振り返って語る金型技術

廣 恵 章 利*

1. はじめに

最近プラスチック金型業界も、ご多分に漏れず、等しく不況をかこっているむきが多いように聞かすが、私がプラスチック成形用金型にタッチするようになってからはや50年余となるが、この間の金型技術、特にその加工技術の進歩にはまったく目をみはるものがある。そこで少し昔に返ってこれまでのプラスチック成形用金型技術を回想してみたいと思う。なお、以下の内容の一部が、この学会誌に以前(1997年)に投稿した「プラスチック成形技術懐古録」と重複している所のあることをあらかじめご容赦いただきたい。

2. 原始的な圧縮成形用金型

私がプラスチック成形用金型をはじめて使うようになったのは、昭和24年(1949年)頃であるが^{1),2)}、当時はまだプラスチックといえは熱硬化性樹脂の全盛時代であった。私も終戦まで勤務していた住友金属工業(株)より、社命によって住友ベークライト(当時、住友化工材工業(株))に移り、同社尼崎工場に勤務して、プラスチックというものははじめて手がけた頃であった。当時は、圧縮成形が主流であったが、中小サイズの製品の成形用金型は、いわゆる“ハンドモールド(取出し型)”で、各成形サイクルごとに圧縮成形機に金型を手で挿入、取出しを行うタイプのものであった。それでも、100~200トン以上の成形機を使用する金型では、成形機に金型を取り付けたまま成形する方式のものも使われていたが、成形品を金型から取り出す(脱型)には大変苦労していた。

当時、熱硬化性樹脂の成形の世界では、型開き動作によってストリッププレートを作動させたり、エジェクターピンにより製品を自動的に金型(コア)から取り出すという思想がなく、ハンドモールドでは、コア側の型を治具にセットして手で製品を型から取り出していた。100トン以上の成形機の場合は、金型は成形機に取り付けてあるが、製品の離型には、ストリッププレートを2人の作業者が、ストリッププレートと金型取り付け盤との間に設けられた隙間に鋼製のてこを差し込んで、えいやーと左右同時に力をかけて製品を離型させていた。今日ではとても想像もで

きないような超原始的なことをごく普通のこととしてやっていたのである。後になって知ったことであるが、当時でも、熱可塑性プラスチックの射出成形(主として、セルロースアセテート)の世界では、成形機の型開き動作を利用して離型することはすでに行われていた。熱硬化性樹脂の世界は当時でもあまりにも遅れていたようである。

昭和26年(1951年)になって、WATSON-STILLMAN社製(アメリカ)の最新鋭の圧縮成形機とトランスファ成形機が尼崎工場に設置されたが、取付け型方式の金型構造の知識がなかったので、沖電気工業(株)芝浦工場の山本常明氏に教を乞い、4号型電話機ハンドル(図1)2個取り金型の構造設計についていろいろ指導していただいた。

3. 昭和20年代の金型メーカー

この当時のプラスチック金型メーカーは、二、三の大手メーカーを除いては、機械加工業者というよりは、金型加工の職人さんの人達が多かった。加工設備も、鋸盤、旋盤、ボール盤、形削盤(セーパ)が主体で、手加工の比率が高かった。全加工工数の約半分が手加工といわれていたように記憶している。この頃の熱硬化性樹脂成形用金型メーカーの品定めに、例えば食器(茶碗)の金型で、どこそこのメーカーは何グラムで製品を作るから腕が良いとされた。これは、製品の肉厚が薄く作れ、したがって、製品重量が少ないものが作れる金型屋が優秀な金型屋とされていたことによるものである。

こんな有様だから、金型製作にも金型設計図などではなく、製品か製品図を見ただけで金型をつくってしまう。このことは、日本金型工業会の30年史にもちっと触れられている³⁾。図面なしに金型を作る習慣は、小規模の金型メーカーにおいては、つい最近まで続いていた。相当複雑な構造の成形品でも金型設計図なしに立派に金型を作ってしまうことは、単なる腕前の問題だけでなく、そういう頭脳に優れ

図1 4号型電話機ハンドル(フェノール樹脂)

