もこれら各 Division ごとに行われ、この内、Engineering Properties and Structure (EPS), Extrusion, Injection Molding が3大 Division であり、連日 20 件以上の発表があった(図 2)。今回、筆者は Flexible Packaging Division の Session で「Effect of Gas-Transmission Property in Modified Atmosphere Packaging for Fresh Produce」という題目で発表を行った。この Division と共に、前述の EPS Division を中心に聴講した。以下にそれらの Session における内容、筆者の所感を述べる。

Flexible Packaging Division では、BP Chemical, Chevron, Dupont, Equistar, Nova と言ったポリオレフィン系レジンメーカーからフィルムの諸特性(ブロッキング、衝撃強度、ヒートシール性、ホットタック性等)を樹脂の構造特性(短鎖分岐度分布、結晶相の配向、緩和時間、表面粗度等)に着目して解析した結果の報告があった。中でも BP Chemical より報告のあった LLDPE フィルムのブロッキングがヘキサン抽出量(低分子量成分)よりも短鎖分岐度に依存することを AFM (Atomic Force Microscope) や TOF SIMS (Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometer) での表面解析結果より結論づけていた報告が目新しいものであった。

また、Solcas Polymer, Kraton Polymers, Queen's University からは環境対応を意識した「PAN ホモポリマーによる二軸延伸ハイバリアフィルム」、「SB ブロックコポリマーを使用した可塑化塩ビフィルム代替フィルム」、「ハイバリア EVOH エマルジョンコート組成物」等の発表があった。この中で注目したのは、Solcas Polymer から報告のあったもので、PAN に ethylene carbonate を 35~45% 添加した可塑化キャストフィルムを二軸延伸した後、可塑剤を回収して製品化する発表であった。一見高コストになりそうなプロセスであるが、発表者は「クローズドシステムにすることにより他素材のハイバリアフィルムとの競争力は充分ある」と強調していた。また、食品に接触する用途には使用可能かとの質問に対し、「可塑剤は最終製品では 15 ppm 未満にでき、この量ならば FDA の Approval は得られる」とのことであった。

EPS Division では Polymer Blend Session で Oklahoma University から Nylon 6 と LDPE の相溶化剤として亜鉛中和型アイオノマーを用いることにより LDPE の分散ドメインサイズを微小化することができ、機械特性が大きく改善しようとの発表、Polymer Property under Deformation Session で Dow と University of Rochester から報告のあった二軸延伸 PS フィルムのインフレ時の内部応力とバブル破壊の関係を調べた発表等が目をつけた。昨年と同様に構造解析のオンライン計測に関する発表も数多く行われており、中でも University of Akron からのオンライン複屈折計と X 線回折を利用し、一軸延伸時の構造解析を PP や PLA 等について行った発表が目をつけた。オンライン計測により、延伸中と延伸後の緩和の影響を区別して配向状態を議論できるようになったとのことであった。

一方、Nanocomposites Session では連日発表会場は立見が出るほど聴講者が多かったが、内容としては目新しいものはないように思われた。ただし、従来の Nylon 系から汎用のポリオレフィン系や生分解性樹脂として注目されている PLA といった素材への展開が進められているように見受けられた。このため、マトリックス樹脂との相互作用を高めるためナノクレーを表面改質したり、マトリックスに極性基を導入する等して Composites の特性を議論する発表が目についた。以上、筆者が聴講した限られた範囲の内容を述べさせていただいたが、最後に ANTEC 全体を通しての所感を述べる。ANTEC は 20 以上もの Session が同時に進行する規模からも情報収集の場というよりも、今後は積極的に情報発信の場として利用していくべきであると考え。Session での発表は 20 分のプレゼンテーションと質疑応答の 10 分からなり、質問は日本に比べると次から次へという感じで寄せられることが多い。質問も自己主張の一つと考えるアメリカ人の気質もあるかもしれないが、発表内容を理解し、自分のものにしようとする積極的な態度は筆者も含め多くの日本人は大いに見習うべき点であると思う。来年の ANTEC 2003 はテネシー州の首都ナッシュビルで 5 月 4 日~8 日の日程で開催される。日本からの多数の参加者、特に発表者を期待して本文の結びとしたい。

