

K 2007: surfando na onda verde

Dois fatos significativos ditaram os rumos da feira K deste ano, ocorrida entre 24 e 31 de outubro. O primeiro deles foi o aumento do número de pessoas cada vez mais conscientes dos problemas ecológicos do planeta e que estão tomando atitudes no sentido de reduzir o desperdício de matérias-primas e a geração de rejeitos. O outro fato foi mais uma escalada dos preços do petróleo, essencial para a fabricação das resinas plásticas, que ultrapassou o patamar de 90 dólares o barril – um valor superior ao recorde atingido no segundo choque do petróleo em 1979, já descontada a inflação do período. Essas duas notícias, não exatamente inéditas, presentes com ênfase cada vez maior na mídia, inclusive a brasileira, deram o tom do desenvolvimento de resinas e aditivos mostrados durante a feira e comentados na cobertura a seguir, que mostra também as tendências em termos de maquinário para transformação.

Antonio Augusto Gorni, de Düsseldorf (Alemanha)

A preocupação com a ecologia e a disponibilidade de recursos naturais – na verdade, faces de uma mesma moeda – não é nova; vem praticamente desde os primórdios da Revolução Industrial. Mas, afinal, será desta vez que a “onda verde” se espalhará inapelavelmente pelos corações e mentes da humanidade? Seria uma revolução e tanto. E, já que se está falando de revolução, Nicolau Maquiavel, talvez o mais brilhante (e friamente pragmático) analista político de todos os tempos, pode dar sua contribuição para a resposta a esta questão. Ele afirmou que a introdução de uma nova ordem era uma das coisas mais difíceis de serem feitas, já que seus defensores são sempre tímidos. Afinal, os homens são, por natureza, incrédulos, e só crêem na verdade das coisas novas depois de comprovadas por firme experiência.

A frase anterior é válida para qualquer tipo de inovação, mas parece ter sido feita sob medida para o caso

em análise. Afinal, uma atitude ecológica geralmente implica renunciar a confortos já conquistados



O autor é editor-técnico de *Plástico Industrial*. Colaboraram Gabriela Barros e Hellen Souza.

A feira reuniu 242 mil participantes, 7,6% mais do que 2004

ou a pagar mais caro por eles, em prol de um benefício intangível – o bem-estar das gerações futuras. Como se não bastasse essa intangibilidade, ainda há muitas dúvidas sobre a real gravidade dos danos ambientais causados pelo homem e sobre a futura disponibilidade das reservas de petróleo e outras matérias-primas industriais.

A transição para uma civilização menos predatória do ponto de vista ecológico não será fácil em nenhum ramo industrial – praticamente todos ainda dependem do petróleo ou recursos não-renováveis e geram rejeitos ecologicamente problemáticos. No caso dos plásticos, a disponibilidade de petróleo é um ponto de suma importância, já que, ao menos até este momento, esses materiais são sintetizados diretamente a partir dele. O esforço científico, tecnológico e industrial para criar alternativas economicamente viáveis será imenso.

Estariam os governos, empresas e consumidores realmente dispostos a pagar o preço dessa transição? As sociedades do Primeiro Mundo, já atendidas em suas necessidades básicas, podem se dar o luxo de dispensar ou onerar seus confortos. De fato, não é raro ver-se na própria cidade de Düsseldorf, a sede da feira K, pichações maldizendo o conforto em que se vive no mundo ocidental. Mas, e as enormes populações afluentes de países em rápido desenvolvimento, tais como China e Índia? Aceitarão ser barradas no baile dos modernos confortos materiais? Parece pouco provável, a menos que o espectro das altas cotações das matérias-primas levante sua horrenda cabeça e imponha na marra maior frugalidade no usufruto dos recursos do planeta. Seria a lógica capitalista a tábua de salvação? Venhamos e convenhamos, o bolso ainda é o órgão mais sensível de homens, governos e empresas.

A K, mais uma vez, demonstrou sua perfeita sintonia com as últimas tendências e preocupações no universo do plástico. Nesta oportunidade, o principal tema do evento – na verdade, praticamente uma obsessão – foram os desenvolvimentos que estão sendo feitos para reduzir a dependência do setor em relação ao petróleo e para tornar os materiais poliméricos mais amigáveis do ponto de vista ecológico ao longo de todo seu ciclo de vida. Também foi enfatizado o papel dos polímeros no sentido de poupar energia e recursos naturais. Esses temas sempre estiveram presentes nas últimas edições da K, mas desta vez seu impacto foi avassalador, mostrando uma saudável preocupação da indústria do plástico com seu futuro a longo prazo.

Por outro lado, excetuando-se essa obsessão “verde”, foram observadas muito poucas novidades adicionais na feira. O relativo marasmo técnico, que já vem sendo observado há anos nas duas principais feiras internacionais do plástico – K e na NPE, nos Estados Unidos – continuou. Essa tendência foi reforçada pelo fato de uma das principais empresas inovadoras na área de resinas de engenharia, a GE Plastics (www.geplastics.com), ter sido surpreendentemente adquirida por uma empresa saudita de plásticos *commodity*, poucas semanas antes da feira. A antiga GE Plastics, que já não esteve presente na última edição da NPE, em 2006, apresentou-se na K já com sua nova designação, Sabic Innovative Plastics (www.sabic-ip.com), incorporada ao estande da empresa saudita Sabic.

Desta vez, a K contou com 3.130 expositores, um aumento de 7,4% em relação a 2004. Essa taxa foi bem maior que os 1,5% de aumento no número de expositores observado entre 2001 e 2004. Contudo, pareceu que a área efetivamente

ocupada foi ligeiramente menor do que em 2004. Afinal, foram observados alguns poucos espaços vazios entre os estandes em alguns galpões, os quais foram estrategicamente ocupados com sofás e poltronas para regozijo dos cansados visitantes. O número de participantes ficou na casa dos 242.000, um aumento de 7,6% em relação aos números de 2004, mas ainda 8,8% inferior aos 265.000 visitantes observados em 1998. Note-se, contudo, que hoje a K tem um dia a menos de funcionamento do que em 1998.

Resinas

É interessante notar que resinas sintetizadas a partir de matérias-primas naturais tiveram uma presença bastante morna por ocasião da última NPE, ocorrida em Chicago no mês de junho do ano passado. O enorme destaque que elas tiveram na K parece ser explicado pela recente escalada dos preços do petróleo, a qual está preocupando seriamente os transformadores de resinas plásticas em todo o mundo. A Associação dos Transformadores Europeus de Plásticos (*European Plastics Converters Association*, www.plasticsconverters.eu) informou que desde dezembro de 2006 os preços das resinas e seus aditivos vêm atingindo níveis recordes. Os preços entre 2004 e os dias de hoje foram elevados de 50%, no caso do polipropileno, a 100% para o poliestireno. Prevê-se que nos próximos seis meses o aumento do preço das resinas seja de mais 15 a 20% em relação aos níveis atuais. A situação no Brasil não é melhor. O preço da nafta, matéria-prima fundamental para a cadeia do plástico, subiu 14,3% entre janeiro e setembro de 2007. Em consequência disso, nesse mesmo período, o preço do PEAD foi majorado em 13,8% e o do PP em 12%. Só isso já pode justificar o súbito tom verde que a K assumiu este ano.

A evolução da produção de biorresinas (plásticos obtidos a partir de recursos renováveis) é firme e crescente, mas ainda pouco significativa do ponto de vista prático. Em 1995, havia uma oferta de bioplásticos da ordem de 30.000 t/ano para uma demanda de apenas 10.000 t/ano. Em 2005, esses números passaram a, respectivamente, 360.000 t/ano e 175.000 t/ano. A participação dos biopolímeros na produção mundial elevou-se de 0,17%, em 2002, para 0,24%, em 2005, valores ainda pífios. Há, portanto, um longo caminho a ser percorrido até que esses materiais sejam usados de forma comercialmente significativa.

Biorresinas

O uso de matérias-primas renováveis para a síntese de resinas plásticas pode ser uma saída para os altos preços dos insumos petrolíferos e até mesmo para o eventual fim de suas reservas, previsto para um prazo entre 35 e 70 anos. Contudo, para que a nova abordagem viabilize os polímeros como materiais sustentáveis a longo

prazo, é necessário que a resina também seja biodegradável. Afinal, estima-se que 90% de todo o material plástico convencional já produzido ainda exista de uma forma ou de outra no planeta – e a maior parte desses 90% está na forma de lixo. Foram apresentados diversos avanços no desenvolvimento e produção deste tipo de material, que foi designado na K como sendo “biorresina” ou “bioplástico”. Em razão de sua capacidade de biodegradação, tradicionalmente este tipo de resina é usado na fabricação de embalagens e outras aplicações efêmeras dos materiais poliméricos.

O polilactídeo ou PLA foi o exemplo de biorresina com alto potencial de aplicação mais citado na K. Curiosamente, um de seus principais fabricantes, NatureWorks (www.natureworksllc.com), não marcou presença na feira. O ácido láctico é produzido pela fermentação de açúcar (de beterraba ou cana) ou amido (de milho, trigo, batata ou mandioca). Sua polimerização leva ao PLA, na verdade um poliéster alifático. Suas formulações requerem o uso de plasti-

ficantes devido à baixa ductilidade desse biopolímero no estado puro. A FKUR Kunststoff GmbH (www.fkur.com) apresentou diversas versões de seu PLA, com designação comercial Bio-Flex, sendo uma delas voltada para aplicação em: filmes para uso em agricultura (*mulch*). Já a Gehr Kunststoffwerk (www.gehr.de) anunciou a comercialização de semi-acabados de PLA, na forma de placas e tarugos, mas não especificou a origem de seu produto. E os tigres asiáticos não podiam passar ao largo da onda verde, sob risco de perder a grande oportunidade de mercado que a consciência ecológica reforçada pela contingência econômica pode representar. O SG Group (www.sg-group.com.tw) divulgou na feira o Taifoam, um PLA expandido, apresentado na forma de mantas para amortecimento de impacto, cuja origem também não foi divulgada.

A Biotec GmbH (www.biotec.de) apresentou sua biorresina Bioplast, sintetizada a partir de amido de batata. Segundo informações da empresa, o uso de batata na síntese de polímeros é mais eficiente do

que outras fontes naturais, já que esse vegetal produz 9,26 t de amido por hectare, enquanto o milho produz 5,2 t/ha e o trigo 4,68 t/ha. O Bioplast é inodoro, o que permite seu uso no acondicionamento de produtos alimentícios. Além disso, seria o primeiro bioplástico isento de plastificantes, o que lhe conferiria maior grau de homogeneidade e ausência de formação de sedimentos e emissão de vapor de água durante sua transformação. Suas formulações podem usar *masterbatches* biodegradáveis e ele pode ser impresso com tinta à base de água. O Bioplast revelou-se equivalente ao PE do ponto de vista mecânico, no caso de filmes com espessura de 21 μm , e ao PP, em bandejas com 400 μm de espessura. É biodegradável e compostável na presença de microorganismos, o que o torna muito adequado para aplicações descartáveis, como embalagens. A capacidade de produção desta resina pela Biotec é da ordem de 11.000 t/ano, e ela é vendida tanto pela Stanelco (Reino Unido, www.stanelco.co.uk) como pela Sphere (França, www.sphere.eu).

Outro exemplo de bioplástico biodegradável derivado do amido – desta vez, proveniente do milho – é o Mater-Bi, desenvolvido pela empresa italiana Novamont (www.materbi.com). Este material também é biodegradável e compostável, viabilizando seu uso para embalagens. Foi apresentado na K o mais novo avanço neste tipo de material, o Mater-Bi Nanostarch (nanoamido), que permite a fabricação de filmes mais finos e com alta resistência mecânica mesmo sob condições de baixa umidade. A empresa está concluindo uma ampliação em suas instalações que lhe permitirá aumentar a capacidade de produção do Mater-Bi para 60.000 t/ano.

O Mirel, produzido pela Metabolix (www.mirelplastics.com), é um bioplástico à base de polihidro-

xialcanoato (PHA) produzido a partir do processamento do açúcar de milho por microorganismos. Os benefícios ecológicos dessa resina foram quantificados num estudo sobre avaliação do ciclo de vida (*life cycle assessment*). Sua produção requer apenas 2,5 MJ/kg de energia não-renovável contra os 70 MJ/kg necessários para a síntese de poliolefinas. Ele apresenta um resultado favorável em termos de emissão de CO_2 e efeito estufa, ou seja, -2,2 kg CO_2 eq/kg, contra os +2,0 kg CO_2 eq/kg observados para as poliolefinas. A primeira planta para produção comercial do Mirel está sendo construída em Clinton, Iowa (EUA), devendo iniciar suas operações no final de 2008. Ela foi dimensionada para produzir até 55.000 t/ano desse bioplástico.