* Hiroe, Akitoshi
廣恵プラスチックコンサルタント事務所
鎌倉市今泉台2-15-6(〒247-0053)
2001.11.8受理

ているからであろうが、私のように戦前、機械設計に従事していた者には、今もって信じられないが、私には真似のできないみごとな業である。

4. コールドホビングプロセスについて

放電加工機は、昭和30年(1955年)頃には、すでに実用化の段階に入り、国産機も登場していたが、プラスチック成形用金型にはまだ一般化していなかった。

昭和32年(1957年)にドイツのSack & Kisselbach社のコールドホビングプレス(500トン機)が輸入されてより、コールドホビングプロセス(cold hobbing process)による金型加工について広く関心がもたれるようになり、東京都立工業奨励館(現都立産業技術研究所)の浜松町分館を中心にして技術開発が行われていた^{3), 4)}。

コールドホビングプロセスは、焼入れ硬化したマスター(ホブ)を焼鈍した柔らかい素材(型材)の中に常温で高圧のもとに押し込み、金属の塑性流動を利用して素材に凹みを形成させて⁵⁾、これをキャビティとする方法である(図2)。加工条件は、加圧力は2500~3000 MPa、加圧速度は素材(鋼など)の種類により0.005~0.01 mm/s程度が標準とされていた。

この頃、私は尼崎工場より本社に移り、新設される川崎工場の建設に従事していた。この工場には成形工場とともに金型工場が建設された。コールドホビングプロセスは、当時としては最新の金型加工方法だったので、日本一大きいホビングプレスを設置したいと考えた。社内で遊休設備になっていた1500トン積層板製造用プレスを改造し、可変容量油圧ポンプを装備して超微小速度で加圧できるようにし、直径300mmの超大形ダイアルゲージも取り付け、また、加圧工程中にホブが破損して破片が飛散するのを防止するため厚い鋼板で周囲を囲うなどした(図3)⁷⁾。

これだけ苦心して作り上げたが、加圧力1500トンでは、最大投影面積で約75mm角ぐらいのものしか加工できないので、そのうちに放電加工に取って代わられてしまった。

5. アメリカへ金型を売りに行く

昭和33年(1958年)8月より約2か月、(財)日本生産性本部の肝煎りで、日本金型工業会の幹部12名がアメリカの金型業界の視察にでかけ、その帰国報告会があり、私も聴講した。またその後、この視察団についての詳細な報告書⁷⁾も刊行された。これらの情報より、金型技術のレベル

についてアメリカと日本とでは相当大きな格差のあることが痛感された。

(1) アメリカでの金型のセールス

昭和35年(1960年)から昭和36年にかけて約1年あまりの間、社命によりアメリカのシカゴに駐在した。仕事は当社の金型をアメリカで売ってこいということであった。私は、前述の業界視察団の情報から、当社の金型をアメリカへ売り込むなぞとても無理な話と思い、上司にその旨を述べたが簡単に一蹴された。とにかく出かけたが、外貨の関係などもあって住友商事(株)への出向社員(シカゴ駐在員)の形でセールス業務に従事した。

まずシカゴを中心にしてアメリカ、カナダの各地を廻り、セールスに努めるとともに、ロスアンゼルス、ニューヨークなどの住友商事の支店にも協力を求めた。

主として成形品メーカーを訪問した。いずれも何ら紹介状も持たないで出かけたが、ほとんどの会社(中小企業)で社長が面会してくれ、かなり大きい会社では部長クラスが会ってくれた。こちらの話をよく聴いてくれ、中には、工場を見学させてくれたり、自社の金型を現物について詳細に説明してくれたりした。これは大変意外なことだった。日本なら、全然初めての会社にも伝えてもなく訪問したのでは担当者が会ってくればよい方だと思う。このことは、金型工場の見学についても同じで、北米随一といわれるカナダのInternational Tool社やシカゴで一番大きい金型メーカーのMidland社などが手紙一つ、電話一本で工場見学を快諾してくれた。

金型のセールスの方は若干の見積引き合いはあったが成約したものは帰国直前に2型受注しただけで、やっぱりアメリカへ金型を売り込むことは当社としては無理だったのである。その原因にはいろいろあった。アメリカへの輸送費、輸入関税、輸入後のメンテナンスなどの問題はさておき、最大の問題点は技術格差と納期であった。

まず私自身の金型技術のレベルが低かったためと、日本では聴いたことのなかったInsulated runnerの話が出たり(Hot runnerについては知っていたが)、サブマリンゲ-