II. 破壊解析・射出成形セッションを中心に

山 田 浩 二*

筆者はこの度の SPE ANTEC 2002 に参加し、講演発表および聴講の機会を得た。今大会の概要は他の著者に譲るとして、ここでは筆者が興味を持って聴講した発表についての感想を述べて、その参加報告としたい。なお、筆者は射出成形品のウェルドにおける破壊挙動に関する講演を行った。したがって、報告内容が破壊解析や射出成形などに限定されるものであることをご容赦願いたい。

1. プラスチック成形品の応力集中による破壊

Heidweiller らは、以前から小孔を開けた成形品の破壊挙動を観察しているが、亀裂の開始点が孔の形状に依存することを報告した。鋭利な孔が開いている場合には亀裂はそこから発生したが、図 1 に見られるようにスムーズな円形孔のある成形品の場合、亀裂は孔からではなく成形品の内部から発生して放射状に広がっていることがわかった。これは成形品に加わる荷重の方向にも依存しているが、プラスチックの破壊挙動を研究する上で非常に重要な知見である。

* Yamada, Koji
大阪市立工業研究所プラスチック課
大阪市城東区森之宮 1-6-50 (〒536-8553)
2002.5.22 受理

2. 電動機と油圧機との力率比較

近年、中～小型の射出成形機の駆動機構は、油圧式のものからいわゆる電動式が主流となっている。その理由のひとつとしてエネルギー効率がよい点が挙げられる。Dawsonらは型締力100トンクラスの電動式射出成形機と油圧機について、力率（power factor：見かけの電力に対する、実際に仕事に用いられた電力の割合）を詳細に測定した。この結果、同じモデル製品を同じだけ生産した場合、力率は油圧機の0.489に対して電動機は0.985となり、電動機がエネルギー消費量に関して優位であることを数値をもって明らかにした。

3. 射出ウェルディング法

2つの部品を熱や高周波で溶着し、製品とする手法は広く行われているが、Oliveiraらは2つの部品の間にバインダーとなる樹脂を射出することで一体化させる方法を提案した。回転プラテンを有する多色成形機（Ferromatic Mi-

図1 スムースな円孔を有するPMMA成形品の引張荷重による破壊面

図2 射出ウェルディング法によるフィルタ成形品（Ring（PP）を射出成形して各部品を溶着）

lacron 製 K 85)を利用して、図2に示したフィルターを挟み込んだPP成形品をワンステップで製造する例が紹介されていた。バインダーとなる樹脂のメルト温度と融着強度との関係について具体的に検討しており、また成形条件と射出部品のモルホロジーとの関連性についても論じていた。

4. 射出した樹脂の配向におよぼす保圧の影響

射出成形においては、通常ひけ防止のため保圧工程が必須である。Pontesらは、保圧によって成形品内部の樹脂の配向がどのように変わるかを、複屈折計で調べた。特に新しい理論を展開しているわけではないが、成形品を15から30 μm に薄片化して観察することで、スキン・コア層の配向差、保圧の影響による配向の変化などがわかりやすく説明されていた。その一例としてPCを用いた成形品（肉厚2mm）の断面を図3に示す。複屈折によって生じた縞模様の間隔が狭いほど配向度は大きい。この手法によってスキン層の配向が著しいこと、保圧が高いほどコア層の配向度が大きくなることが実際に観察された。ウェルド部における樹脂の配向緩和挙動と物性との関係を検討している筆者にとって、その具体的な手法は非常に参考になった。

5. 発泡射出成形におけるウェルドラインの物性

近年、無数の極微小な空孔を内部に有する成形品の研究がさかんに行われている。Turngらはポリカーボネートの発泡射出成形により、ウェルドを有するダンベル試験片を作製し、その物性を検討した。実験手法としてはTaguchi法によるマトリックス処理で、成形条件の最適化を行う一般的な方法であるが、成形条件が空孔の大きさや分布を支配するため、ウェルドの物性と直接結びつけるのは難しいのではないかと感じた。発表者に直接伺ったところ、確かに解釈が難しいのは否めないということである。また、内部の気泡がクッションの役割を果たすため、ウェルドライン