Um inconveniente dos bioplásticos está no fato desses materiais não serem muito resistentes ao calor, começando a sofrer distorção sob temperaturas logo acima de 65°C. A FKUR Kunststoff GmbH (www.fkur.com) apresentou uma solução para esse problema, na forma de uma blenda de celulose denominada Biograde, capaz de resistir a temperaturas de até 130°C. Outro material biodegradável interessante produzido por essa mesma empresa é o Fibrolon B 53AW, PLA reforçado com fibras naturais.

Resinas parcialmente baseadas em matérias-primas renováveis

Outras abordagens bastante mostradas na K constituem soluções de compromisso. Uma delas são resinas em que coexistem componentes tanto derivados da petroquímica como obtidos a partir de matérias-primas renováveis, o que reduz, mas não elimina a dependência do petróleo. Outra, são polímeros convencionais sintetizados a partir de matérias-

primas renováveis, abordagem que evita a bomba-relógio da futura escassez de petróleo, mas não evita os problemas ecológicos decorrentes do descarte de artefatos de plástico.

A BASF (www.plasticsportal.com) apresentou na K amostras de laboratório da resina Ecovio L Foam, própria para a fabricação de espumas para embalagens. A resina Ecovio original, lançada no início de 2006, é constituída de aproximadamente 75% em peso de PLA, mais Ecoflex. O Ecoflex foi a primeira resina biodegradável lançada no mercado pela BASF, na edição de 1998 da K. Contudo, ela é sintetizada a partir de matérias-primas petroquímicas. Já o Ecovio possui uma “fração de origem biológica” de mais de 75%, de acordo com a norma ASTM D6866. A versão do Ecovio para a fabricação de espumas deverá estar comercialmente disponível a partir de 2008.

A empresa também lançou nesta edição da K um novo polioliol produzido a partir de óleo de mamona, matéria-prima renovável: o Lupranol Balance 50. Ele permite substituir polióis convencionais de forma direta, sem mudança em sua formulação, ao mesmo tempo em que eleva a fração de biomassa incorporada ao produto final. Foi desenvolvido tendo-se em vista o mercado de espumas flexíveis de poliuretano, usadas principalmente em colchões, que é da ordem de 3,8 milhões de toneladas anuais. A nova matéria-prima é constituída de até 31% de óleo de mamona, sendo que a espuma contém até 24% desse óleo, uma fração bastante alta para uma resina de poliuretano. A adição não afeta suas características, especialmente em termos de odor. Isso foi conseguido graças a uma nova tecnologia de catalisadores aplicada na reação de síntese do polioliol com KOH a partir do óleo de mamona. O novo catalisador de duplo cianeto metálico evita reações secundárias que levavam à

saponificação e formação de anel de ácido ricinoleico que davam origem aos odores desagradáveis presentes no polioliol produzido pelo antigo processo de síntese.

A BASF também está usando óleo de mamona para produzir poliamida, no caso a Ultramid Balance PA 6.10 – na verdade, a empresa ressuscitou uma tecnologia de 50 anos atrás. O material contém 60% de ácido sebáico produzido a partir de óleo de mamona. A resina apresenta baixa densidade para uma poliamida, boa resistência a impactos sob baixa temperatura e grande estabilidade dimensional devido à baixa absorção de água.

A Bayer Materials Science (www.bayermaterialscience.com) também relatou o uso de açúcares industriais e óleos vegetais na fabricação de polióis usados na síntese de poliuretanos, em que teria sido conseguida a incorporação de até 70% em peso de matérias-primas renováveis, mas não foram fornecidos mais detalhes a respeito.

A DuPont Engineering Polymers (www.dupont.com) já havia apresentado na última edição da NPE suas resinas Sorona e Hytrel, as quais são

sintetizadas a partir de um sucedâneo biológico do PDO (1,3-propanodiol) ou BDO (1,4 butanodiol). Essas matérias-primas são produzidas numa instalação recentemente inaugurada, a DuPont Tate & Lyle Bio Products, em Loudon, Tennessee (EUA). A resina termoplástica Sorona EP, reforçada com fibras de vidro, apresenta características similares às do PBT, incluindo alta estabilidade dimensional e boa aparência superficial. Já o elastômero termoplástico Hytrel RS, que incorpora o polioliol produzido a partir de Bio-PDO, possui uma fração de componentes renováveis entre 25 e 50%. Ambas as resinas deverão passar por programas de desenvolvimento ao longo de 2008, quando se espera que sua disponibilidade seja aumentada.

Outras resinas da DuPont sintetizadas a partir de matérias-primas renováveis são a Biomax RS 1001 e a Selar VP. A Biomax, um poli(tereftalato de trimetila) (PTT), é adequada para a fabricação de embalagens rígidas normalmente feitas de PP. Esta resina, cujo ingrediente principal é o Bio-PDO, inclui uma fração de 35% de com-

postos renováveis. Já o Selar VP é um filme com capacidade de respiração, indicado para a fabricação de embalagens para alimentos que necessitam dessa característica, tais como peixe fresco. A incorporação de um ácido graxo de origem vegetal lhe garante a presença de 40% de componentes renováveis.

O Brasil, país privilegiado em termos de capacidade agrícola, não poderia deixar de estar presente neste campo. A Braskem (www.braskem.com.br) apresentou na K seu polietileno sintetizado a partir do etanol. Na verdade, esta abordagem não chega a ser completamente inédita. A Union Carbide, ao se instalar no Brasil há cerca de 50 anos, já tinha idéia de usar essa matéria-prima para a síntese do PE. Mas a idéia nunca decolou totalmente devido ao baixo preço da nafta, que inviabilizou o uso do etanol como insumo. No início da década de 1980, uma época de petróleo extremamente caro e divisas escassas, versões de PE produzidas a partir de etanol foram novamente oferecidas pela Union Carbide ao mercado brasileiro. Contudo, a queda dos preços do

petróleo e a crise no fornecimento de etanol, ocorridas poucos anos depois, inviabilizaram essa iniciativa. Nos dias de hoje, porém, novamente as circunstâncias voltam a sorrir para esta alternativa, que desta vez talvez tenha voltado para ficar. A Braskem anunciou planos para instalar uma unidade para produção do PE verde com capacidade de 200 t/ano, cuja produção industrial deverá ser iniciada no final de 2009.

Resinas sintéticas

A BASF (www.basf.de/plastics) apresentou pela primeira vez resinas de PA com alta fluidez: Ultramid High Speed. Tal característica é atribuída às resinas pela presença de nanopartículas especiais, com diâmetro entre 50 e

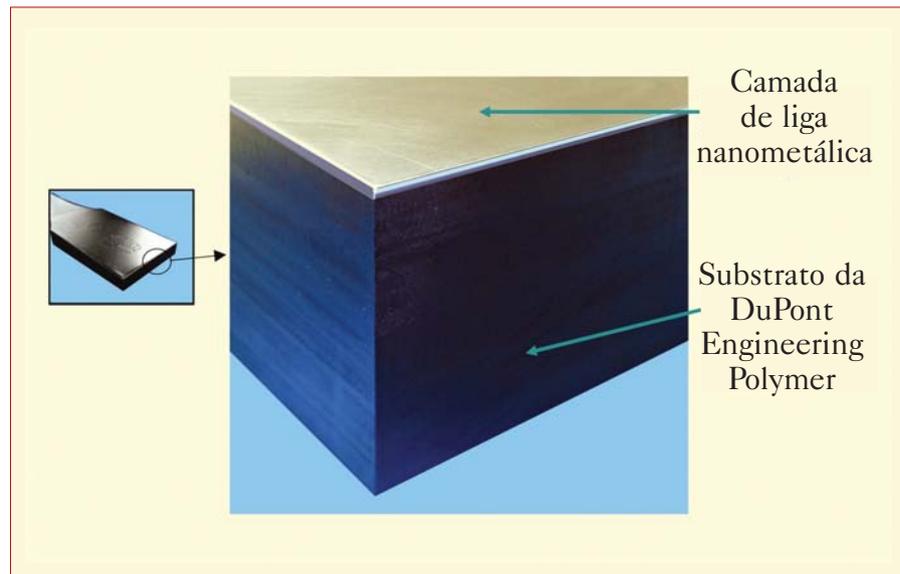


Fig. 1 – Metafuse, novo material híbrido constituído de metal nanocristalino e polímero, desenvolvido pela DuPont Engineering Polymers e Morph Technologies

300 nanômetros, que atuam como “roletes”, facilitando o fluxo das macromoléculas de PA, e também

elevam a resistência ao envelhecimento sob altas temperaturas. A fluidez dessas resinas pode ser

elevada em até 100% em relação às suas versões convencionais. A melhor fluidez dessa resina permite a fabricação de peças com parede mais finas, o que reduz seu peso, um fator de grande importância em autopeças. O material deverá ser comercializado no início de 2008. Este desenvolvimento foi uma adaptação do PBT de alta fluidez, Ultradur High Speed, o qual foi lançado na edição de 2004 da K.

A DuPont Engineering Polymers (www.dupont.com), em associação com as firmas canadenses Morph Technologies e Itegran Technologies, mais a norte-americana PowerMetal Technologies, está desenvolvendo e comercializando um material híbrido, constituído de metal nanocristalino e polímero. Ele associará a resistência e rigidez mecânicas do metal com a flexibilidade de projeto e leveza das resinas termoplásticas. O processo de fabricação desse material, designado como Metafuse, consiste em aplicar, de forma precisa, uma camada de nanometal com resistência mecânica ultra-alta a componentes feitos com os polímeros de engenharia da DuPont. Obtém-se assim um material similar ao visto na figura 1. Essas peças podem ter formatos complexos e apresentam valores de rigidez mecânica típicos do magnésio e do alumínio. Na verdade, o processo não envolve a presença de nanopartículas; são os grãos da camada metálica que apresentam valores cerca de 1.000 vezes menores do que os observados nos metais convencionais. O níquel ou liga de níquel-ferro nanocristalinos apresentam resistência mecânica de duas a três vezes maior do que o aço normal, o que se traduz em valores mais altos de dureza e resistência ao desgaste e fricção.

A GLS Corporation (www.glscorporation.com) introduziu uma nova família de elastômeros termoplásticos baseados na tecnologia dos

copolímeros olefínicos em bloco Infuse, desenvolvida pela Dow Chemical Company (www.dow.com) e apresentada durante a última NPE, em Chicago. As versões para moldagem por injeção desta nova família de resinas, designada como Dynalloy, incluem produtos opacos e translúcidos com diferentes níveis de dureza, desde 60 Shore A até 5 Shore A, condição esta em que se apresentam na forma de gel. Os elastômeros apresentam boa capacidade de coloração, toque macio e não-aderente, o que evita o acúmulo de poeira. Suas principais aplicações encontram-se na área médica e de embalagens.

Um lançamento interessante na área de resinas usadas para a fabricação de implantes ortopédicos é o polietileno com ultra-alto peso molecular GUR, da Ticona (www.ticona.com). Ele contém vitamina E (tocoferol) em sua formulação, o que reduz a tendência à oxidação que ocorre durante a esterilização do implante imediatamente antes de sua colocação no corpo humano.

A moldagem por injeção auxiliada com água continua a chamar a atenção, apesar de se tratar de um processo ainda não totalmente dominado tecnicamente. Um dos problemas principais desta técnica – o endurecimento abrupto da resina fundida em contato com a água – foi resolvido com uma ligeira modificação do processo, a qual consiste no uso de um “tampão” intermediário de ar ou nitrogênio entre a resina fundida e a água para atuar como amortecedor térmico. A BASF (www.plasticsportal.com) lançou na K diversas poliamidas especificamente concebidas para uso com esse processo de moldagem. Entre elas se inclui, por exemplo, a Ultramid A3HG6 WIT, concebida de forma a proporcionar boa qualidade superficial ao canal formado pelo fluxo de água.

Aditivos e formulações

Também os aditivos usados nas formulações de resinas plásticas se tornaram mais “verdes”, procurando maior independência em relação às matérias-primas derivadas do petróleo e causando menor impacto ambiental.

Um dos exemplos de aditivos verdes é a biocarga desenvolvida pela Novamont (www.materbi.com) para uso em pneus, denominada BioTred. Essa biocarga, à base de amido de milho, é um substituto parcial para o negro-de-fumo e sílica usados em pneus tradicionais. De



Fig. 2 – Tons de cor do masterbatch Renol, produzido pela Clariant. Ele não só é produzido a partir de matérias-primas renováveis como também é biodegradável

acordo com seu fabricante, ela permite maior agarramento do pneu em pisos molhados, bem como redução do seu peso – esta última uma vantagem inquestionável do ponto de vista ecológico, pois contribui para a redução do consumo de combustível dos veículos e a conseqüente geração de gás carbônico. O uso desta biocarga não implica aumento dos custos do pneu.