図2 コールドホビング加工⁶⁾

図3 1500トンコールドホビングプレス

トを知らなくてあわてたりした。サブマリゲートは、当時はアメリカでもまだ珍しい方らしく、プラスチック専門誌などに解説が出ていた。

大ざっぱにいうと、当時のアメリカのプラスチック金型技術について、金型の加工能率の点で較べると日本とはかなりの格差があったように思った。それでも、日本大手金型メーカーにはアメリカに金型を継続的に輸出しているところもあった。

(2) アメリカの金型工場

アメリカ滞在中、金型のセールスの仕事のほか、プラスチック関連のいろいろな情報集めもしたので約100社ぐらいの会社を訪問したが、その中でも大小いろんな金型工場を見ることができた。これで当時のアメリカの金型メーカーと日本の金型メーカーとで、その作業形態に一つ大きな違いのあることに気付いた。

アメリカでは、一人のベテラン金型工（リードマン）を中心にして、数名の金型工が一つのグループを形成して一つの金型について加工から組立てまでの工程を進めて行く、この体系はいまでも崩れていないようである。これに対して日本では、多くの金型メーカーにおいて、金型の加工工程別に各作業者を専門化している。例えば、旋盤工は旋盤加工だけ、フライス工はフライス盤加工だけをやり、組立て調整はベテラン金型工がやっている。すなわち、アメリカでは、金型製作の全工程をこなせる人間が本当の金型工であって、単に金型工場に働いているだけでは金型工とは見做さないという思想があるようだ。どちらの方式にも一長一短がある。日本の方式は、金型の大量生産には向いているが金型技術の向上とその保存という点ではどうだろうか。

このような作業体制になっていた背景には、アメリカの労働組合の問題がある。アメリカでは労働組合が職能別になっていて、見習工（アプレンティス）の比率が決められているので、日本に比べて現場には見習工がきわめて少ない。こういう考え方なので、アメリカの金型工場へ入ってまず目につくのがフライス盤だが、フライス盤の数を数え

るとベテラン作業者の数がわかる。こんなこともあって、当時の金型製作工数のうち、機械加工と手仕上げの比率が日本とは反対になっていて、手仕上げの工数が遥かに少なかった。実際、当時のアメリカの金型工場では、フライス盤の多いことが目立つ反面、形削盤（セーパ）や堅削盤（スロット）は皆無であったが、この点からも向こうの方が生産性が高かったように思う。

金型のセールスに歩いていて特に強く感じたことは、前述のように、成形品メーカーで初対面でも幹部が会ってくれて、こちらの話を熱心に聴いてくれるなど、日本の成形工場の幹部に比べ金型技術に対していつそう深い関心をもっているように見受けられた。

6. 金型の価格

最近ではコンピュータの利用が普遍化してきているので、NC工作機械の普及により加工所要時間の算定も容易になっているので、金型価格の見積りも過去のデータを有効に活用することにより昔よりは科学的になってきていると思うが、1960年代には、必ずしもそうではなかった。

アメリカに駐在していた頃、SPE (Society of Plastics Engineers Inc.) シカゴ支部の月例会で Stokes-Trenton 社という金型メーカーの社長が金型の見積り価格について講演した¹⁰⁾。当時の日本では、金型価格の見積りが何に準拠しているのかははっきりせず、同じ製品に対する金型価格が、2～3倍違うことも珍しくなかったので同氏の話は大変興味深く聴いた。同氏曰くに、金型価格の見積りにはいろいろな要素がからむのでこれを適確に決定することは大変難しい。同社では過去のデータを、金型の大きさ（体積）、形式などにより分類して図4⁹⁾のようなチャートを作り、同じ金型について少なくとも3人で見積りを行っているが、それでもこのチャートより外れるものがある。金型の見積りは全くかんと経験によることが多いので、estimateではなく、guesstimate (guess(あて推量) + estimate(見積り)、同氏の造語) だと言って聴衆を大笑いさせた。

アメリカ駐在から帰ってしばらくしたある日、ドイツの

図4 金型体積—金型コストチャート（ストークス・トレントン社の例）

大手の射出成形機メーカー Kraus-Maffai 社の金型技術者が私を訪ねてきた。当時、コカコーラやビールの運搬用ケース (beer crate) の成形技術と金型が業界の関心を集めていた頃で、この技術者はその金型の売り込みにきたのである。私は K-M 社の金型価格を尋ねたところ 700 万円と言う。私はそれは高すぎる、日本では 400 万円できていると言ったところ、“ミスターヒロエ、その金型で 1 サイクルどれくらいの時間で成形できるのか” という。私が 1 サイクル 2 分と答えたところ、K-M 社の金型なら 55 秒で、慣れれば 50 秒でできるから決して高くはないと切り返えされてしまった。

