecimento dos laminados, o que representou um ganho expressivo em termos de tempo de ciclo.

Por sua vez, a Reifenhäuser Reicofil (www.reicofil.com) apresentou um novo conceito de chapa orgânica, o qual combina fibras de reforço e não-tecidos. Neste caso a matriz termoplástica é constituída de não-tecido ao invés de filme. A produção da matriz termoplástica e a aplicação das camadas de fibra de reforço são feitas em linha durante a fabricação do semi-acabado. Uma vez que as camadas não são consolidadas diretamente, o semi-produto pode ser bobinado, pois as camadas aderem entre si, mas continuam flexíveis. A consolidação das camadas e sua conformação no produto com baixo peso ocorrem em uma única etapa, consumin-

do menos energia para o aquecimento e resfriamento. Este novo semi-produto pode apresentar largura de até três metros e comprimento ilimitado, uma vantagem muito interessante quando se considera que as chapas orgânicas convencionais possuem largura máxima de 1,3 metros.

Ainda na área automotiva, o Instituto para Construção Leve e Tecnologia de Plásticos (*Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik – ILK*, tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/ilk) apresentou nesta oportunidade as abordagens construtivas adotadas no InEco, um automóvel-conceito elétrico para quatro pessoas, com baixo peso (900 kg), cujo projeto vem sendo desenvolvido através da cooperação entre 25 parceiros, como a Poschwatta Automotive Design (www.nilsposchwatta.de), Leichtbau-Zentrum Sachsen (www.lzs-dd.de), ThyssenKrupp Tech Center Carbon Composites (www.thyssenkrupp.com) e Evonik (www.evonik.com). Esse conceito se caracteriza pela aplicação de múltiplos materiais, incluindo estruturas-sanduíche com camada externa feita de plástico reforçado com fibra de carbono e núcleo de espuma estrutural. Este automóvel é constituído de 31% em peso de aço, 16% de plásticos reforçados com fibra de car-

bono, 13% de polipropileno, náilon e náilon 6; 10% de alumínio e 16% de materiais usados em suas baterias.

Em setembro passado a BMW (www.bmw.com) iniciou a produção de seu automóvel elétrico i3, o qual é constituído de célula para os ocupantes feita com plástico reforçado com fibras de carbono e chassi de alumínio. Os dois módulos são unidos por meio de adesivos. Segundo a empresa, o veículo será vendido a partir de novembro, ao preço de 35.000 euros (105.000 reais). Cada unidade leva 20 horas para ser produzida, sendo que a célula para os passageiros e o chassi podem ser fabricados de forma independente.

Seguindo a mesma tendência de unir o plástico reforçado a outras matrizes poliméricas, a Krauss-Maffei (www.kraussmaffei.com) apresentou seu mais novo sistema para produção integrada no molde, o qual é capaz de moldar peças de poliuretano reforçado com fibra de carbono por injeção com qualidade superficial boa o suficiente para permitir sua pintura direta, ainda dentro do molde. O equipamento para demonstração presente na feira produzia o teto para o veículo Roding Roadster R1, componente que apresentava área de 0,6 m² e espessura total de 2 mm, dos quais 0,2 mm correspondem à sua casca superficial; sua fração de fibras de reforço é da or-

dem de 50%. A matriz da peça é constituída de PU fornecido pela Henkel (www.henkel.com), enquanto o revestimento superficial é um sistema de poliuretano alifático resistente à radiação ultravioleta fornecido pela Rühl Puomer (www.ruehl-ag.de). Esse veículo possui potência de 320 hp e peso de 950 kg, dos quais 120 kg correspondem a peças reforçadas com fibra de carbono.

A proposta de obtenção de estruturas compósitas a partir de termoplásticos reforçados levou a DSM (www.dsm.com), de origem holandesa, a anunciar já durante a feira a sua adesão ao projeto LIPA, contribuindo com a sua experiência no desenvolvimento de aplicações da poliamida 6 em etapas que incluem a seleção de materiais, o desenvolvimento de peças, a engenharia e o processamento. A empresa oficializou assim a sua aposta na moldagem por injeção combinada à conformação de compósitos termoplásticos reforçados com fibra visando aplicações automotivas leves e de alta resistência. A companhia também integra o programa Enlight, patrocinado pela União Europeia, que visa acelerar o desenvolvimento tecnológico de materiais compósitos com potencial para redução de peso dos veículos elétricos. Durante a feira ela lançou sua linha de compósitos refor-

çados com fibra de carbono tendo como base a poliamida 4.10 EcoPaXX, a poliamida 6 Akulon e a poliamida 4.6 Stanyl, voltadas para a fabricação de componentes semi-estruturais para lataria e chassi de automóveis.