A Clariant (www.clariant.masterbatches.com) está atenta à escalada dos biopolímeros como o

PLA e iniciou, já em 1995, o desenvolvimento de *masterbatches* coloridos específicos para esta classe de resinas. Os produtos inicialmente lançados foram baseados em corantes convencionais, mas nesta edição da K foi mostrada uma nova linha de produtos biodegradáveis à base de matérias-primas renováveis sob a marca Renol. As atividades de pesquisa e desenvolvimento desse aditivo foram iniciadas na filial brasileira da Clariant. A linha Renol inclui cores naturais como vermelho, amarelo-alaranjado e verde, mostradas na figura 2; o tom azul encontra-se nos estágios finais de desenvolvimento. Um outro aditivo muito importante desenvolvido pela Clariant é o Cesa, que tem por objetivo eliminar a instabilidade do PLA durante seu processamento. Esse é o pior defeito desta biorre-

sina, altamente vulnerável à degradação térmica, oxidativa e hidrolítica, o que resulta na degradação do seu peso molecular e das suas propriedades reológicas. O Cesa é um aditivo extensor de cadeias que, quando incorporado a polímeros de condensação, pode re-ligar as cadeias poliméricas que se quebraram durante a degradação.

A lei da oferta e da procura, um dos sacro-santos pilares do capitalismo, mais uma vez parece estar aliada à ecologia. O preço do chumbo elevou-se em 300% desde 2005, agregando inconveniência econômica à toxidez desse metal. Isso está eliminando a principal desvantagem dos estabilizantes térmicos para PVC baseados em cálcio, ou seja, seu preço mais alto. Esses aditivos estão se tornando uma alternativa não só mais saudável como também

mais econômica em relação às versões baseadas em chumbo. De fato, a Baerlocher (www.baerlocher.com) registra que a demanda por estabilizantes para PVC à base de cálcio aumentou bastante nos últimos dois anos, motivando investimentos que visam ao aumento da capacidade de produção de estabilizantes de cálcio em 7.000 t/ano e de estearatos de zinco em 5.000 t/ano. A produção de estabilizantes de chumbo deverá cessar em 2008. Além disso, a empresa também aderiu à onda verde: ela deverá começar a produzir estearato de cálcio e zinco à base de matérias-primas vegetais em sua planta na Malásia. A Süd-Chemie AG (www.sud-chemie.com) mostrou o Sorbacid, aditivo à base de hidrotalcita sintética que, associado com sistemas de Ca/Zn, também



constitui um estabilizante térmico para PVC isento de metais pesados. A Chemtura (www.chemtura.com) também apresentou seus estabilizantes orgânicos para PVC plastificado, sob a designação Mark OBS, isentos de metais pesados e produzidos a partir de matérias-primas renováveis.

Os problemas associados com o chumbo também estão recomendando sua substituição nas formulações de resinas termoplásticas para uso médico que devem ser opacas aos raios-X. O alto custo desse metal e os problemas associados ao descarte das resinas que o contêm fez com que a Lati (www.lati.com) desenvolvesse o Latigray, uma formulação de resina termoplástica rádio-opaca própria para moldagem por injeção, em que a ação de cargas minerais especiais

resulta em um efeito de bloqueio radiológico comparável ao proporcionado pelo chumbo e outros metais.

A Symphony Environmental (www.degradable.com), representada no Brasil pela RES Brasil (www.resbrasil.com.br), aproveitou a maré verde da K para divulgar seus aditivos para promoção da degradação do PE e PP. Esses aditivos, mediante ação conjunta com estabilizantes, programam a vida útil da resina plástica após sua transformação, promovendo sua degradação após o período objetivado. Já a Thong Guan Industries (www.thongguan.com) apresentou um filme de PELBD que incorpora esse tipo de aditivo.

Foi observado um número considerável de aplicações envolvendo o uso de formulações poliméricas com boa condutibilidade elétrica e/ou

térmica. Uma das principais razões para esse renovado interesse é a utilização crescente de diodos emissores de luz (LEDs) brancos para iluminação, um fato que já havia sido observado na última feira NPE. Os LEDs brancos consomem 30% menos energia, geram menos calor e duram até dez vezes mais do que uma lâmpada incandescente com mesma potência luminosa. Uma vez que eles requerem menores valores de potência elétrica para produzir a mesma intensidade luminosa, os níveis de condutibilidade elétrica e térmica das resinas plásticas, embora limitados, tornam-se plenamente adequados para uso com esses dispositivos. Dessa forma, o uso de LEDs permite que resinas plásticas com maior condutibilidade elétrica ou térmica sejam aplicadas respec-



tivamente a condutores e sistemas de dissipação de calor que normalmente são feitos com ligas de cobre e alumínio, bem mais caras. Além disso, a moldagem por injeção confere ao plástico as vantagens já conhecidas deste método de manufatura em termos de liberdade de projeto e integração de componentes, contribuindo ainda mais para aumentar a eficiência dos dispositivos de iluminação e reduzir seu custo de fabricação. Esse assunto é discutido de forma mais específica no tópico “Aplicações automotivas”.

Outro exemplo particularmente interessante dentro deste tópico envolve o uso de formulações poliméricas com alta condutividade térmica e elétrica e/ou boas características de bloqueio eletromagnético para fabricar, de forma competitiva, peças altamente integradas e miniaturizadas para os segmentos eletroeletrônico, de automação, médico, aviação e tráfego. Um projeto conjunto entre diversas empresas e universidades alemãs levou ao desenvolvimento de um material híbrido polímero/metal contendo 15% de resina termoplástica, 55% de fibra de cobre e 30% de uma liga com baixo ponto de fusão. Essa nova formulação, ainda experimental, deverá ser comercializada pela A. Schulman (www.aschulman.com).

A condutividade elétrica específica desta formulação é superior a 10^6 S/m. A capacidade de amortização magnética é superior a 80 dB na faixa de frequências entre 30 kHz e 1,2 GHz para uma amostra com espessura de 1,5 mm. E sua condutividade térmica é superior a 7 W/(mK). Praticamente qualquer resina termoplástica ou elastômero termoplástico pode ser usado como material-matriz nesta formulação, permitindo a adaptação das pro-

priedades mecânicas e térmicas da formulação à aplicação em questão. A A. Schulman já comercializa uma versão desse material sob o nome Schulatec TinCo, o qual apresenta condutividade elétrica similar à do aço. Esse material foi usado para moldar o circuito elétrico de um dispositivo eletrônico composto de vários componentes, o qual estava sendo produzido em uma injetora no estande da Arburg (www.arburg.com) durante a feira (veja o tópico “Equipamentos para transformação”).

Outro exemplo envolvendo o uso de resinas condutoras tem como



Fig. 3 – Tampão para impressão feito com a resina Elastosil RT 629 da Wacker Chemie, a qual apresenta simultaneamente resistência à abrasão e características anti-estáticas

objetivo garantir a qualidade de impressão tampográfica. Como se sabe, durante esse processo pode haver o acúmulo de cargas eletrostáticas no tampão que aplica a impressão sobre a peça plástica. O tampão carregado eletrostaticamente tende a fazer com que as partículas de tinta se espalhem quando ele se aproxima da peça, degradando a qualidade da impressão. A situação é ainda mais crítica na impressão de componentes eletrônicos sensíveis à eletricidade estática, uma vez que eles podem ser destruídos pela passagem dessa diminuta corrente elétrica. A Wacker Chemie (www.wacker.com) desenvolveu uma nova borracha

de silicone para essa aplicação, Elastosil RT 629, a qual apresenta tanto boa resistência mecânica como características anti-estáticas. A tarefa não foi exatamente fácil, já que há uma incompatibilidade entre os aditivos normalmente usados. A borracha de silicone é reforçada pela adição de ácido silícico, enquanto o efeito anti-estático requer o uso de um aditivo com efeito hidrófobo. A associação desses dois aditivos reduz a fluidez da borracha, tornando-a inadequada para aplicação no tampão para impressão. De acordo com o fabricante, esse problema foi resolvido por meio de alterações no processo de moldagem. O tampão feito com essa resina pode ser visto na figura 3.

Nas formulações com melhor condutividade térmica, usa-se geralmente como matriz a PA 12, graças à sua boa capacidade de absorver grandes quantidades de aditivos sem que ocorra separação entre eles e a matriz. Por outro lado, uma vez que há requisitos restritos de estabilidade dimensional, é necessário descartar o uso de cargas na forma de fibras ou *whiskers*, devido ao alto grau de anisotropia que proporcionam. Uma formulação termicamente condutora tem que apresentar características de dilatação térmica muito similares às dos demais materiais que estão sendo aplicados, particularmente as ligas metálicas usadas nos circuitos impressos. Caso se desejem formulações eletricamente isolantes, é necessário descartar o uso de cargas como fibras de carbono ou grafite. A Lati (www.lati.com) optou por usar frações de até 85% de cerâmicas condutoras nas formulações de PA12 com alta condutividade elétrica, designadas como Laticonther, as quais requerem técnicas

especiais de extrusão para serem produzidas. A condutividade térmica assim obtida é superior a $2 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, valor de 10 a 20 vezes superior ao conseguido em polímeros naturais e reforçados. Além da PA, podem ser usados outros polímeros como matriz: PP, PPS, etc. Esse tipo de formulação é adequado para a fabricação de encapsulamentos, sobre-moldagens de bobinas, dissipadores ou trocadores de calor, etc.

Foram vistas nesta K vários exemplos do uso comercial de nanotubos de carbono. A Lati (www.lati.com) apresentou sua versão desse produto, Latiohm CNT, que tem como vantagem o fato de proporcionar as mesmas características de fibras de aço e carbono às formulações poliméricas, mas sob frações bem menores de carga. Esses nanotubos de carbono permitem controle da resistividade na faixa entre 10^9 e $10^0 \Omega\cdot\text{cm}$, distribuição mais uniforme da condutividade elétrica nas peças, boa estabilidade dimensional e bom acabamento superficial. Portanto, ela é recomendada para formulações poliméricas a serem usadas em ambientes limpos; peças ele-

tricamente condutoras com paredes finas, as quais só podem ser preenchidas com resinas que apresentem alta fluidez, e componentes que devam trabalhar em atmosferas explosivas ou em contato com combustíveis. A RTP Company (www.rtpcompany.com) também apresentou várias formulações contendo nanotubos de carbono à base de PC, PBT, PET modificado com glicol, PPS, PEI e PEEK, com características similares às já citadas.

A Bayer Materials Science (www.bayermaterialscience.com), que já havia anunciado sua intenção de produzir nanotubos de carbono durante a última NPE, anunciou a abertura de sua segunda unidade para produção desse aditivo na Alemanha. Agora, essa empresa possui capacidade para produção de 60 t/ano desse aditivo. Acredita-se que o mercado anual de nanotubos de carbono atingirá vários milhares de toneladas já nos próximos anos. Até o momento, esse aditivo é muito caro e impuro, mas já é possível obter nanotubos de carbono com até 95% de pureza.

Já a inglesa Holliday Pigments (www.holliday-pigments.com),

representada no Brasil pela Colornet (São Paulo), fabricante de pigmentos de cor azul ultramarinho e violeta, lançou um pigmento azul com elevada resistência a ácidos, incluindo sulfúrico e hidrocloreídrico. Ele é tratado com um revestimento inerte, depositado na superfície de cada partícula. Indicado para aplicações externas, piscinas, plásticos para contato com materiais ácidos, como sucos de frutas ou água carbonatada e para ser usado em conjunto com o PVC, que pode soltar elementos ácidos quando processado, o pigmento também reduz à metade os efeitos abrasivos típicos do processo de dispersão. Segundo o fabricante, a resistência a ácidos do novo pigmento é 50% maior do que a dos materiais desenvolvidos pela empresa até agora.

Decoração

A Leonhard Kurz (www.kurz.de), representada no Brasil pela Kurz do Brasil (www.kurz.com.br), mostrou um inovador método de decoração em molde baseado no processo de *hot stamping*. Ao contrário dos

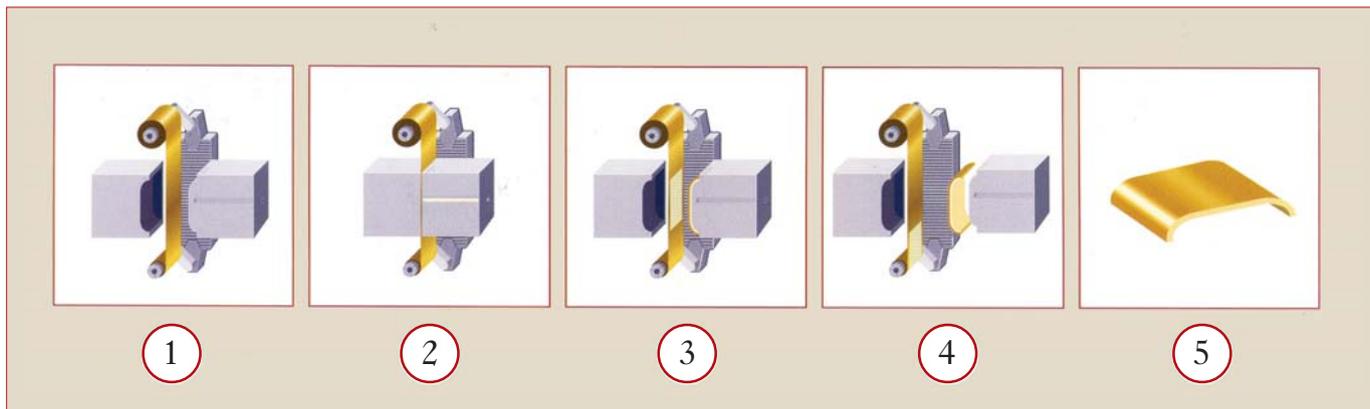


Fig. 4 – Esquema de operação do novo método de decoração desenvolvido pela Leonhard Kurz, o qual combina moldagem por injeção e hot stamping em uma única etapa. 1) Alimentação e posicionamento do filme; 2) Injeção de resina e decoração da peça; 3) Abertura do molde e liberação do filme; 4) Ejeção da peça pronta para montagem; 5. Peça decorada

processos já tradicionais de decoração no molde, o filme contendo a camada decorativa encontra-se na forma de uma fita que atravessa toda a superfície de partição do molde; essa fita é alimentada por um carretel e recolhida por outro.