図3 PC射出成形品の複屈折画像
(a)保圧12MPa、(b)保圧110MPa

界面に保圧を十分に加えられないという問題があるようだ。

ウェルドラインの物性に関する講演としては、これ以外にも落錘衝撃試験を行った Viana らの研究や、吸湿によるガラス繊維強化ナイロンの物性低下を論じた Belz らの研究を聴講したが、ウェルド部を“物性が様な面”としてしか捉えられておらず、より詳細な検討が必要であると強く感じた。

6. 振動射出成形によるウェルド物性向上

Coulter らは射出スクリュを前後に振動させることで、樹脂の配向緩和を狙った研究を行っている。しかし単に振動を与えるだけでは、ウェルド物性が思ったほど向上しなかった過去の結果を受け、一つの改良法を提示した。図4のように振動にあわせてウェルド部の金型が動くようにしてウェルド部の樹脂を積極的に運動させようというものである。実用性は未知数だが、曲げ強度にはその効果が現れた。通常の振動射出成形に比べて若干強度が増加すること、またスクリュ振動の周波数が小さいほど強度が向上することなどの結果を得た。

7. 多色ラミネート成形

(Multi-Component Laminate Moulding : MLM)

型内に樹脂を射出後、2つのピストンを用いて樹脂を強制的に流動させる方法は SCORIM 法として知られている。

(a) アキュムレータ

(b) アキュムレータを金型に装着したところ

図4 振動射出成形におけるウェルド部アキュムレータ

図5 多色ラミネート成形 (MLM) の概念図

この SCORIM 法を提唱した Allan, Bevis らは、多色成形法と組み合わせることで厚さ方向に複層構造を形成させる方法を提案した。装置の概略図 (図5) によって理解できるように、型内にいったん A を充填後、B を射出してサンドイッチ構造とする。次に A 側のピストンを押して、コア材 B 層の内部に A 層を形成させる。次に B 側のピストンでさらにその内側に B 層を形成させる。この工程を繰返すことにより、複層構造が形成されるというものである。実際に得られたものとして図6(a)に示すように4層構造の成形品が、また金型を電磁誘導加熱する BSM (Bright Surface Molding, 旭化成) と組み合わせることにより、図6(b)に示す6層構造の成形品を報告していた。本方法では SCORIM 法と同様に成形品物性の向上が期待されるが、衝撃強さに著しい効果があることがわかった。

8. 射出発泡成形のための新規なノズル構造

従来 CO₂ や N₂ を用いる射出発泡成形では、混練性を高めた特殊なスクリュ形状やガス注入用のポートをバレルに設けるなど大掛かりな改造が必要であった。ドイツ IKV の Habibi-Sasan らはガスをより簡便に材料に加える方法を提案した。既存の射出成形機を使用し、ガス注入機構を備えたノズルを用いる手法である。アイデアとしては当然考えられる方法であり、ベースとなる技術はすでに保有していたとはいえ、それを具体化し実行するところが IKV

図6 MLM による成形品断面図

(a)4層構造, (b)BSM を併用した6層構造

図7 射出発泡成形用新規ノズル

の技術力の優れた点であろう (IKV はこのプロトタイプを 2000 年に発表している)。図 7 に示すようにノズル内の樹脂流路を肉の薄い円筒状とし、その流路を多孔質の焼結金属で作製して、高压でガスを注入する。成形品へのガス注入量の目安となる密度低下率が報告されていたが、それによると PC/ABS の場合、肉厚 2 mm で 10% 程度、肉厚 8 mm では 60% の密度低下が示された。なお、PS や TPE など他の材料を用いてもほぼ同じ値を示しており、材料にはあまり依存しないようであった。

以上、非常に雑駁ではあるが、筆者の興味のままに述べ

させていただいた。全体を概観すると企業の技術や製品の PR の域を出ないものもあったが、個人的には筆者と同様の研究を行っている研究者との意見交換や、今後の実験においてヒントとなる技術など、有用な成果が得られたと満足している。今回の ANTEC では 1000 を超える発表があり、また、著名な観光地で日本人にもゆかりの深いサンフランシスコで開催された。その割には日本からの参加者は意外に少なかったように感じた。経費や滞在日数を考慮すると気軽に参加するわけにはいかないが、もっと積極的に日本からの発表や情報発信がなされるべきではないだろうか。