Outro exemplo interessante de construção leve, na forma de uma aba para um compartimento para armazenamento com moldura para reforço feito com compósito termoplástico, foi desenvolvido em conjunto pela Ticona (www.ticona.com.br), a divisão da Celanese Corporation (www.celanese.com) especializada em plásticos de engenharia, o Instituto Fraunhofer para Tecnologia Química (*Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie – ICT*, www.ict.fraunhofer.de) e EDAG GmbH (www.edag.de). Os níveis de razão rigidez/resistência mecânica e de tenacidade que eram necessários para essa aplicação foram conseguidos pelo uso da fita UD (*unidirectional*) feita com Celstran, um grau de PP reforçado com 70% de filamentos contínuos e unidirecionais de vidro. Essas fitas pré-impregnadas são processadas numa cadeia de processos com alto nível de automação. O projeto de componentes usando esse material, desenvolvido por CAE, deve ser feito de forma a alinhar as fitas UD na forma de múltiplas camadas depositadas de forma otimizada em relação ao trajeto de carga

mecânica, de acordo com os requisitos específicos do componente.

Outra aplicação interessante apresentada na K foi o primeiro leme horizontal aeronáutico feito com compósito termoplástico, o qual possui 3 metros de comprimento e será produzido em escala comercial para o helicóptero AgustaWestland AW169. Essa aplicação foi desenvolvida pela Ticon, em conjunto com a Fokker Aerostructures (www.fokker.com/aerostructures), AgustaWestland (www.agustawestland.com) e TenCate Aerospace Composites (www.tencate.com/amer/aerospace-composites). Esta versão do componente foi feita a partir de um *prepreg* à base de Fortron, um grau de poli(sulfeto de fenileno) (PPS), e apresenta peso 15% inferior à peça da geração anterior, a qual era feita usando compósitos convencionais.

Um conceito mais tradicional de construção leve foi apresentado pela Lüttgens Kunststoff-Technik (www.luettgens.de): uma peça híbrida polí-

mero-metal para fechamento da tampa traseira de automóvel, com comprimento de 70 mm e peso de 13 g, feita por meio de sobremoldagem por injeção de um componente de metal estampado com poliamida reforçada com fibras de vidro.

A redução de peso – entre 40 a 50% – obtida com a substituição do vidro pelo policarbonato com revestimento especial nas janelas de automóveis é um objetivo que vem sendo perseguido há 13 anos, desde a edição do ano 2000 da feira NPE. A Exatec, empresa criada naquele ano, e que agora está associada à Sabic (www.sabic-ip.com), conseguiu algum sucesso no caso de tetos solares de veículos europeus feitos de poliuretano. Desta vez foi mostrado o uso deste polímero nas janelas laterais do automóvel-conceito híbrido XL1, desenvolvido pela Volkswagen, as quais são 33% mais leves do que suas contrapartes convencionais feitas com vidro e que podem ser abaixadas e levanta-

das pelos ocupantes do veículo. Trata-se de uma contribuição fundamental para este veículo alcançar sua meta de consumo: rodar 100 km com apenas um litro de diesel (veja a seção de aplicações desta edição, na página ...)

A Evonik (www.evonik.com) também está propondo substituir o vidro nos para-brisas e janelas automotivos, mas por outro tipo de plástico: Plexiglas, ou seja, polimetilmetacrilato (PMMA). Além da vantagem da redução de peso, este material oferece mais liberdade de *design* do que o vidro, podendo assumir formatos diferentes conforme o projeto específico do veículo, além de eventualmente ser integrado a outras funções. Contudo, seu uso é indicado para vidros fixos, já que sua superfície se risca com relativa facilidade durante sua movimentação, devido ao atrito que ocorre entre ele e as guarnições de borracha das janelas.

Os institutos de pesquisa também se engajaram na proposta da construção

leve. O Instituto Fraunhofer para Durabilidade Estrutural e Confiabilidade de Sistemas (*Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit – LBF*, www.lbf.fraunhofer.de) desenvolveu um novo tipo de ensaio que permite determinar mais precisamente as propriedades mecânicas de resinas. Ele consiste em aplicar pressão interna através de um fluido, geralmente água, sobre um corpo de prova moldado por injeção que apresenta interior oco, designado pelo nome *MultiTester*. Dessa forma é possível verificar o efeito de espessura de parede, influências ambientais, solicitações mecânicas ou fibras de reforço sobre as características mecânicas do material.