この議論での成形サイクルの数値の適否はともかくとして、大手の金型メーカーでも、金型の値打ちを成形サイクルで議論するところは、当時の日本にはなかったので、K-M 社の合理的な考え方に感心してしまった。以後私は金型の値打ちは、購入値段でなく、成形品に対する総合的な生産性 (成形サイクル、発生トラブル、寿命など) で評価するようにしている。

7. 金型寿命の算定

昭和 38 年 (1963 年) 頃、住友ベークライトは、電電公社の要請により、従来のフェノール樹脂を主体とした電話機を硬質塩化ビニル製の 600 型電話機 (図 5) に転換するためその成形材料の開発と成形品製造技術の確立に川崎工場を中心とした関連部門の総力を挙げて取り組んでいた。このときの硬質塩化ビニル成形材料は、世の中の硬質塩化ビニルとは大いに異なり、可塑剤を全く含まない完全な無可塑化硬質塩化ビニルであった⁹⁾。

私も当時川崎工場に勤務していたが、非常に流動性が悪く、かつガスの発生しやすい成形材料であったため、その射出成形にはかつてない大変な苦勞をしたが、射出成形用金型の腐食の速いものにも全く悩まされた。金型はほとんどすべて川崎工場内の金型工場で製作していたが、表面に硬質クロムめっきを施してあったが、腐食による金型の消耗がものすごく速かった。このため、所要の生産量を達成するためには、早めに代替金型を製作しておかねばならないので、下記のようなルール⁸⁾を定めて所要金型数を確保することに努めた。この硬質塩化ビニル電話機は十数点の成

(上列) 左: ハンドルセット 中央: きょう体 右: ナンバプレート
(下列) 左: 端子板類 中央: 塞板 (円板) 右: コイルボビン

図 5 600 型電話機の硬質塩化ビニル部品

形品より成り立っていたが、そのうち、成形品としてサイズの大きく、損耗の特に速い筐体 (ハウジング) と握り (ハンドル)などを主な対象とした。

このルールでは、損耗を考慮に入れた場合の各時点において所要の成形品生産可能数 (保有ショット数, M) が下記 (経験式) の数値に達したときに新しい型を起こすことを決定するというものである。

$$M = (n \cdot NL / m) + (T \cdot NS)$$

ここに、

n = 成形品の生産に常時必要な型数

NL = 金型の寿命 (耐用ショット数)

T = 金型製作所要期間 (月)

NS = 成形品生産数 (ショット/月)

m = 経験的に決める定数 (2~3)

実例として、筐体について上式を適用してみると、

$n = 6$, $NL = 150,000$ (実績値),

$T = 6$, $NS = 75,000$ とし、 $m = 3$ と仮定すれば、

$M = 6 \times 150,000 / 3 + 6 \times 75,000 = 750,000$ ショット

となるので、新しく金型を起こすのは、図 6¹¹⁾の a_1 の時点ということになる。ここで新型を起こすと、型製作期間 6 か月とすれば、 a_2 点で M は 150,000 ショット分回復し、450,000 ショットとなる。以下 2 か月ごとに新型を起こせば、 $M = 300,000 \sim 450,000$ ショットを保持することができる。筐体の型製作期間 6 か月は、今日では大変長い、が、当時はこのくらいはかかったのである。

8. 金型を“金めっき”でつくる話

私は、その後川崎工場より本社成形品事業部に移り、社内の成形品・金型の技術を経括するようになって、硬質塩化ビニルの電話機については側面的にタッチしていた。

この頃、川崎工場より、電話機金型の腐食対策として、型表面処理技術についての研究費数億円の予算申請書が私のところに提出されてきた。私はそのまま社長 (原田珍重氏) に提出したところ、早速お小言がでた。実は、腐食対策としてステンレス鋼を使う方法はあったのだが、機械加工性とコストの点で硬質クロムめっきを実施していたのだが、社長より、「硬質塩化ビニルの射出成形において塩酸ガスが発生して金型が腐食するのは当たり前ではないか。