Conforme mostra a figura 4, após o fechamento do molde o filme é pressionado sobre a cavidade do molde pela resina que está sendo moldada por injeção. A temperatura e pressão de moldagem liberam a camada decorativa do substrato de

poliéster do filme, combinando-a com a peça plástica. Após a desmoldagem, o filme avança, recolhendo o segmento gasto e disponibilizando uma nova camada de decoração a ser aplicada na próxima peça. Foi feita a demonstração desse equipamento



Fig. 5 – Makrofol 3D Metallic FG, filme conformável a frio com efeito de cromação desenvolvido pela Bayer Materials Science

durante a feira, ocasião em que ele efetuou a decoração da parte frontal de um telefone celular com câmera fotográfica.

A Kurz também mostrou seu sistema de transferência colorida a laser. Neste processo, um filme revestido com pigmentos especiais é unido ao substrato a ser decorado usando-se vácuo. A marcação é criada usando-se uma varredura não-invasiva do produto por um feixe de laser. O revestimento do filme se funde juntamente com a superfície do substrato de forma permanente e irreversível. Conseguise assim uma marcação apresentando alta resolução e nítido contraste. O procedimento é recomendado para resinas termoplásticas, podendo ser usados sistemas de laser de CO₂ e YAG.

A Bayer Materials Science (www.bayermaterialscience.com) apresentou um filme de policarbonato

com brilho cromado de alta qualidade, designado como Makrofol 3D Metallic FG, que constitui uma alternativa para a eletrocromação de peças moldadas de plástico e pode ser visto na figura 5. Dessa forma, evitam-se as desvantagens desse tratamento superficial em termos de investimentos, manutenção e

mão-de-obra, sem contar a agressão ecológica decorrente do uso de banhos químicos. Um inconveniente adicional é o efeito de bloqueio eletromagnético provocado pelo cromo depositado por esse processo, característica que às vezes é indesejável, como no caso de coberturas de automóveis ou telefones celulares.

Por sua vez, a BASF (www.plasticsportal.com) apresentou seu sistema PermaSkin de decoração, mostrado na figura 6, o qual pode substituir a pintura. Ele consiste na conformação de filmes plásticos, os quais são simultaneamente laminados sobre componentes feitos com diversos tipos de substratos – por exemplo, madeira, plástico ou metal. Este revestimento, bastante resistente, é constituído de Luran S, um copolímero de acrolonitrila-estireno-acrilato (ASA). Ele pode ser usado

para proteger de forma bastante econômica portas, armações de vidraças ou fachadas contra as intempéries, pois não requer as numerosas etapas de processo e tempos de secagem que se fazem necessários quando se aplicam revestimentos por via úmida. De acordo com a BASF, o filme fino se amolda perfeitamente à textura superficial de uma porta de madeira, deixando visíveis os grãos originais da madeira.

A Perfect Finish GmbH (www.theperfectfinish.de) apresentou seu filme decorativo transferido através de água e pressão, o qual pode revestir superfícies de vários tipos de materiais – resinas plásticas, metal, madeira, vidro, cerâmica, etc. Nesse processo, a decoração é impressa num filme especial solúvel em água. A peça a ser decorada precisa ter uma cor básica de fundo. A aplicação da decoração se inicia com o filme impresso sendo disposto sobre a superfície de um banho de água, sendo então aspergido com um ativador. O filme-suporte se dissolve, ficando a decoração em forma fluida sobre a superfície do banho. A peça a ser revestida é posicionada contra a camada de decoração que sobrenada o banho. A pressão de água faz com que o filme de decoração seja impresso de forma uniforme e integral sobre a peça, aderindo a ela. A seguir, a peça é lavada para a remoção dos resíduos de filme e é imediatamente seca. Aplica-se então uma camada de verniz de proteção sobre a superfície decorada.

Equipamentos para transformação

Um dos principais sintomas de que as resinas verdes vieram para ficar é a preocupação da indústria de máquinas e acessórios em desenvolver formas de processá-las de



Fig. 6 – Sistema de revestimento sem pintura PermaSkin, desenvolvido pela BASF. Na foto à esquerda, a porta é posicionada e aspergida com adesivo. Subseqüentemente, um filme colorido de ASA (Luran S) é laminado sobre a porta sob vácuo; caso necessário, em ambos os lados, em uma única etapa. O processo de laminação leva apenas um minuto

maneira tão rentável quanto os demais materiais poliméricos.

Foi o caso da alemã Illig (www.illig.de), que apresentou a máquina RDM 70 K, usada na feira para termoformação de copos descartáveis a partir de um PLA fornecido pela NatureWorks. O equipamento possui placas basculantes, força de fechamento de 250 kN, realiza até 40 ciclos/min e processa chapas com espessura de 0,8 a 2,5 mm.

Com uma tecnologia semelhante para a termoformação de descartáveis de PLA, a italiana Meico (www.meico.it), representante da TFT (Itália) e da WM Wrapping Machinery (Suíça), exibiu o modelo F 700. A máquina operou com um molde de 32 cavidades para produzir

76.000 copos/h, realizando 40 ciclos/min. O modelo tem força de fechamento de 400 kN, placa inferior basculante e inclinação de até 75° para permitir a ejeção e o empilhamento dos descartáveis.

A Mober (www.mober.it) mostrou as máquinas MSH 110,

Delta 110 e Nastrosac 130, todas elas apropriadas para a produção de sacolas de PLA. Durante a feira, a Delta 110 produziu sacolas a partir do Mater-Bi, fornecido pela Novamont. A máquina produz sacolas com largura máxima de 1.100 mm, comprimento mínimo de 350 mm e máximo de 1.100 mm, filmes com espessura de 0,008 a 0,060 mm, operando sob velocidade máxima de 150 m/min.

A Elba (www.elba-spa.it), sediada na Itália, mostrou a SA 90 EV Autopack, para o corte e a soldagem de sacolas tipo camiseta de PE/PLA. A máquina produz sacolas com dimensões mínima de 280 mm e máxima de 330 mm. A máquina está disponível na versão SB, para a fabricação



Fig. 7 – Extrusora com rosca dupla co-rotante para a preparação de compostos à base de PLA desenvolvida pela Reimelt

de sacolas de formato quadrado, e na versão RB, para a fabricação de sacolas com formato retangular.

Para a etapa de formulação do material, a alemã Reimelt Henschel (www.reimelt-henschel.de) desenvolveu uma extrusora com rosca dupla co-rotante para a preparação de compostos à base de PLA. A máquina tem roscas com diâmetros de 25 a 120 mm, relação L/D de 8 a 64 e capacidade de produção que varia de 5 a 5.000 kg/h, dependendo da formulação a ser preparada. O desenho da rosca sofreu modificações na zona de mistura para garantir uma incorporação eficaz de cargas ou aditivos e diminuir as taxas de cisalhamento do material. Até o final deste ano, a máquina deverá ser instalada em uma planta-piloto alemã para a produção de até 400 kg/h.

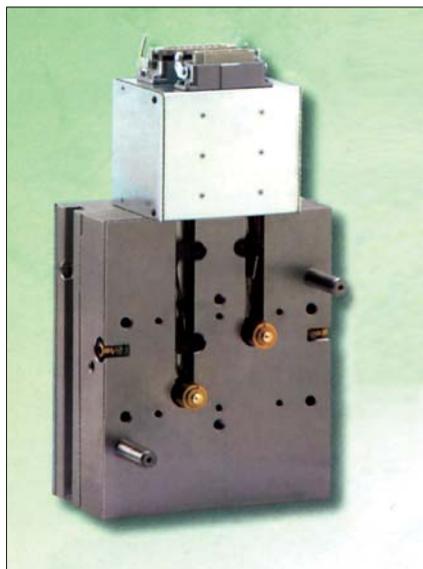


Fig. 8 – Eco-Smart, da DME, primeiro sistema de câmara quente sob medida para processar o PLA

No segmento de canais quentes, por exemplo, a norte-americana DME (www.dme.net), parceira da

brasileira Polimold (São Bernardo do Campo, São Paulo), saiu na dianteira ao projetar o sistema Eco-Smart, próprio para responder às necessidades típicas da moldagem por injeção do PLA, que apresenta mais sensibilidade à temperatura e cuja degradação térmica resulta imediatamente em ácidos corrosivos que tendem a aderir às paredes metálicas do sistema de moldagem. O objetivo, neste caso, foi desenvolver um sistema de canais quentes com materiais mais resistentes à corrosão e cuja geometria do bico contribuiu para promover uma passagem mais rápida, reduzindo o tempo de residência do material e os níveis de pressão exercidos sobre as resinas à base de amido. O sistema trabalha acoplado a *manifolds* e outros componentes padronizados da DME. 



Fig. 9 – Bico Gatekeeper, desenvolvido pela Günther para moldar PA com carga metálica

Como já foi visto na seção sobre aditivos e formulações, o uso cada vez maior de diodos emissores de luz (LEDs) para iluminação está intensificando o uso de resinas plásticas na fabricação de dispositivos luminosos. A metade de uma complexa peça experimental estava sendo fabricada em um dos equipamentos montados no estande da Arburg (www.arburg.com) para demonstrar essa nova tendência. A metade da peça era composta de lentes, circuito condutor de eletricidade e a carcaça. As lentes, feitas de poliamida transparente, já haviam sido moldadas. A injetora inicialmente moldava a carcaça do componente, feita de ABS. A seguir, o equipamento executava diversas etapas de montagem nas quais eram inseridas as lentes, três LEDs e um resistor do circuito elétrico na carcaça já moldada. Subseqüentemente, era sobremoldado o circuito elétrico do dispositivo, o qual era constituído pela resina plástica eletricamente condutora Schulatec TinCo, da A. Schulman (www.aschulman.com),

já descrita anteriormente. Essas operações foram executadas em uma injetora Arburg modelo 370 S, com distância entre colunas de 370 x 370 mm e força de fechamento de 600 kN. O tempo de ciclo para se moldar esse componente era da ordem de 40 segundos.

O desenvolvimento de materiais condutivos com a adição de cargas metálicas levou também fabricantes de sistemas de câmara quente como a italiana Thermoplay (www.thermoplay.com) e a alemã Günther (www.guenther-hotrunner.com) a desenvolverem linhas especiais, visando principalmente à distribuição uniforme das partículas, de modo a eliminar as linhas de fluxo. O sistema da Günther, em particular, denominado Gatekeeper, foi concebido de forma conjunta para processar a poliamida com carga metálica presente no componente híbrido cuja moldagem foi demonstrada pela Arburg. Ele contém componentes de titânio em sua ponteira, os quais diminuem e a transferência de calor do sistema para a resina em processamento.

A Xaloy (www.xaloy.com) apresentou um novo sistema para aquecimento do canhão de injetoras denominado nXheat. Neste caso, as paredes do canhão são aquecidas de forma direta por indução eletromagnética sob frequências entre 10 a 30 kHz. Esta nova abordagem permite econo-



Fig. 10 – A injetora ZSE 50 MAXX, fabricada pela Leistrütz, possui o maior torque específico de todos os tempos

mizar energia e melhorar o controle de temperatura. Há uma camada isolante termicamente entre as bobinas de indução e o canhão, a qual elimina as perdas térmicas. De acordo com a empresa, a economia de energia necessária para o aquecimento do canhão chega a 70% em razão do maior grau de eficiência energética proporcionado pelo processo de indução. De fato, enquanto esse processo possui uma eficiência de 95%, fitas de aquecimento conseguem níveis em torno de 30 a 70%. A menor emissão de calor contribui para reduzir em torno de 35% a carga imposta aos sistemas de ar-condicionado da planta.