O processo CellMould foi a aposta da Wittmann Battendorf (www.wittmann-group.com) no segmento de construção leve de componentes. A empresa combinou a técnica de expansão microcelular da resina ao processo Variotherm de balanceamento do resfriamento de moldes, o que permitiu a obtenção de peças expandidas, de menor peso, mas com acabamento superficial perfeito para aplicação em itens visíveis destinados, por exemplo, ao interior de automóveis. A unidade para fornecimento de gás é adaptada no cilindro da injetora, entre as zonas de alimentação e de mistura, realizando o aporte



A combinação do processo Variotherm com o Cellmould, da Wittmann, permitiu a produção de peças ultraleves com bom acabamento superficial

te de nitrogênio ou CO₂ em estado supercrítico, o que promove a expansão do material deste ponto em diante. Para isso, é necessário que o comprimento da unidade de plastificação seja um pouco maior. Enquanto em modelos convencionais é suficiente uma relação L/D de 20, neste caso é necessária a L/D de 26 para proporcionar espaço e tempo de processo ne-

cessários à formação das bolhas. O resfriamento lento e controlado do molde faz com que as microbolhas se afastem lentamente da superfície, buscando o núcleo quente de material. Na sequência ocorre um resfriamento forte, que proporciona o brilho necessário para o bom acabamento da peça.

O sistema da Wittmann é semelhante ao MuCell, desenvolvido pela Trexel (www.trexel.com), que divulgou na fei-



Console central para modelo de automóvel da Hyundai, feito em composto de PP com carga de esferas de vidro da 3M, moldado pelo processo MuCell, da Trexel

ra a parceria com a 3M para uso de esferas de vidro nas formulações de polipropileno moldadas pelo seu processo de expansão. O uso das chamadas *glass bubbles*, promoveria a redução de até 40% da densidade das peças, se comparadas a itens semelhantes obtidos com PP contendo talco como carga.

Manufatura aditiva e individualizada

O universo de recursos computacionais e a disseminação da impressão 3D levaram a Arburg a lançar na feira a máquina Freeformer, que marca de maneira definitiva a entrada da empresa no universo da prototipagem rápida combinada à manufatura individualizada de componentes. A máquina possui uma mini-unidade de plastificação, com cerca de 15 mm de comprimento ao final da qual é posicionado um êmbolo acionado por sistema piezoelétrico que opera com frequência de 100 Hz, depositando cerca de 100 gotas de material fundido por segundo sobre uma plataforma móvel posicionada em uma mesa indexada cuja movimentação em três eixos (XYZ) permite a composição da



Apresentação performática marcou o lançamento da impressora 3D Freeformer, da Arburg

peça camada por camada, a partir de um arquivo em CAD. A máquina lê diretamente o arquivo em CAD, dispensando a sua conversão para formatos normalmente compatíveis com impressoras 3D e a mesa pode ser adaptada para se mover em cinco eixos, proporcionando liberdade na definição de formato do componente que está sendo moldado a partir das gotas, as quais têm cerca de 0,25 mm de diâmetro. De acordo com informa-

ções da empresa, podem ser obtidos protótipos funcionais com o mesmo material que será especificado para a manufaturadas peças. Ou ainda, podem ser obtidas peças sob medida ou pequenas séries. O desenvolvimento resultou de nove anos de pesquisa envolvendo várias patentes, desde 2004, e fez com que a empresa criasse uma divisão de negócios, denominada Freeforming. No dia do lançamento, mantido sob sigilo até o último momento, a primeira solicitação do equipamento foi de um cliente brasileiro.

Matéria-prima

Os esforços para a síntese de monômeros a partir do gás carbônico presente na atmosfera, os quais haviam sido iniciados por ocasião da K 2010, continuam em pleno andamento. Durante esta edição da K a BayerMaterialsScience (www.bayermaterialsscience.com) anunciou a intenção de montar uma planta para sintetizar um dos componentes usados na fabricação de poliuretano para travesseiros, o poliéterpolicarbonato-poliól, usando gás carbônico como matéria prima. Essa fábrica, que deverá ter capacidade anual de produção de várias centenas de toneladas, iniciará suas atividades em 2015, e se situará em Dormagen (Alemanha). Essa tecnologia já foi previ-

amente testada durante dois anos numa unidade piloto.

Também a Organização de Pesquisa Comunitária Científica e Industrial (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization - CSIRO*, www.csiro.au), com sede em Melbourne, Austrália, relatou seus esforços voltados para a síntese polímeros biodegradáveis a partir do gás carbônico, como um grau de poli(carbonato de propileno) (PPC) com fração de até 48% de CO₂.