Ⅲ. 自動車・製品設計を中心として

広 田 知 生*

私は今回初めて ANTEC に参加し、Automotive Division の Automotive Application Analysis の Session にて「A New Approach of Parts Design for FMVSS 201 U Using Simple Deformation Method and CAO Technique」と題した研究発表を行う機会を得た。私は同 Session の発表と、Automotive と Product Design and Development の Division の発表および CAE に関する発表を中心に聴講した。今回、Automotive Division では Automotive Application Analysis と Automotive Advances in Materials の 2 つの Session が設けられていた。

Automotive Application Analysis の Session では 2001 SPE Automotive Award で取り上げられた最新のプラスチック部品についての報告、長繊維補強熱可塑性樹脂のインラインのコンパウンディングに関する報告、燃料系部品のバリア材における燃料の拡散係数や浸透性の評価方法についての報告、車体シール解析における TPE 試験データに関する報告等が発表された。この中で、燃料系部品の浸透性に対しては 2 件の発表があり、環境問題面における、米国での燃料蒸散に関する新しい規制に対応する報告として注目される。

Automotive Advances in Materials の Session ではブロー成形スポイラー用の耐熱・耐衝撃 ABS に関する報告、空気・燃料の統合システム用のエンジニアリングプラスチックに関する報告、導電性樹脂と非導電性樹脂との付着強度における導電性粒子の影響に関する報告、エアバック用 TPV に関する報告、共押出成形されるウェザーシール用 TPV に関する報告、燃料系部品用のエステル-エーテルブロックコポリマーに関する報告等が発表された。

Product Design and Development Division では、Designer and Product Development Job Search Forum の Session、Materials and Design Effects and Selection の Session、Design/Simulation and Product Development Planning の計 3 つの Session が設けられ、さらに、Blow Molding Division とのジョイントの Session として Concepts and Cooperation for Blow Molding and Design の Session が、Decorating and Assembly の Division とのジョイント Session で Design Factors Including Safety, Decorating, and Recycling の Session が設けられた。

その他興味深かった Session としては、Extrusion Division の Die Design and Modeling の Session、Injection Molding Division の CAD/Simulation 1~3 の各 Session であった。私の興味があった発表の時間が重なることが多く、全てを聴講できたわけではないが、興味深かった報告について以下に述べる。

Materials and Design Effects and Selection の Session では、バイエル社の Olaf J. Zoellner 氏らが、樹脂/金属ハイブリッドの射出成形技術を用いた強度を要求される部品に対して、コスト面、重量面、機能面等にすぐれた構造体の例を報告している。また、Ticona 社の Paul Wyluda 氏は、アセタールコポリマー製の歯車の準静的な負荷状態の挙動について実験と FEM の結果の比較を報告している。

Concepts and Cooperation for Blow Molding and Design の Session では、カナダ国立研究所の D. Laroche 氏らが複雑形状バリソンの変形挙動のソリッド要素およびシェル要素を用いた FEM の結果と実験結果を比較し、板厚の予測精度の面におけるソリッド解析の有用性を報告している。また、同研究所の F. Thibault 氏は、カーペット添合のブロー成形部品の板厚分布とそり量を目的関数とし、ダイギャップとカーペット側の熱伝達係数を設計変数にした最適化例を報告している。

Die Design and Modeling の Session では 8 つの発表のうち 5 つが FEM を用いたもので、現在、ダイス設計においても FEM を用いた仮想試作が注目されていることを感じた。さらに、本 Session ではダイス設計への CAO 技術適用に関する発表が 3 件報告されており、そのいずれものも、ダイス出口で均一流動となるようなダイス寸法の最適設計に関する発表であった。

CAD/Simulation 1 と 2 の Session では、清華大学の Rong-Yeu Chang 氏らが三次元充填解析のメッシュ生成方法として非構造四面体メッシュと三角柱メッシュを組み合わせることで、複雑形状対応への柔軟性と計算の安定性を両立したメッシュ作製法、および有限体積法と VOF 法

* Hirota, Tomoo
住友化学工業(株) 樹脂開発センター
袖ヶ浦市北袖 2-1 (〒299-0295)
2002.6.5 受理