A súbita popularidade dos biopolímeros também repercutiu nos planos dos fabricantes de equipamentos para transformação de plásticos. A Turboscrews (www.turboscrews.com) lançou na K a tecnologia homônima específica para a expansão de PLA. Já a escalada dos nanocompósitos motivou a Leistritz Extrusions-technik (www.leistritz.com) a lançar a extrusora com o maior torque específico de todos os tempos: o modelo ZSE 50 MAXX, com 15 Nm/cm³, mostrada na figura 7. Ela é particularmente adequada para formulações com volume limitado e altas vazões, de até 1.400 kg/h.

A chinesa Advance-Tech (www.advance-tech.cn) apresentou um interessante equipamento que produz tubos de plástico com alma metálica. O objetivo era alcançar níveis de resistência mecânica e propriedades de barreira superiores aos dos tubos exclusivamente feitos de resina plástica. O processo contínuo se inicia com a aplicação e união de uma tira recém-extrudada de resina plástica sobre a tira metálica proveniente de uma bobina de aço ou alumínio, a qual

possui espessura entre 0,3 e 2,5 mm. Essa camada de resina constituirá o revestimento interno do tubo. A seguir, a tira de compósito metal-plástico é conformada e assume formato de tubo, sendo o metal imediatamente soldado. O fabricante alega que o intenso calor da soldagem não afeta a resina já aplicada ao metal, mas não explicou como isso pode ser conseguido. A seguir, o tubo já conformado é introduzido em uma extrusora, quando então recebe a camada externa de resina plástica como se fosse um revestimento. O equipamento pode processar tubos de PE, PP ou PE reticulado, com alma de aço ou alumínio.

Integração de processos

Visando à aceleração do ritmo de produção, ora reduzindo tempos de ciclo, ora eliminando etapas de fabricação e montagem, fornecedores de equipamentos e periféricos propuseram a integração de processos. A austríaca Erema (www.erema.at) exibiu a COAX, que integra a moagem de aparas e de peças de grandes dimensões à

peletização. Por meio de uma configuração coaxial, um moinho é instalado junto a uma extrusora monorroscas e ambos são acionados por um mesmo motor. A configuração das unidades permite a alimentação direta da extrusora, sem a necessidade de pré-trituração das peças. Esteiras transportadoras ou um sistema propulsor são usados para empurrar o material até o rotor, equipado com facas revestidas com carbeto de tungstênio. O material triturado é fundido, desgaseificado, filtrado, extrudado e peletizado. Durante a feira, foi apresentado um



Fig. 11 – Na COAX, desenvolvida pela Erema, um único motor aciona o moinho e a extrusora. A instalação das unidades permite a alimentação direta da extrusora, sem a necessidade da pré-trituração das peças e aparas

vídeo que mostrava o funcionamento do modelo COAX 201 E, com um filtro autolimpante de 282 cm² de área, e uma matriz H 82, para granulação seguida de resfriamento por um anel de água. A COAX está disponível em versões com capacidades que variam de 120 a 600 kg/h. O equipamento tritura bobinas de fitas de PP, fardos de fibras de PA e de PP, rolos de filmes, caixotes, blocos e fardos.

A suíça Rieter (www.pelletizing.com) mostrou a Combi-Crystal-PET (CC-PET), uma máquina que integra os processos de secagem, cristalização e peletização de PET virgem e reciclado. No CC-PET, o material fundido pode ser peletizado em sistemas submersos ou com banho de água, com capacidades que variam de 750 a 15.000 kg/h. O extrudado é peletizado em formato cilíndrico, esférico ou micro-peletizado e depositado em um secador para remoção da umidade. Os grânulos são conduzidos a um reator para a cristalização do material sob temperaturas de cerca de 180°C. Enquanto a secagem favorece o pós-processamento do material, evi-

tando a aglutinação das partículas, a cristalização aumenta o peso molecular do material, tornando-o ideal para algumas aplicações, como por exemplo, o sopro de garrafas. Apesar desse tipo de linha não ser exatamente novo, a empresa é a primeira a oferecer linhas de secagem, cristalização e peletização integradas para a formação de *pellets* granulares e esféricos. A empresa também lançou o I-Boro, para a monitoração das linhas de peletização. O equipamento é formado por microcomputador portátil acoplado a um capacete, equipado com câmera, tela de exibição, fone de ouvido e microfone. O *software* de controle permite a comunicação direta entre o operador e equipes da empresa, assim como a elaboração de diagnósticos a partir de parâmetros inseridos no sistema. O



Fig. 12 – A HM, exibida pela Battenfeld, integra as fases de montagem diretamente no processo de injeção. A máquina realiza a injeção de dois componentes, opera juntamente com um robô e possui módulo para a inserção de rótulo e injeção auxiliada por gás

capacete permite, por exemplo, a observação de falhas específicas da produção. O I-Boro é equipado com microcomputador portátil, com processador de 1,1 GHz, e sistema operacional Windows XP. Ele possui

zoom óptico de 10 vezes, *zoom* digital de quatro vezes e conexão com internet.

A IFW (www.ifw.at), com sede na Áustria, integrou em uma única operação a inserção de rótulos e de vedações no interior de moldes usados na fabricação de conexões de tubos plásticos. A operação é realizada por um robô entre os ciclos de injeção, durante a abertura do molde. O método possibilita também a incorporação direta de anéis de vedação ou gaxetas.

Nessa mesma linha, a austríaca Battenfeld (www.battenfeld-imt.com) mostrou a integração das fases de montagem diretamente no processo de injeção, incluindo a injeção multicomponente, inserção de rótulo no interior do molde e injeção auxiliada por gás ou água, dependendo da aplicação. Durante

a feira, uma máquina da série HM, para injeção de dois componentes, foi usada na fabricação de caixas de PEBD/PP. O Airmould, uma unidade modular para injeção de gás, foi instalada junto ao molde, para a produção das alças da caixa, enquanto a inserção dos rótulos foi feita por robô. A operação foi realizada em ciclos de 47 s.

A alemã Incoe (www.incoe.de), que fabrica sistemas de câmara quente, concentrou atenções na divulgação de métodos para a

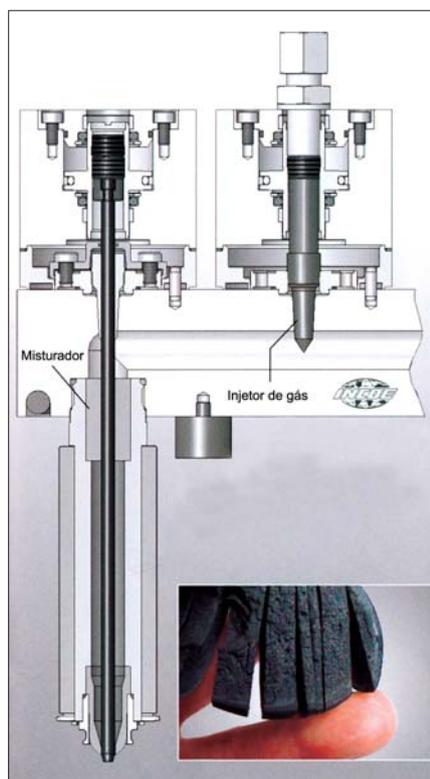


Fig. 13 – Esquema de funcionamento do SmartFoam e corte de uma peça moldada pelo processo

produção de peças com núcleo espumado ou ocas, só que, desta vez, baseados apenas em modificações no sistema de alimentação de resina, e não mais em alterações na concepção do equipamento, como proposto anteriormente por empresas como a norte-americana Trexel (www.trexel.com), que comercializa a licença para uso de seu processo de produção de peças com espumação microcelular.

A parceria da Incoe com a também alemã Stieler (www.stieler.de) resultou na construção do sistema denominado Smart Foam, para espumação física de resina, visando à redução de peso das peças finais e à economia de material. O processo ocorre em três etapas: na primeira, o material da superfície da peça é injetado. Em uma segunda fase, ocorre a formação do material espumado no próprio canal de injeção e a sua subsequente introdução no molde, para constituição do núcleo da peça. Na terceira etapa é injetada mais uma porção do material não-espumado, que expulsa do sistema toda a resina espumada e exerce ainda uma pressão adicional para formar a superfície maciça. Assim, o próximo ciclo já se inicia com material não-espumado no sistema. O fluido necessário à expansão física da resina é introduzido diretamente no sistema de câmara quente, e o seu fornecimento cessa assim que concluída a formação do núcleo da peça. A Stieler desenvolveu e comercializa o gerador de fluido (baseado em nitrogênio, dióxido de carbono ou água) que atua em conjunto com o sistema de câmara quente da Incoe.

Como alternativa a sistemas convencionais de moldagem auxiliada por gás, a Incoe apresentou um processo em que o gás necessário para a formação de uma peça oca chega até o molde por meio do bico valvulado do sistema de câmara quente, a uma pressão de 300 a 350 bar. Neste caso, o processo também é constituído por três etapas: injeção, aplicação do gás (nitrogênio), que forçará a resina contra a parede do molde, formando a parte “oca” da peça, e uma sobrepressão adicional, que ajuda a formar a “casca” da peça.

A moldagem de peças híbridas, combinando termofixos e termoplásticos, foi outro destaque entre



Fig. 14 – Peça oca produzida pelo processo GasCore

os fabricantes de máquinas. Na dianteira dessa tendência, a Krauss Maffei (www.kraussmaffei.com) impressionou tanto pela combinação de habilidades nas áreas de injeção, processos reativos, automação e tecnologia na construção de moldes, quanto pelo gigantismo da instalação para a moldagem combinando diferentes materiais e técnicas. Em uma célula de manufatura com 21 metros de comprimento e nove de largura, foi divulgado o processo SkinForm, em que a deposição de uma pele de poliuretano termofixo é totalmente integrada ao processo de injeção de termoplástico. A peça em questão era o revestimento interno de uma porta de automóvel, moldada em material termoplástico, formando um substrato que, em uma segunda etapa, recebia a pele de poliuretano reativo depositada por um cabeçote de mistura ancorado no molde. O equipamento aplica peles de diferentes cores, de maneira



Fig. 15 – Detalhe da moldagem do revestimento interno de uma porta de automóvel e da sobremoldagem de uma pele de PU na mesma peça, feita na instalação montada pela Krauss Maffei



REPORTAGEM

subsequente, com o pigmento sendo dosado em câmaras de mistura desenvolvidas também pela Krauss Maffei, e que permitem a troca de cor a cada ciclo. O projeto foi desenvolvido em parceria com a Cadence, fabricante de autopeças da República Tcheca, que fornece para a montadora Skoda e desenvolveu todo o projeto do ferramental usado. Os demais parceiros envolvidos no projeto foram a Rühl Purometer, ISL Chemie, Bayer, Bomix, Synventive, Eschmann e Kistler.

Com menos complexidade, mas seguindo também o princípio da combinação de materiais e processos, a francesa Billion (www.billion.fr) desenvolveu uma máquina para moldagem bicomponente com capacidade para processar borracha termofixa, vulca-

nizada no interior do molde, sobre um componente termoplástico moldado anteriormente. A peça que exemplificava os recursos do equipamento era uma tampa para reservatório de óleo de motores automotivos. Moldada em poliamida reforçada com fibra de vidro, a peça tem uma canaleta interna totalmente preenchida pela borracha vulcanizável, em um segundo estágio do processo. Após a injeção da borracha, é aplicada uma pressão adicional e a peça é mantida no molde até que se complete a vulcanização.

A canadense Husky (www.husky.ca) apresentou uma máquina que faz a formulação do composto com fibras longas em linha com a injeção. Batizada de Quadloc Tandem, a linha conta com uma extrusora para compostos

desenvolvida pela Coperion e é indicada para a moldagem de peças semi-estruturais, tais como suportes modulares para portas de automóveis. O modelo proposto molda peças de até 2.400 g, com tempo de ciclo de 50 s.

Já a austríaca Engel (www.engelglobal.com), que anunciou



Fig. 16 – Vista da máquina e os perfis que podem ser moldados na Exjection, da Engel



durante a feira a criação da sua subsidiária no Brasil, optou por uma fusão dos processos de injeção e extrusão no seu modelo de máquina Exjection, desenvolvido em parceria com a empresa de engenharia IB Steiner (www.ibsteiner.com), também austríaca. Ele consiste na instalação de um ferramental móvel para produção de peças longas, tais como perfis de parede fina e barras de até três metros de comprimento, em máquinas de injeção com forças de fechamento entre 500 e 1.500 t. No processo, a cavidade quase fechada se move, passando pelo canal de injeção que a preenche na medida em que ela se desloca. Como o material não precisa percorrer canais com intrincada trajetória de fluxo, podem ser processadas

resinas mais viscosas, com propriedades mecânicas superiores às de materiais mais fluidos, mas que até então não podiam ser usadas devido a restrições de fluxo. O processamento mais suave do material também contribui para evitar o acúmulo de tensões residuais e permite a aplicação de revestimento no interior do molde com filmes ou até mesmo materiais orgânicos, tais como couro e madeira, tendo em vista que



Fig. 17 – Garrafa de copoliéster com alça soprada, um desenvolvimento conjunto da Bekum e da Eastman

durante o processo eles não são expostos a grande desgaste. Como o molde é preenchido apenas no sentido de sua seção transversal, são necessários menores níveis de pressão e força de fechamento, em relação ao processo convencional de injeção, se usado para moldar peças com dimensões semelhantes. No caso de perfis, o pro-

cesso possibilita a moldagem de hastes de reforço em diferentes pontos.