Já os bioplásticos, estrelas das duas últimas edições da K, se mantiveram na ribalta, mas agora de forma bem mais discreta. Novos bioplásticos continuam a ser introduzidos no mercado e são cada vez mais aplicados, mas sua expansão continua sendo limitada por fatores técnicos e econômicos. De toda forma, é uma tendência que veio para ficar. Recentemente foi apresentada uma proposta no Parlamento Europeu no sentido de se banir os plásticos sintéticos a partir de 2020. Embora ela tenha sido considerado absurdo, esse fato reflete a impaciência de alguns setores da sociedade frente ao problema dos rejeitos plásticos.

Um levantamento contido num relatório recentemente publicado pelo Nova-Institute (www.bio-based.edu/market_study) sobre biopolímeros indica que a capacidade de produção desses

materiais é maior do que se estimava. Segundo essa fonte, foi registrada em 2011 uma produção anual de 3,5 milhões de toneladas anuais de biopolímeros, o que corresponde a 1,5% da produção total do material, que foi da ordem de 235 milhões de toneladas. Esse valor é bem maior do que o volume de 568.000 t/ano de biopolímeros (0,11% da produção total) que havia sido previsto pela European Bioplastics (www.european-bioplastics.org) por ocasião da K 2010. De fato, esta última entidade se mostra mais conservadora em suas previsões para os bioplásticos, afirmando que em 2016 a produção mundial desses materiais atingirá 5,8 milhões de toneladas por ano. Já o Nova Institute prevê uma produção de 8 milhões de toneladas anuais para esse mesmo ano, apostando em cerca de 12 milhões por ano em 2020.

Um dos destaques nesta área foi o Ocalio, um grau de acetato de celulose desenvolvido pela Solvay (www.solvay.com) contendo 30% de plastificante. Ele é produzido a partir de polpa de celulose e, por esse motivo, a exploração de sua matéria prima não compete com a produção de alimentos. De acordo com seu fabricante, suas propriedades técnicas e desempenho são comparáveis aos dos plásticos convencionais, sintetizados a partir do petróleo, podendo ser usados como plástico de engenharia em

substituição ao polimetilmetacrilato (PMMA), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e policarbonato (PC). Devido à sua transparência e qualidades estéticas, pode-se prever que ele encontrará muitas aplicações nas embalagens para cosméticos e alimentos. No momento, sua fração com origem biológica é de 50%, mas a Solvay tem como objetivo aumentar esse valor para 70%.

Economia de energia

As severas restrições às emissões de gás carbônico e a escalada do preço da energia trouxeram novamente à tona o tema da eficiência energética. A exemplo da redução de peso, essa questão nunca deixou de sair do radar das empresas; eventualmente a redução de energia era incorporada à questão da sustentabilidade por se tratar de um tópico mais palatável em termos de *marketing*.

A emergência da questão da economia de energia ficou bem clara com o anúncio da “Bluecompetence – Plastics and Rubbers” (Competência Azul – Plásticos e Borrachas, www.bluecompetence.net), uma iniciativa da Associação Alemã dos Fabricantes de Máquinas e Equipamentos (*Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau – VDMA*, plastics.vdma.org) que



Pequenos cavalos azuis distribuídos ao público simbolizavam a iniciativa Bluecompetence, da VDMA, que visa reunir fabricantes de máquinas em torno de projetos de redução do consumo de energia

tem por objetivo aumentar a sustentabilidade do processamento e aplicação dos plásticos, a qual já agrega 57 fabricantes de equipamentos para a indústria do plástico ao redor do mundo. Nos últimos 20 anos o consumo de energia pelos transformadores europeus de plásticos caiu 30%. Mas, de acordo com a Associação Europeia dos Fabricantes de Máquinas para

Plásticos e Borracha (*European Plastics and Rubber Machinery – Euromap*, www.euromap.org), é possível prever que esse consumo cairá mais 50% até 2020, graças principalmente a melhorias implementadas no acionamento das máquinas.