図 6 総保有ショット数と金型製作手配時期との関係例

なぜ金型を腐食しないような金型材料を使わないのか、硬質クロムめっきなどにこだわらないで、“金めっき”することを考えよ」と厳命された。金型を金めっきするなどともないことだとは思ったが、予算申請の方は一応許可してもらったものの、金型の金めっきの研究というお荷物を背負い込むことになった。

そこでまず時計部品の金めっきを手掛けていた知合いのS社に相談したが、電話機のような大きな品物のめっきはできないと断られた。ついで大手の金地金^{じがね}メーカーの田中貴金属㈱に相談してみた。同社には電気機器成形品の埋め込み金具の金めっきをお願いしていた。しかし、ここでも、品物が大きすぎることを、金めっきは柔らかいからすぐ摩耗してしまって金型には使えないということで断られてしまった。そこで、私は金型の金めっきなんてやはり無理な話ではないかと思った。

ところがここでびっくりすることが起きた。昭和39年の暮のある日、ロスアンゼルス^{ロサンゼルス}の金型メーカー、Anglo-American Mold & Eng. Co.のClearyという技術者が私を訪ねてきて、塩化ビニルの射出成形用金型の金めっきの技術を売りたいというのである。この会社では、U.C.C社(アメリカの大手材料メーカー)の硬質塩化ビニルでパイプ接手の射出成形もやっており、金型に金めっきしているといって写真数枚を見せてくれた。めっき工程は2段階で、無電解ニッケルめっき(13 μ m)をした上に金めっき(0.25 μ m)をするというのである。このめっきで10,000ショット程度はもつというので、その技術を買うから条件を提示してくれといっただけだったが、どういうわけか、その後音沙汰がなかった。しかし、世の中は広いものだとつくづく思った次第である。

9. 射出成形用金型設計基準の作成

昭和34年(1959年)に故小川喜代一博士(当時関東学院大学教授)を委員長として、プラスチック成形用金型部品のJIS規格作成委員会が設けられ、私も参加した。翌年昭和35年に金型部品に対する初めてのJISが制定され公布されたが時間的な制約もあって、おも型(JIS B 5106)を含む7点だけであった。しかし、これを機会として、金型標準部品について一般の注意が喚起され、JIS規格部品を市販するメーカーも次々と現れた。

昭和39年(1964年)の初め、日本金型工業会において、プラスチック射出成形用金型の設計基準を作成することになり、浪江幸二氏(後に、昭和精機工業㈱社長、日本金型工業会会長)を専門部会長として、私を含め計12名が参加した。作成には約1年半を要したが、約十数回、各社持ち回りで泊りがけで案を練り、金型部品全般にわたって詳細な設計基準を作成し、昭和36年(1961年)の初めに「プラスチック射出成形用金型設計基準、I、IIおよびIII」の2巻を刊行するに至った¹²⁾。この当時はプラスチック成形用金型の設計の基準として、材料供給機構、製品突出機構、温度調節機構などを系統的に詳しく解説し、各部の標準寸法まで詳しく示した図書は皆無で、洋書にもそのようなものはなかった。この基準書が射出成形用金型設計の国内初めての指針となったわけである。

本書が発行されてより、はや40年近くになる。その後

の金型技術、射出成形技術の進歩により内容的に若干追補したいところもあるが、射出成形用金型設計の基本は変わっていない。今日では、金型設計に関する記事を執筆する多くの人達が、ところどころに本書の内容を引用しているのが散見される。そういう意味では、真実に基準書となっており、金型設計のバイブル的存在になっているものと自負している。

10. 金型の技能者・技術者の養成について

平成元年(1989年)、日本貿易振興会(JETRO)の依頼でシンガポールへ成形・金型技術の指導に行った。当時のシンガポールにはすでには日本をはじめ世界各国から多くの企業が進出していたが、シンガポール政府では、これからのシンガポールには労働集約的な企業の進出は不要で、それよりも電子産業を中心とした知識集約的な企業の進出を歓迎したい。それには、金型技術はSupporting Industryとして重要であるということで今回の技術指導となった。巡回指導に先立ってシンガポール政府経済開発局担当官が、同国の金型技術の訓練施設^{ナシヤン}2か所に案内してくれた。