Fig. 18 – Garrafa moldada pela Kronos durante a feira: recorde de leveza

Na área de moldagem por sopro, foram vários os desafios vencidos por desenvolvedores de máquinas e resinas. Uma parceria entre a alemã Bekum (www.bekum.de) e a Eastman (www.eastman.com), por exemplo, levou ao desenvolvimento de uma garrafa com alça transparente, moldada por processo de extrusão-sopro e voltada para o mercado de bebidas não-carbonatadas, óleo, produtos lácteos e de limpeza. A resina, o copoliéster EB062, apresenta resistência do fundido duas vezes superior à do PET-G, o que possibilitou a moldagem de um frasco de 2 litros, com gargalo de 43 mm, em máquinas equipadas com moldes de quatro cavidades, com um tempo de ciclo de 11 segundos. Anteriormente, haviam sido feitas tentativas frustradas de moldagem desse tipo de garrafa, por extrusão-sopro, com PP clarificado e PVC. A Bekum e a Eastman continuam trabalhando para desenvolver uma alça transparente e co-extrudada, com camada de barreira, para aplicações semelhantes.

O apelo à economia de matéria-prima se fez sentir também no

segmento de injeção e sopro de pré-formas de PET. A obsessão por frascos mais leves e transparentes levou à apresentação de projetos que lembram a disputa por milésimos de segundo característica das corridas de automóveis. Muito antes da feira, no início deste ano, a alemã SIG Corpoplast (www.sig.biz) lançava o desafio de produzir frascos de 0,5 litro de capacidade a partir de pré-formas de 12 gramas. No final do primeiro semestre veio a resposta da francesa Sidel (www.sidel.com), com o lançamento do NoBottle, conceito que levou à fabricação de uma garrafa de 0,5 litro a partir de pré-formas de apenas 9,9 gramas (veja matéria na página 8 da edição de agosto de *Plástico Industrial*). Durante a K, a italiana Sipa (www.sipa.it) apresentou o seu projeto de frasco com 10,9 g. Mas o recorde acabou ficando com a alemã Kronos (www.kronos.com), que moldou durante a feira frascos de 0,5 l com 8,8g, com altura de 213 mm, espessura de 0,1 mm e com capacidade de carga de 36 kg, já envasados.

Já a disputa pela pré-forma mais leve contou com a participação de uma concorrente inesperada. A italiana Sacmi, conhecida pelo seu sistema de moldagem de tampas por compressão, apresentou na feira o PAM (Preform Advanced Moulding), maquinário para a produção de pré-formas de PET pelo mesmo processo. O equipamento, que até então havia tido apenas uma unidade montada, não foi exposto na feira, mas nas apresentações em que eram exibidos detalhes do seu funcionamento. Ficou patente o entusiasmo de seus

desenvolvedores com os recordes de produtividade e de redução de espessura e peso desses semi-acabados.

Assim como nas moldadoras de tampas que operam por compressão, com taxas de produção da ordem de até 1.200 unidades por minuto, os trunfos da Sacmi são a economia de matéria-prima – devido, principalmente, à ausência de canais de alimentação –, a rapidez e a precisão na moldagem das pré-formas, vantagens que se somam à possibilidade de redução da espessura, à obtenção de dimensões constantes para as paredes das peças e à total ausência de vestígios de moldagem, por não haver pontos de injeção nas cavidades.

O equipamento para moldagem por compressão apresentado possui uma unidade de plastificação da resina PET com capacidade de 800 kg/h, ao final da qual é posicionado um único canal de saída. Nele, o material fundido é cortado

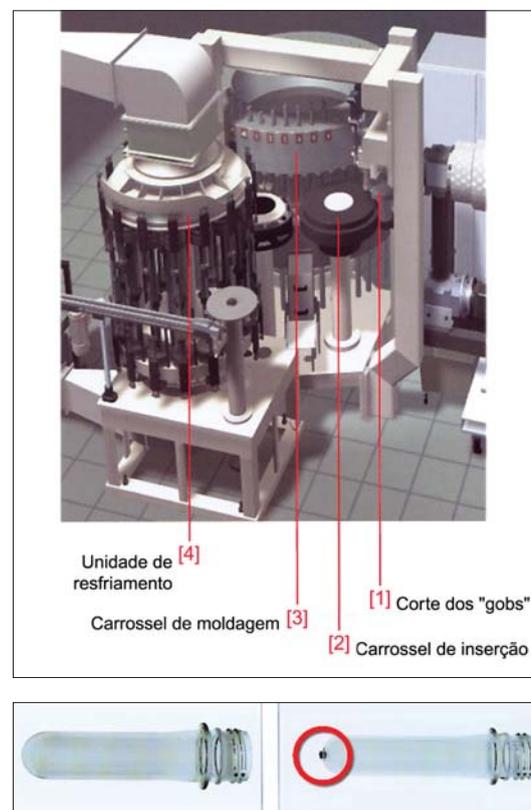


Fig. 19 – Esquema de funcionamento da PAM e comparação entre as pré-formas moldadas por compressão (à esquerda) e injeção (à direita)

em porções precisas de massa (*gobs*), as quais são imediatamente inseridas em alojamentos dispostos num carrossel que transfere as gotas de material para outro carrossel, o de moldagem, em que é montado um conjunto de 48 cavidades, capaz de produzir 27.000 pré-formas por hora. Os moldes são então fechados hidraulicamente, sob pressão e velocidade pré-estabelecidas, de modo a fazer com que as gotas de resina ocupem toda a extensão da cavidade, assumindo o formato de pré-formas. Após a moldagem, as pré-formas são transferidas para um carrossel de resfriamento e, então, descarregadas de forma orientada. Ao final da linha pode ser instalada uma sopradora, para operação sincronizada com o PAM.

Além de reduzir as perdas de material durante o *set up*, em razão da ausência de canais de alimentação, a máquina também é mais rápida na troca de cores, devido à ausência de canais intrincados de alimentação. Ao expor a resina por menos tempo ao stress térmico, a moldagem por compressão possibilita reduzir a espessura das pré-formas sem



Fig. 20 – Embalagem produzida por soldagem de topo de filmes laminados pré-decorados

comprometer a sua resistência mecânica, além de inibir a liberação de acetaldeído durante a moldagem.

Para um modelo de pré-forma de 88,7 mm de comprimento, foi obtida uma espessura constante de 1,5 mm. Após o sopro, a espessura dessa mesma amostra passou para 0,23 mm ao longo do corpo e 0,41 mm na base. Conforme informado durante a apresentação do sistema,

a espessura mínima atingida para as paredes das pré-formas moldadas por compressão foi de 0,5 mm, mas trata-se apenas de uma referência para estabelecer os limites da tecnologia, pois não se sabia até o momento se seria possível soprá-las.

A moldagem por compressão foi usada também pela suíça Aisa, na produção de “cabeças” para embalagens de formato tubular. Neste caso, elas são sobremoldadas por compressão diretamente nos tubos extrudados, os quais entram no sistema por meio de estações de trabalho do tipo carrossel. Outro desenvolvimento apresentado pela Aisa foi a moldagem de frascos tubulares a partir de laminados pré-decorados. Após o corte, as extremidades do laminado são unidas lateralmente por soldagem de topo, o que possibilita a decoração do frasco em 360 graus (foto ao lado).

No setor de periféricos, impulsionados por aumentos dos preços da energia e pelo apelo ambiental, alguns fabricantes divulgaram produtos que prometem reduções significativas do consumo energético. A norte-americana Conair



(www.conairnet.com) exibiu o EnergySmart Drying System, um equipamento para a secagem do PET que faz o reaproveitamento do ar quente usado no processo, gerando economia no consumo de energia de até 67%. Segundo a empresa, em secadoras convencionais, o ar quente existente no silo de secagem apresenta uma temperatura média de 93°C e tem de ser resfriado até temperaturas de cerca de 49°C, porque o elemento dessecante é menos eficiente em remover a umidade sob temperaturas elevadas. A Conair desenvolveu um secador de dois estágios, que incorpora um circuito de ar quente e um circuito de ar desumidificador para evitar a redução e a conseqüente perda de temperatura. O ar, com menor temperatura, presente no topo do



Fig. 21 – EnergySmart Drying System, desenvolvido pela Conair, para a secagem do PET, que faz o reaproveitamento do ar quente usado no processo de secagem

silo é canalizado e reaquecido até atingir 177°C para ser jogado novamente no sistema. No circuito de desumidificação, a temperatura do ar é reduzida até o ponto de orvalho (-40°C) e, em seguida, elevada até 177°C. O aquecimento do ar pode ser feito por aquecimento elétrico ou a gás e o silo

tem isolamento para evitar perda de temperatura. No caso do PET, a existência de uma umidade residual acima de 0,005% pode levar o material a sofrer modificações químicas durante a sua transformação, ocasionando a perda de viscosidade intrínseca e prejuízos das propriedades físicas.

Também propondo a economia de energia, a italiana Piovan (www.piovan.com) lançou a série de desumidificadores HR, totalmente elétricos, e que apresentam reduções de cerca de 30% do consumo, segundo informações da empresa. A remoção da umidade é feita por uma peneira molecular instalada em um rotor. A desumidificação ocorre em três etapas: na primeira, o ar úmido entra no rotor, liberando umidade. Na segunda, um jato de ar quente

atravessa essa zona úmida. Na última etapa, o ar resfria o ar quente antes de o rotor voltar à primeira fase da desumidificação. Os desumidificadores desta série operam sob temperaturas de 80 a 150°C, com fluxo de ar desde 50 a 200 m³/h e ponto de orvalho constante em -50°C.

Soldagem de termoplásticos

A combinação de técnicas esteve presente também no ramo das máquinas para união de plásticos. A alemã LPKF (www.lpkf.de), por exemplo, lançou do LQ-Hybrid, para a soldagem híbrida, combinando *laser* e radiação infravermelha. Esta última é usada para intensificar o aquecimento dos materiais a serem unidos, o que resulta em uma redução de até

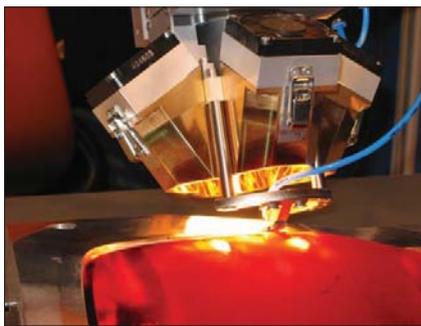


Fig. 22 – O LQ-Hybrid é formado por um único cabeçote, a partir do qual são emitidas radiações a laser (fonte de diodo) e infravermelha, proveniente de lâmpadas halógenas

quatro vezes o tempo necessário para união de componentes plásticos. O equipamento é formado por um cabeçote, no qual estão localizadas as duas fontes de radiação para formar um único ponto focal na área da soldagem. Posicionado perpendicularmente em relação ao plano de incidência, um *laser* de

diodo atua como fonte primária, ou principal, de radiação. Duas lâmpadas halógenas, posicionadas entre a fonte de *laser* e o plano de soldagem, atuam como fontes secundárias de radiação. Enquanto os elementos ópticos tradicionais (espelhos e lentes) focalizam a fonte primária na área de soldagem, as fontes secundárias são desviadas para o plano da soldagem por refletores elipsoidais nos quais a luz incide. A luz desviada para o plano de soldagem se espalha sobre uma área ampla e elíptica, expandindo a zona de aquecimento, o que garante maior uniformidade na distribuição de calor na superfície soldada. Técnicas de união convencional, como a soldagem por vibração, usadas em peças tridimensionais de grandes dimensões, tendem a ocasionar defeitos estéticos nas

peças, os quais precisam ser oculados após a união. A fabricante compara a qualidade da soldagem híbrida a *laser* e por radiação infravermelha à da soldagem a *laser*. O equipamento está sendo testado pela coreana SL Corporation, fornecedora de peças para a indústria automobilística, na soldagem de faróis traseiros de automóveis formados por componentes de PMMA e PC, e tem demonstrado melhor qualidade óptica e maior firmeza na união, se comparado aos que executam apenas a soldagem a *laser*. Essa técnica é indicada para a união de peças tridimensionais com geometrias complexas usadas pelo setor automobilístico, de bens de consumo e aplicações médicas.