A Reifenhuser (www.reifenhuser.com) apresentou os resultados de testes efetuados com um conceito interessante de refrigeração para extrusoras, em que o sistema de circulação de água foi substituído por geradores termoelétricos, os quais convertem o calor em energia elétrica através do efeito Seebeck. Infelizmente essa promissora alternativa não se revelou eficiente, o que fez com que os pesquisadores invertessem a situação: os geradores termoelétricos passaram a ser usados para controlar a temperatura de pontos específicos da extrusora, usando agora também o efeito Peltier, ou seja, o aquecimento do gerador por meio da aplicação de uma corrente elétrica a

ele. A associação desses geradores mais ventiladores permitiu eliminar o sistema de água utilizado para controlar a temperatura nesses pontos específicos. Esse conceito se mostrou tecnicamente consistente, mas ainda não é economicamente viável. Contudo, os técnicos da Reifenhuser acreditam que o preço dos geradores termoelétricos cairá ao longo do tempo e eles se tornarão viáveis por volta de 2020, uma vez que estão sendo cada vez mais usados na engenharia automotiva e na refrigeração de processadores em microcomputadores.

Outro aspecto ressaltado pela Reifenhuser no sentido de se reduzir o consumo de energia e as emissões de gás carbônico durante a transformação de plásticos é a necessidade de cada empresa processadora de plásticos verificar qual fonte de energia para aquecimento é a melhor: elétrica ou gás natural. A diferença entre o preço por unidade energética desses

insumos, o qual varia de caso para caso, definirá qual é a mais favorável. Por exemplo, no caso dos E.U.A., onde o preço do gás natural despencou devido à grande oferta desse combustível decorrente da exploração das reservas de xisto, o uso de eletricidade para aquecimento merece uma avaliação mais cuidadosa.

Uma forma de se economizar energia durante a fabricação de compósitos poliméricos consiste no uso de aquecimento por micro-ondas durante o processamento desse material. A Vötsch Industrietechnik (www.voetsch-ovens.com) apresentou um equipamento desse tipo, denominado VHM Hephaistos, o qual apresenta alta homogeneidade do campo de indução. As micro-ondas aquecem apenas o compósito (reforçado, por exemplo, com fibras de carbono) e não o equipamento em si, aplicando a energia para aquecimento de forma mais rápida e eficiente. Este equipa-

mento é fornecido em vários tamanhos, com volume de câmara variando entre 0,75 e 7 m³, sendo possível introduzir ferramentais metálicos em seu interior sem a ocorrência de faiscamento. O desenvolvimento do equipamento foi feito de forma conjunta entre essa empresa, o Instituto de Tecnologia de Karlsruhe (*Karlsruher Institute für Technologie – KIT*, www.kit.edu), o Instituto para Construção Aeronáutica (*Institut für Flugzeugbau – IFB*, www.ifb.uni-stuttgart.de) e o Centro de Pesquisa em Compósitos EADS (www.eads.com).

Um exemplo das inovações voltadas para economia de energia que foram adotadas na área de moldes e ferramentais consiste no uso de gás carbônico ao invés de água para o controle de temperatura de áreas com formato complexo e paredes finas da peça moldada. Conforme constatado pela Gesellschaft Wärme Kältetechnik (www.gwk.com), esse meio gasoso viabiliza o resfriamento eficiente, eventualmente na forma de gelo seco, e não forma depósitos que podem vir a afetar o fluxo ou mesmo entupir os canais de resfriamento do molde. A novidade agora é que o gás carbônico também está sendo usado para aquecer o molde quando isso se faz necessário. Esse novo sistema comprime o gás carbônico gasoso até um valor adequado de pressão, fazendo com que ele se aqueça num local próximo à cavidade do molde. Ao contrário da água ou vapor aquecido, o gás carbônico não fica em estado crítico, mesmo quando exposto a altas temperaturas. O uso de gás carbônico para a moldagem por injeção auxiliada por fluido ou a refrigeração de moldes também foi objeto de estudos desenvolvidos pela TiK – Technologie in Kunststoff (www.tik-center.de) e pela Linde Gas (www.linde-gas.com).

Já a Arburg (www.arburg.com) aplicou o conceito de eficiência energética na unidade fabril em que são produzidas as suas máquinas, em Lossburg (Alemanha), empregando energia proveniente de fontes renováveis, tais como fotovoltaica, eólica e geotérmica, além do aproveitamento do calor proveniente do maquinário em operação.

Iluminação por LEDs

O introdução dos diodos emissores de luz (*light emitting diode, LED*) no mercado, especialmente na área automotiva, implicou novos desafios para os plásticos usados na área de iluminação, os quais já haviam sido descritos na cobertura da edição de 2007 da feira K. Os LEDs não podem ser expostos a temperaturas excessivas, o que obriga a uma rápida e intensa dissipação do calor gerado. Uma primeira solução para esse problema consistiu no uso de peças feitas com alumínio fundido para alojar os LEDs, devido à alta



Aplicação das formulações Therma-Tec, da PolyOne, em dispositivos para iluminação por LED

condutividade térmica e ao baixo peso desse material. O alumínio é um metal relativamente leve, mas o uso de plásticos nesta aplicação reduziria ainda mais o peso dos componentes, desde que eles pudessem apresentar valores suficientemente altos de condutividade térmica.