最初に訪問したのは、南洋工科大学で、ここでは大きなCAD/CAM教室があり、地下の金型工場へ光ファイバーによりデータを送って金型の加工が行われていた。また、この金型工場には、射出成形機や金属プレス機が設置されていて出来上がった金型のトライをやっている。こんな大学は10年余経った現在でも日本にはない。次に訪れたのは、Precision Engineering Institute(図7)という公立の金型技術専門の訓練校で、ここは3年制であるが、2年間はこの訓練校で学び、あと1年は企業でのOJTとなっている。プラスチック金型科およびプレス金型科の2科があって、1学年合計、約280人とのことであった。実習工場の金型加工設備は大変よく整っており、ここにも、射出成形機や金属プレス機が各数台づつあって製作した金型のトライをやっている。在校生は、国から若干の手当てをもらって勉強しており、まったく恵まれた環境である。

シンガポールは小国とはいえ、国家として金型の重要性を深く認識している有様を見て大いに敬服したが、日本も

図7 PEI Kallang 校(シンガポール)

見習ってほしいものと羨ましく思った次第である。現在、金型技術については、シンガポールは、東南アジア地区では A クラスと聴くが、このような素地があるのだから当然といえよう。

日本はプラスチック金型については、生産技術、納期、生産量ともに世界のトップレベルにあると言われているが、後輩の金型技術者・技能者を育成する公的機関がないのは大変残念である。もっとも、我が国にも、公立の職業訓練校のなかに金型科を設置しているところもあるが、シンガポールのように、金型工業をものづくりのサポーティングインダストリと位置づけ、国として力を入れて金型技術の育成に努めている姿は大変羨ましく思った。

先年韓国を訪れた際、ソウル近郊の京義工業大学には金型科が設けられているのを知った。日本の工科系大学に金型科やプラスチック科ができるのはいつの日だろうか。

日本の金型工業は昨今いわゆる IT 時代の先端を切っているが、韓国、台湾、東南アジア諸国の金型技術も伸びてきており、一部にはその追い上げにあっているようにも聴く。今後とも日本がプラスチック金型において世界のリーダーシップを維持していくためには、後輩の技術者・技能

者を積極的に育成して、よりいっそう力をつけていくことを金型業界も国の関連機関も真剣に考えるべきではなかろうか。

参 考 文 献

- 1) 廣恵章利：プラスチック成形技術，5(12)，89 (1988)
- 2) 廣恵章利：成形加工，9(4)，270 (1997)
- 3) 日本金型工業会編：創立 30 年のあゆみ，181 (1987)
- 4) 辻 栄一：金属，27(2) (1957.2)
- 5) 藤岡武夫：プラスチック，9(6)，1 (1958)
- 6) Steve Gullage：PLASTICS ENGINEERING，27 (1982.1)
- 7) 廣恵章利：プラスチック成形技術，6(3)，54 (1989)
- 8) 財団法人生産性本部：金型-中小企業金型専門視察団報告書 (1959)
- 9) 廣恵章利：プラスチック成形技術，6(5)，59 (1989)
- 10) 廣恵章利：成形加工，9(7)，537 (1997)
- 11) 廣恵章利：プラスチック成形技術，6(9)，84 (1989)
- 12) 日本金型工業会編：創立 20 年のあゆみ，52 (1977)

■ 文 献 抄 録 ④

Kunststoffe

・ Vol. 90(2000)，No. 8

Ott, H.-J. : Partners in the Market (p. 6)

Kurtz, H.-U. : The Market for Masterbatches in Germany (p. 9)

Schwab, E. and Marzineak, R. : Maintenance of Plastics-Processing Equipment (p. 16)

Vorberg, F. : Compounding with Twelve Screws (p. 21)

Englert, R. et al. : Ideal for Laboratory and Production (p. 23)

Michaeli, W. et al. : Reducing Cooling Time with Water-assisted Injection Moulding (p. 25)

Worberg, J. and Kamps, T. : Electrifying Novelties from the NPE (p. 28)

Bliedtner, J. et al. : Exhaust-Air Purification in Laser Technology (p. 30)

Orth, P. et al. : For the Car of Tomorrow (p. 33)

Hohenberger, W. : Submicron and Nano (p. 36)

Moller, B. et al. : Demanding in Profile (p. 39)

Berger, G. and Beitzel, M. : Weather-resistant TPE (p. 42)

Vroomen, G. and Köster, L. : Hybrid Profiles in EPDM and TPV (p. 44)

Vennemann, N. et al. : TPE Test for Automotive Engineering (p. 46)