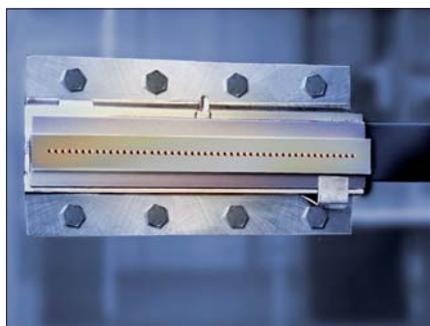


Fig. 23 – Detalhe do elemento de aquecimento a gás, instalado na soldadora apresentada pela Bielomatik

A alemã Bielomatik (www.bielomatik.com) divulgou uma sofisticada célula robotizada para soldagem a *laser*; mas o que mais atraiu a atenção dos visitantes foi mesmo uma solução simples para a união de peças com geometrias complexas: uma máquina para soldagem de peças plásticas sem contato que utiliza placas aquecidas a gás natural, com eficiência térmica muito superior à das ferramentas aquecidas por energia elétrica. Instalações semelhantes baseadas em sistema elétrico atingem 400 °C, ao passo que as placas aquecidas a gás alcançam até 980 °C, o que permite a soldagem de peças de poliamida com até 30% de fibra de

vidro. Neste caso, a irradiação de calor é suficiente para penetrar até 3 mm a partir da superfície da peça, promovendo a sua adesão a outro componente sem a necessidade de contato com a ferramenta aquecida, o que evita a adesão do material à placa.

Aplicações automotivas

Os severos requisitos de desempenho, baixo custo e produção em larga escala sempre fazem com que as aplicações automotivas de resinas plásticas sejam uma das principais vitrines tecnológicas da K. E este ano não foi diferente dos demais, apesar da onipresente ênfase nos aspectos ecológicos dos materiais poliméricos.

O desenvolvimento de resinas plásticas para uso em vidros automotivos continuou na berlinda, uma vez que o seu uso no lugar do vidro promove uma nada desprezível redução de peso dos automóveis – o que, por sua vez, se traduz em menor consumo de energia e, conseqüentemente, menos poluição – palavras mágicas nesta edição da K. Algumas semanas antes da feira, a Bayer Materials Science (www.bayermaterialsscience.com) retirou-se da Exatec, empresa que havia sido fundada por ela e pela GE Plastics (www.geplastics.com) em 2000 para desenvolver soluções específicas para essa aplicação. As duas empresas continuam engajadas no assunto, mas, agora, de forma independente.

Como já foi dito anteriormente, a antiga GE Plastics transformou-se na Sabic Innovative Plastics (www.sabic-ip.com), após sua incorporação pela companhia saudita. Essa empresa criou recentemente seu Centro de Excelência para Janelas Automotivas na Holanda, onde são apresentadas rotineiramente às montadoras europeias as últimas novidades na área. As aplicações neste setor estão baseadas na resina Lexan, um policarbonato desenvolvido pela antiga GE Plastics. Um exemplo de uso dessa tecnologia



REPORTAGEM



Fig. 24 – Teto transparente do automóvel *Smart for two*, feito com blenda PC/ABS e PC. Sua área é de 1,2 m², a maior entre os tetos automotivos feitos com resinas plásticas.

é o modelo 2006 do automóvel Honda Civic *hatchback*, o qual possui uma janela traseira extra feita de resina Lexan GLX combinada com um revestimento duro de silicone.

Já a principal novidade da Bayer na área de janelas automotivas é o módulo do teto transparente para o novo modelo *Smart for two*, feito com o policarbonato Makrolon AG2677. Ele pode ser visto na figura 24. Esse teto automotivo de PC apresenta uma área recorde de 1,2 m². O módulo, constituído de dois componentes, é fabricado por moldagem por injeção e compressão. A primeira etapa produz a camada exterior transparente de PC; a segunda fabrica a armação com área ampla, constituída de uma blenda de PC/ABS (Bayblend DPT95MF) com pigmento negro. As características de contração dessa blenda e do PC são similares, o que reduz as tensões internas e provoca baixos níveis de distorção. O PC contém corantes que filtram a radiação infravermelha, diminuindo o aquecimento do ambiente no interior do veículo quando este é exposto à luz solar. Esses corantes também proporcionam proteção contra os raios ultravioleta, minimizando a degradação de outros componentes plásticos presentes no interior do automóvel.

O mesmo veículo também possui outro recorde em se tratando de aplicações automotivas do plástico. Ele será o primeiro automóvel

comercializado com painéis da carroceria feitos com PP (figura 25), mais especificamente Daplen ED230HP, fornecido pela Borealis (www.borealis.com). Além das vantagens econômicas e ecológicas, o uso de PP levou a uma redução de 15% do peso global do veículo em relação à blenda de PC/PBT usada anteriormente. Além disso, a cor do componente é incorporada na formulação, proporcionando um acabamento básico diretamente na moldagem; as etapas de pintura são reduzidas a uma única aplicação de verniz claro. O coeficiente de dilatação térmica dessa resina é pequeno, eliminando possíveis folgas entre os componentes da carroceria.

A adequação das resinas plásticas ao contato com biocombustíveis contendo ésteres metílicos de ácidos graxos também soou como música no ambiente verde que dominou a K. A Dyneon (www.dyneon.com) apresentou dois fluoroelastômeros recentemente desenvolvidos, FPO 3741 e E-19789, curáveis por peróxido e indicados para aplicações em linhas de combustível. Eles são resistentes ao biodiesel, mesmo sob temperaturas da ordem de 150°C. Já a UBE Industries (www.ube.co.jp) apresentou suas versões de PA 12 Sunbesta e Ecobesta, também destinadas à fabricação de linhas de combustível e resistentes ao biodiesel.

Outro tópico recorrente nas feiras internacionais do plástico, resinas



Fig. 25 – Módulo de carroceria do automóvel *Smart for two*, feito com PP Daplen fornecido pela Borealis

plásticas que resistam à passagem por linhas de pintura convencionais usadas para carrocerias de aço, também foi lembrado nesta edição da K. A Bayer Materials Science (www.bayermaterialscience.com) lançou a Ultramid Top 3000, uma poliamida parcialmente aromática com cargas minerais e modificada em termos de impacto. De acordo com seu fabricante, ela apresenta uma série de vantagens em relação às blendas poliméricas de PPE/PA 66 que eram usadas anteriormente nesta aplicação. Entre elas se encontra, por exemplo, um coeficiente de expansão térmica consideravelmente mais baixo, o que assegura a essa resina estabilidade dimensional mesmo sob altas temperaturas. Isso permite que esse material passe por processos de revestimento e secagem mesmo sob temperaturas da ordem de 200°C. Outras boas

características do Ultramid Top 3000 são melhor rigidez mecânica, mesmo quando ele absorve água; por sinal, sua absorção e liberação de água são mais lentas, o que minimiza as alterações dimensionais do material associadas a mudanças climáticas. A fluidez dessa resina no estado fundido foi melhorada com a incorporação de nanocargas, conforme já foi citado na seção “Resinas e formulações”.

Também foram vistos novos desenvolvimentos para uma aplicação automotiva crítica para resinas plásticas: carcaças de faróis automotivos. Aqui surgem desafios em termos da integração de novas funções (por exemplo, faróis adaptativos) e conformidade a *designs* arrojados. Uma vez que os faróis devem apresentar alta qualidade superficial, é necessário que eles possuam baixa fração de cargas. Por esse motivo, geralmente os faróis

plásticos apresentam cor negra, a qual requer pequena quantidade de corante para ser conseguida. O problema é que essa cor absorve muito calor, o que não falta quando a lâmpada do farol se acende. Logo, os projetistas têm de pensar em como dissipar esse calor, particularmente na região em que ocorrem máximas temperaturas, ou seja, imediatamente acima da lâmpada. Seria desejável um aumento da condutividade térmica do plástico, mas isso implicaria no uso de maior fração de cargas, penalizando a qualidade superficial da peça. Outra possibilidade de dissipar esse calor estaria em reduzir a espessura da parede da peça, mas restrições na fluidez da resina fundida e na rigidez mecânica requerida para o componente não recomendam essa abordagem. A melhoria na ventilação da peça também não é fácil de ser conseguida, razão pela qual a BASF

(www.plasticsportal.com) desenvolveu um novo tipo de polietersulfona (PESU), o Ultrason E 2010 MR Black HM, que contém um pigmento negro que absorve a luz visível, mas não a radiação infravermelha, evitando dessa forma o aquecimento excessivo da peça.

Este problema, contudo, provavelmente está fadado a perder importância ou mesmo desaparecer no futuro. Já na última NPE os projetos de faróis automotivos de plástico começaram a incluir versões usando os novos diodos emissores de luz (LEDs) brancos, uma nova fonte de luz mais eficiente que consome menos energia e libera menos calor, como já foi discutido no tópico “Aditivos e formulações” e “Equipamentos para transformação”. Ao contrário das lâmpadas convencionais, o encapsulamento dos LEDs pode ser feito usando-se resinas plásticas – como, por exemplo, o



Fig. 26 – Um total de 54 LEDs deverão compartilhar o pequeno espaço disponível no farol do modelo R8 da Audi

polímero de cristal líquido Vectra, fornecido pela Ticona (www.ticona.com). Já a Bayer Materials Science (www.bayermaterialscience.com) está desenvolvendo lentes de policarbonato para LEDs a serem usados em faróis automotivos.

A Audi já está equipando com LEDs as lanternas para uso diurno de seus modelos A5 e A8; está previsto que em

2008 o modelo esportivo R8 usará 54 LEDs em cada um de seus faróis principais, conforme mostra a figura 26. Também está previsto que os LEDs poderão implementar a comunicação de carro-para-carro: a Mercedes-Benz já trabalha em um sistema que usa os LEDs instalados num *brake-light* para a emissão de informações durante a frenagem. Dessa forma, um receptor instalado no veículo que se encontra atrás capta a informação proveniente do *brake-light* e a repassa para seu sistema auxiliar de freios, tornando a frenagem compatível com a situação observada à frente. A economia de energia proporcionada pelo uso de LEDs não é desprezível: um farol baixo convencional consome 300 W, enquanto o uso de LEDs abaixa esse valor para 14 W. Isso significa uma redução do consumo de combustível dos faróis de 0,3 para 0,014 litros a cada 100 km –

ou, em linguagem “verde”, a redução das emissões de CO₂ pelo veículo de 7,86 para 0,36 g/km.

Por sua vez, a RTP Company (www.rtpcompany.com) já está comercializando formulações de policarbonato com características especiais para difusão de luz, as quais serão usadas em componentes translúcidos que serão retroiluminados por LEDs.

Construção civil

A ameaça de elevação do nível do mar causada pelo efeito estufa serviu de motivação para a BASF (www.plasticsportal.com) lançar na K o poliuretano bicomponente Elastocoast. Ele pode tornar viável uma alternativa mais econômica e durável para a construção de diques e quebra-mares em relação ao concreto maciço ou revestimentos reforçados com piche. O Elastocoast pode ser aplicado, em forma fluida, sobre pedras soltas, unindo-as e dando-lhes a rigidez que se faz necessária nesta aplicação, conforme mostra a figura 27. As pedras são unidas pelo Elastocoast apenas em certos pontos, o que confere mais flexibilidade à estrutura. Dessa forma, ela absorve boa parte da energia das ondas, ao invés de meramente refleti-las (e recebê-las de volta), como ocorre com as estruturas rígidas de concreto. A aplicação do Elastocoast se inicia com a mistura dos dois componentes líquidos do poliuretano. A seguir, o produto é misturado com pedras, operação que pode ser feita numa betoneira; o plástico se deposita entre as pedras na forma de um fino filme transparente. A mistura de Elastocoast e pedras é então aplicada na forma de uma camada com 15 a 30 cm de espessura. Após cerca de 20 minutos, o sistema de poliuretano começa a endurecer; após um dia, a camada pode receber carga mecânica e depois de dois dias ela está completamente curada.

Uma idéia similar, mas com diferentes objetivos, foi implementada pela Bayer Materials Science (www.bayermaterials.com), junta-



Fig. 27 – O poliuretano Elastocoast da BASF tem como objetivo possibilitar a construção mais econômica de diques e quebra-mares, atuando como aglomerante de pedras soltas.

mente com sua antiga subsidiária Hennecke (www.hennecke.com), fabricante de máquinas para poliuretanos, e a construtora ferroviária Frenzel-Bau (www.frenzel-bau.de). Trata-se do sistema para aglomeração de lastro ferroviário usando resina de poliuretano denominado Durflex. As pedras originalmente soltas do lastro ferroviário são agregadas entre si pela resina de poliuretano, tornando o lastro mais íntegro. Dessa forma, ele suporta melhor a carga imposta pelas composições ferroviárias e também absorve mais intensamente o ruído decorrente de seu tráfego.