A PolyOne (www.polyone.com) comunicou que a Mars Automotive (www.marsoto.com), um fabricante de sistemas de iluminação para veículos de transporte, adotou suas formulações poliméricas Therma-Tech com alta condutividade térmica para substituir materiais metálicos usados no dissipador de calor associado aos sistemas de iluminação com LEDs. As formulações Therma-Tech são feitas com diferentes polímeros-base conforme o tipo específico de aplicação, tais como poli(tereftalato de butileno), poliamida 66 e poli(sulfeto de fenileno).

A Arkema (www.arkema.com) anunciou o desenvolvimento do grau de PMMA Altuglas Diffuse, que combina a eficiência na transmissão com a maior capacidade de difusão de luz, característica interessante para os desenvolvedores de luminárias de LED. A linha Diffuse apresenta o mesmo grau de eficiência na transmissão (92%) de um PMMA convencional, mas proporciona também a difusão da luz e, conseqüentemente, uma sensação visual mais agradável. O desenvolvimento recente substitui o PPMA contendo carga mineral branca, acrescentada com a função de difundir a luz, mas que normalmente compromete a eficiência da transmissão.

A Ticona/Celanese (www.celanese.com) também apresentou nesta edição da K uma nova geração do Thermx, resina à base de poli(tereftalato de ciclohexileno-dimetileno) (PCT) com proposta semelhante, pois possui coloração superbranca, o que a torna particularmente adequada para aplicações envolvendo a reflexão da luz de LEDs e outras fontes luminosas. Além disso, segundo seu fabricante, apresenta níveis de estabilidade sob luz e calor similar aos das poliamidas para alta temperatura já disponíveis no mercado.

Já a Evonik ressaltou o uso de sua resina Plexiglas (PMMA) na fabricação de lentes e coberturas para luminárias de LED. A alta transparência desse polímero, aliada à sua alta capacidade para reprodução de detalhes do molde, permite guiar a luz da forma mais adequada conforme a aplicação específica.

Tubos de grande diâmetro

Tubos plásticos com grande diâmetro, feitos de PE ou PVC, tiveram um discreto destaque na K 2010, uma vez que sua produção tinha começado a aumentar em função da intensa atividade na instalação de linhas para distribuição de água potável e saneamento nos países em desenvolvimento, bem como a renovação dessas instalações nos países já desenvolvidos. Essa tendência ficou ainda mais evidente nesta edição da feira, com vários expositores mostrando seus últimos desenvolvimentos e capacitações nesta área

como, por exemplo, a alemã Krah (www.krah.net) ou a canadense Corma (www.corma.com), capazes de extrudar tubos de PE com diâmetro externo de 4.000 mm.

A Battenfeld-Cincinnati (www.battenfeld-cincinnati.com) divulgou equipamentos com capacidade para produzir tubos de polietileno com 2.500 mm de diâmetro e até 83,3 mm de espessura. Para tubos de PVC, o limite de diâmetro é de 1.600 mm. Na ocasião, a empresa divulgou uma grande instalação executada recentemente em uma empresa brasileira, da Baixada Santista, em que o equipamento produz continuamente tubos de 1.000 mm de diâmetro. As seções dos tubos são cortadas e lançadas diretamente ao mar para serem transportadas até a Região Sul do País, onde compõem as instalações de um emissário submarino. De acordo com informações da empresa, as mineradoras também têm demandado um grande volume de tubos de grande diâmetro, pois os utiliza para escoar a massa bruta de mineração.

Já a Molecor (www.molecor.com) continuou desenvolvendo seus tubos extru-



Tubos de PVC de grande diâmetro produzidos em equipamento da Battenfeld-Cincinnati

dados de grande diâmetro, feitos de PVC, incluindo a aplicação de orientação molecular e resfriamento rápido com ar (PVC-O), cujo diâmetro máximo passou de 500 mm para 630 mm entre 2010 e 2013. A companhia informa que já dispõe de tecnologia que possibilitará aumentar esse diâmetro para 800 mm.

Aditivos

A disseminação de produtos falsificados tornou-se endêmica no mundo todo, a ponto de surgirem até mesmo produtos falsificados com maior ou menor grau de qualidade, mas todos igualmente ilegítimos. A Câmara Internacional de Comércio de Paris estima que a pirataria de marcas cause prejuízos da ordem de um trilhão de dólares por ano. Uma forma para se combater esse problema no caso específico dos plásticos consiste em incorporar ao material um aditivo com propriedades químicas ou físicas específicas (e, obviamente, tão desconhecidas quanto possível) cuja presença ateste que o produto em questão é legítimo.