A mesma empresa também mostrou na K um sistema combinado para cobertura de prédios, denominado Bomatherm, que atua como telhado, isolador térmico e coletor solar, mostrado na figura 28. Ele é composto por um conjunto superior e inferior de “telhas” feitas de policarbonato Makrolon. A “telha” inferior, com cor negra e reforçada com fibra de vidro,



Fig. 28 – Bomatherm: sistema desenvolvido pela Bayer Materials Science para cobertura de prédios que atua como telhado, isolador térmico e coletor solar



REPORTAGEM

atua como camada absorvedora. Já a “telha” superior é convexa e transparente, sendo produzida por co-extrusão de forma a conter uma camada protetiva contra a radiação ultravioleta. Esse sistema atua como barreira ao vapor, isolador térmico, protetor contra chuva e coletor de energia solar. Seu isolamento é feito com espuma rígida de poliuretano, o que evita a formação de “pontes” térmicas.

Por sua vez, a Sabic Innovative Plastics (antiga GE Plastics, www.sabic-ip.com) anunciou durante a feira K a criação de seu Centro de Excelência em Energia na Holanda. O objetivo dessa unidade é auxiliar seus clientes a usar resinas termoplásticas leves e de alto desempenho na substituição de metais e vidros em painéis solares térmicos e fotovoltaicos, contribuindo para reduzir seu custo e aumentar seu desempenho.

Pesquisa e desenvolvimento

A feira K, além de mostrar as últimas novidades industriais e comerciais do plástico, tradicionalmente também serve de vitrine para os últimos avanços científicos e tecnológicos ocorridos nessa área na Alemanha. Isso não ocorre tão intensamente na NPE, onde a presença acadêmica é bem mais restrita. A seguir estão listados alguns dos principais projetos de pesquisa na área do plástico, em andamento ou recém-concluídos, que puderam ser vistos na feira.

Aprimoramento de peças plásticas constituídas por vários componentes

Um projeto conjunto entre a Cátedra de Tecnologia de Plásticos da Universidade de Erlangen (www.lkt.uni-erlangen.de), Arburg (www.arburg.com) e Ticona (www.ticona.com) visa à combinação de diferentes resinas plásticas num mesmo componente para melhorar sua estabilidade e durabilidade. Um dos resultados deste projeto é uma

engrenagem constituída de POM contendo 30% de fibras de vidro. A novidade é que os dentes da engrenagem são revestidos por uma fina camada de POM com PTFE que apresenta propriedades tribológicas melhoradas. Dessa forma, são atendidas as diferentes solicitações mecânicas inerentes às diversas partes da engrenagem: ou seja, corpo com alta estabilidade interna e dentes apresentando fricção e desgaste reduzidos.

Vasilhames com superfície interna não-aderente

Hoje, quando se joga fora uma embalagem plástica vazia, pode-se também estar jogando fora até 20% do produto que ela continha. Isso ocorre devido à adesão excessiva desse produto nas paredes internas do recipiente. Não se trata de desperdício intencional por parte do fornecedor, pois ele simplesmente não tem como extrair o produto residual da embalagem. Além do desperdício em si do produto, esses resíduos dificultam e tornam mais caro o processo de reciclagem do recipiente. Cientistas do Instituto Fraunhofer para Tecnologia de Processo e Embalagens (www.ivv.fraunhofer.de) e da Universidade Técnica de Munique (www.tu-muenchen.de) estão desenvolvendo revestimentos especiais para a superfície interna do recipiente plástico que permitem que o índice de perda do produto devido à adesão ao frasco seja reduzido para valores entre 1 a 10% da quantidade originalmente envasada. Esses revestimentos apresentam apenas 20 nm de espessura e são aplicados por deposição física de vapor por plasma no interior de recipientes de bebidas, alimentos, remédios e produtos químicos. O projeto trienal terminará em outubro de 2008, quando se espera que essa tecnologia esteja madura para ser implantada industrialmente.

Revestimento desmoldante polimérico aplicado por plasma

A cavidade de moldes destinados à fabricação de peças de plástico reforçado com fibras, tais como asas de avião, precisa ser previamente aspergida com agentes desmoldantes para auxiliar a liberação da peça após o processo de moldagem. Geralmente, o agente desmoldante está na forma de solução; o solvente se evapora logo após a aspersão, deixando o desmoldante impregnado na parede do molde. Essa liberação de solvente é problemática do ponto de vista ecológico e ocupacional, pois contamina o ambiente de trabalho. Tendo em vista essa situação, o Instituto Fraunhofer para Engenharia de Manufatura (www.ifam.fraunhofer.de) e a Acmos Chemie KG (www.acmos.com) desenvolveram um novo tipo de revestimento polimérico para moldes metálicos que é aplicado por plasma. Esse revestimento é bem mais duradouro que os agentes desmoldantes convencionais, precisando ser repostos somente após 30 a 100 ciclos – e, em alguns casos, ele pode durar até 1.000 ciclos. Isso não só acelera a produção das peças moldadas, como

evita a poluição causada pela liberação de solvente para a atmosfera. A limpeza dos moldes após a produção da peça também é simplificada, uma vez que uma menor quantidade de material adere à sua superfície; além disso, a peça moldada não mais precisa ser limpa depois de sair do molde.

Esterilização por plasma

A esterilização de plásticos sob altas temperaturas nem sempre é viável devido à alta sensibilidade desses materiais ao calor. Processos de esterilização usando gases explosivos, tóxicos ou carcinogênicos também não são a melhor alternativa, até pelas medidas de segurança que devem ser adotadas. Além disso, materiais mais sensíveis podem sofrer degradação ou danos irreversíveis devido a reações com o gás. Agora está sendo estudada uma nova alternativa: a esterilização por plasma de baixas temperaturas, a qual inativa as células de microorganismos. Além disso, as partículas reativas presentes no plasma (moléculas excitadas, radicais, íons acelerados no campo elétrico e fótons) removem contaminações orgânicas, tais como resíduos de células. As misturas esterilizantes de gás

são produzidas diretamente no plasma e não há a necessidade de caras operações de descarte.

Reciclagem de rejeitos plásticos pós-consumo

Muitas misturas de rejeitos plásticos pós-consumo são constituídas de resinas com densidades similares. Ainda não há tecnologias disponíveis para separação dos constituintes dessas misturas e para a remoção dos contaminantes externos. O Instituto Fraunhofer para Tecnologia de Processos e Embalagens (www.ivv.fraunhofer.de) está desenvolvendo estudos sobre a separação e purificação de misturas de PET-PVC, ABS-PSAI e laminados de resinas plásticas e ligas metálicas. A separação de contaminantes internos é o segundo objetivo do trabalho, podendo ser citados como exemplos a separação de materiais de barreira, pigmentos e cargas do PET; separação de resinas contendo retardantes de chama daquelas que não os contêm; e remoção de retardante de chama à base de bromo a partir de rejeitos plásticos provenientes da indústria de materiais elétricos. O Instituto, em associação com a



REPORTAGEM

CreaCycle GmbH (www.creacycle.de), desenvolveu o processo CreaSolv para reciclagem de plásticos. Ele consiste basicamente em três etapas:

- dissolução da resina plástica em questão usando um solvente seletivo;
- separação dos contaminantes a partir dessa solução de polímero recuperado;
- precipitação da resina plástica em questão a partir da solução purificada de polímero.

Se necessário, essas etapas principais são suplementadas por processos de moagem e limpeza preliminares e pela conversão posterior envolvendo concentração mecânica, secagem e preparação de formulações. No momento, o processo está sendo testado com diversos tipos de lixo plástico, tais como rejeitos de ABS contendo retardantes de chama provenientes das indústrias eletrônica e automobilística.

Soldagem de plásticos a *laser* por transmissão sem a adição de absorvedores

O processo convencional de soldagem a *laser* por transmissão requer que um dos componentes a serem unidos seja “transparente” ao raio *laser*, enquanto o outro deve absorver sua energia e se aquecer. Parte desse calor se transfere por condução para o componente transparente. O aquecimento deve ser suficiente para plastificar ambos os componentes na região da união e formar o cordão de solda. O componente a ser aquecido pelo raio *laser* deve conter em sua formulação pigmentos que permitam a transformação da energia eletromagnética do raio *laser* em energia térmica. Esses pigmentos podem eventualmente interferir na coloração do componente, inviabilizando o processo de soldagem a *laser*. Uma solução para esse problema, que está sendo estudada pelo Instituto Fraunhofer para Tecnologia do Laser (www.ilt.fraunhofer.de), consiste na

adequação do comprimento de onda do raio *laser*, de forma que ele se situe em uma faixa adequada, na qual sua energia seja naturalmente absorvida pela estrutura molecular do polímero. Em vez de usar a radiação *laser* emitida por diodos, na faixa convencional de comprimentos de onda entre 800 e 980 nm, está sendo estudado agora o uso de *laser* de fibra com comprimento de onda superior a 1.500 nm. Sob tais condições, uma poliamida transparente possui capacidade de absorção de energia 40% superior em relação ao *laser* gerado por diodo, permitindo dispensar o uso de pigmentos para intensificar seu aquecimento.

União auxiliada por *laser* de resinas com componentes metálicos e cerâmicos

Freqüentemente se observa a necessidade de se unir componentes feitos de resinas plásticas com peças feitas de outros materiais, como metais ou cerâmicas. O Instituto Fraunhofer para Tecnologia de Laser (www.ilt.fraunhofer.de) vem desenvolvendo um processo de união auxiliada por *laser* para atender a essa necessidade específica. O processo se inicia com o aquecimento do componente metálico ou cerâmico por incidência de raio *laser*. Assim que o aquecimento é concluído, esse componente é pressionado contra o componente plástico, o qual é aquecido por condução até uma temperatura superior à do seu ponto de fusão. A resina assim plastificada se infiltra pelo componente metálico ou cerâmico. A geometria da união tem de ser concebida de forma tal que essa infiltração de resina leve a uma firme ligação entre os dois componentes após sua solidificação.

Microsoldagem de resinas plásticas

O desenvolvimento de microsistemas médicos e biotecnológicos muitas vezes requer processos minia-

turizados de união. O Instituto Fraunhofer para Tecnologia de Laser (www.ilt.fraunhofer.de) aceitou esse desafio, combinando um *laser* de fibra a uma inovadora e altamente dinâmica estratégia de irradiação. O novo processo recebeu a designação TWIST (de *transmission welding by an incremental scanning technique*, ou soldagem por transmissão por uma técnica de incremento de varredura). Essa abordagem une as características da soldagem por contorno com a soldagem quase-simultânea de resinas plásticas. O *laser* segue uma trajetória ao longo da linha de solda, passando múltiplas vezes em cada incremento do contorno. Essa sobreposição é feita sob a maior velocidade possível para aproveitar a alta intensidade do ponto focal, que possui tamanho de apenas alguns poucas micra, para a soldagem do plástico, objetivando-se geometrias de união com larguras tão pequenas quanto 100 μm .

Replicação em massa de instrumentos ópticos com formato livre feitos com resinas plásticas

Instrumentos ópticos feitos de plástico, com praticamente qualquer

nível de complexidade, podem ser produzidos em massa pelos processos de moldagem por injeção ou injeção-compressão, sob custos consideravelmente menores do que os observados para o vidro. Isso representa uma incrível oportunidade de negócios, considerando-se a enorme expansão pela qual a fotografia digital vem passando no mundo todo e que vem motivando a fabricação em massa de máquinas fotográficas, tanto autônomas quanto incorporadas a telefones celulares e agendas eletrônicas. Uma tecnologia com alto potencial de desempenho é a replicação de instrumentos ópticos com superfícies de formato livre. As superfícies desses instrumentos não mostram qualquer simetria. Logo, se elas forem adequadamente dimensionadas, podem refletir a luz de formas específicas, permitindo que ela seja distribuída quase totalmente em uma área objetivada, sem nenhuma perda devido a aberturas ou outros recursos ópticos. O Instituto para Transformação de Plásticos da RWTH Aachen (www.ikv-aachen.de), em associação com diversos parceiros industriais, entre os quais a Engel Áustria (www.engelglobal.com),

Evonik (www.plexiglas.de), Motan (www.motan.com) e Kistler (www.kistler.com) está desenvolvendo um amplo programa de pesquisas visando projetar esses componentes com superfícies ópticas livres, dimensionar os processos de moldagem necessários para sua produção e os métodos para monitorar e garantir sua qualidade.

Polimerização e impregnação de reforços *in situ*

No Instituto Fraunhofer de Tecnologia Química (www.ict.fraunhofer.de), um grupo de pesquisadores trabalha no desenvolvimento de técnicas para a polimerização de termoplásticos no interior do molde em conjunto com a impregnação de fibras contínuas de reforço. A técnica está sendo desenvolvida para a produção de peças de alto desempenho em média e larga escala, que poderão ser usadas pela indústria naval e automobilística. Os ciclos de produção dessas peças podem variar de 3 a 30 minutos. A técnica permite uma alta concentração de fibras na peça final, melhorando significativamente as propriedades mecânicas do compósito. 