Um desses aditivos, específico para uso em fibras sintéticas feitas com polímeros *commodity*, PP, PA e PET, foi desenvolvido pela Grafe Advanced Polymers (www.grafe.com), a qual solicitou seu patenteamento. Esse aditivo é constituído de uma combina-

ção de substâncias químicas, a qual pode ser detectada na aplicação final através de análise química por fluorescência de raios-X. Ele é usado sob baixos teores, geralmente 1%, e é resistente a solventes, soluções de lavagem, banhos de corantes e óleos para fiação. Além disso, ele não afeta as características mecânicas e de tingimento da fibra.

A PolyOne (www.polyone.com) também está entrando nesse segmento, mas na forma de prestação de serviços, com a tecnologia Percept para autenticação de produtos. Além do *masterbatch* a ser utilizado para a autenticação – o qual pode incluir pigmentos, aditivos ou alguma forma de tecnologia de traçador – a PolyOne deseja prestar serviços diretamente a seus clientes, caracterizando inicialmente os riscos potenciais, danos à reputação e exposição de responsabilidades, e só então propondo uma solução adequada e personalizada. Inicialmente esse tipo de serviço só será oferecido na América do Norte e na Europa Ocidental, e seu custo será função do valor que agregará aos produtos dos seus clientes. Os principais clientes identificados pela PolyOne são os que utilizam embalagens, principalmente nas áreas farmacêutica, eletroeletrônica, de alimentos, bebidas, cuidados pessoais, cosméticos, etc.

A empresa alemã Polysecure ([\[polysecure.eu\]\(http://polysecure.eu\)\) fornece aditivos anti-falsificação para plásticos, os quais podem ser identificados nos produtos finais por diversos métodos, como sensores próprios ou mesmo uma simples ponteira de *laser*:](http://www.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Os aditivos feitos a partir de matérias primas renováveis acompanharam o advento dos bioplásticos e continuam a ser desenvolvidos e oferecidos ao mercado. Pode-se citar aqui o exemplo da Metabolix (www.metabolix.com), que oferece aditivos à base de copolímeros de PHA (polihidróxialcanoato) destinados à melhoria de propriedades mecânicas e características de desempenho ambiental do PVC, como o I6001. De acordo com a empresa, esse bioaditivo atua como plastificante e modificador de impacto, além de evitar a adesão do PVC sobre as superfícies metálicas do equipamento de transformação, evitando seu aquecimento e degradação. Ela também lançou outro bioaditivo para PVC, I6003rp, desta vez com o objetivo de melhorar a qualidade do PVC reciclado e, dessa forma, reduzir a taxa de geração de rejeitos desse material.

Determinadas aplicações, tais como a iluminação usando LEDs, requerem plásticos com elevados valores de condutividade térmica, algo virtualmente impossível de se conseguir num polímero puro. É necessário incorporar aditivos ao plástico para me-

lhorar essa propriedade, mas a fração máxima de carga que pode ser incorporada eventualmente é limitada pelos seus efeitos negativos sobre outras características da formulação como, por exemplo, sua processabilidade. De forma geral, a condutividade térmica máxima conseguida numa formulação polimérica é cerca de um décimo do valor apresentado pelo aditivo puro – por exemplo, nas formulações poliméricas contendo alumina consegue-se uma condutividade térmica máxima de 2 W/m.°C. Contudo, uma nova carga, o nitreto de boro hexagonal, comercializado pela ESK Ceramics (www.esk.com) sob o nome comercial de Boronid, permite que esse valor seja aumentado acima de 15 W/m.°C, sem que a processabilidade da formulação seja comprometida. O nitreto de boro apresenta condutividade térmica da ordem de 400 W/m.°C no plano. Além disso, o alto valor da razão de aspecto dessa carga (aproximadamente 1:30)

também contribui para o estabelecimento de trajetos de condução térmica, mesmo quando ela é incorporada sob baixas frações à resina. Frações inferiores a 30% em volume de nitreto de boro viabilizam níveis de condutividade térmica superiores a 5 W/m.°C nas formulações poliméricas. Por outro lado, esse aditivo não afeta as características de resistividade da resina, um fator importante para aplicações elétricas.

A substituição de metais por plásticos em aplicações onde se requer opacidade aos raios X e propriedades magnéticas se tornou viável com a utilização de *masterbatches* desenvolvidos pela Rowa Materbatch (www.rowagroup.com). A opacidade aos raios X é conseguida pela incorporação à resina de pigmentos à base de metais alcalino-terrosos, os quais apresentam alta densidade eletrônica, enquanto as características magnéticas são conseguidas com o uso de materiais mag-

néticos macios aprovados para contato com alimentos.

Injeção direta

A Klöckner Desma Elastomertechnik (www.desma.biz) apresentou sua tecnologia ZeroWaste, baseada na moldagem por injeção e transferência, a qual permite a produção de peças por injeção direta, evitando perdas de 30 a 50% associadas ao material presente nos canais de alimentação. O sistema dispõe de um reservatório de resina fundida sob temperatura controlada e um sistema de fechamento em forma de agulha. Ele é adequado para a moldagem de peças pequenas, com até 30 mm de diâmetro. Além da economia de material, as vantagens deste novo desenvolvimento são os menores tempos de ciclo e a maior produtividade. As distâncias entre os pontos de entrada são pequenas, da ordem de 30 a 32 mm, promovendo homogeneização natural da distribuição

de resina fundida. É interessante notar que a King Steel Machinery, de Taiwan (www.kingsteel.com), estava apresentando injetoras de EVA que utilizavam o mesmo princípio na fabricação de solas para tênis e sandálias, prometendo uma redução dos custos de produção entre 10 e 30%.

Reciclagem

A questão da reciclagem pós-consumo continua a assombrar a indústria do plástico. Enquanto a Alemanha já consegue reaproveitar ou transformar em energia 99% dos rejeitos plásticos pós-consumo lá gerados – o que constitui a respeitável cifra de 5,45 milhões de toneladas – a situação no resto do mundo continua não sendo muito animadora, já que a maior parte do lixo plástico é simplesmente descartada.

O Instituto Fraunhofer para Engenharia de Processos e Embalagens (*Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung – IVV*, www.ivv.fraunhofer.de) divulgou um novo processo para separação de polímeros específicos a partir do lixo plástico, denominado CreaSolv. Os rejeitos plásticos são incorporados a uma mistura de solventes, que dissolve seletivamente determinados polímeros, os quais são separados através de métodos de purificação. O processo foi desenvolvido em colaboração com a CreaCycle



Sistema Viscotec, da Starlinger, recupera o PET tornando-o adequado para uso em embalagens de alimentos

GmbH, a qual desenvolveu formulações específicas de solventes atóxicos e isentos de liberação de substâncias orgânicas voláteis conforme os tipos de rejeitos a serem tratados e os polímeros a serem recuperados. As formulações de solvente são recirculadas dentro do processo, enquanto os polímeros recuperados apresentam características similares às do material virgem. O processo pode também separar aditivos, tais como retardantes de chama à base de bromo e plastificantes. Podem ser processados rejeitos provenientes do pós-consumo, de indústrias eletroeletrônicas, de construção civil ou misturas de embalagens plásticas, além de resinas termoplásticas como ABS, PS, PS expandido, PA, PC, PLA, PVC, PET, PP e PP, bem como suas blendas. Compósitos poliméricos puros, tais como plásticos galvanizados, podem ser reciclados através do processo FiltraSolv, em que o rejeito é tratado

com uma pequena quantidade de solvente e, devido à menor viscosidade, é filtrado no estado fundido. Rejeitos constituídos de materiais compósitos com reforços à base de fibras de carbono ou carvão de silício também podem ser tratados com uma variante do processo CreaSolv, ocorrendo separação da matriz polimérica e do reforço inorgânico.

A Starlinger (www.starlinger.com) divulgou o seu sistema de policondensação para recuperação de PET com a finalidade de fazê-lo retornar ao contato com alimentos. O processo, denominado Viscotec (www.viscotec.at), recebeu ainda durante a feira a certificação da European Food Safety Authority (EFSA) que autoriza o uso do rPET proveniente deste processo na fabricação de embalagens alimentícias.

O significativo aumento da produção de tubos plásticos com grande diâmetro incentivou a Herbold Meckesheim (www.herbold.com) a desenvolver equipamentos para triturá-los e permitir a reciclagem do material que os constituía. O triturador oscilante desenvolvido por essa empresa tem capacidade para processar tubos com diâmetro entre 1.000 e 3.000 mm. O equipamento funciona como uma grande raspadeira, gerando fragmentos com 50 a 100 mm de comprimento, os quais são transportados por esteiras até outro triturador, que os transforma em grânulos com tamanho adequado para o reprocessamento.