

低燃費タイヤ開発におけるゴムのコンパウンディングの際に、カーボンブラックの種類の違いが製品性能に与える影響

著者

Matthias Jährling Thermo Fisher Scientific,
Karlsruhe, Germany

自動車が道路を走る際、実に燃料の15%はタイヤの摩擦によって消費されると言われています。タイヤの転がり抵抗を減らす低燃費タイヤ（エコタイヤ、グリーンタイヤとも呼ばれることがあります）は燃費を大きく改善します。燃費の良いタイヤを開発する上で、ゴムのコンパウンディング工程を理解することはとても重要です。研究開発用の高性能ミキサー付トルクレオメーターやエクストルーダーを使用すれば、少量の材料で製造条件を検証し、コンパウンディングと材料の挙動を検証することができます。

このアプリケーションノートではタイヤ製造におけるゴムのコンパウンディングの際に種類の異なったカーボンブラックが材料加工に与える影響について紹介します。

テストサンプル

タイヤ用ゴム製造における三つの異なったカーボンブラックと側鎖コバルトブタジエンゴム（ARLANXEO社Buna™ CB 1220）のコンパウンド

- N326 ゴム用カーボンブラック：

多点法窒素比表面積（NSA）：78 m²/g、ヨウ素吸着：82 g/kg
低ストラクチャーの補強用微細カーボンブラック

- N234 ゴム用カーボンブラック：

多点法窒素比表面積（NSA）：118 m²/g、ヨウ素吸着：120 g/kg
増加ストラクチャーの補強用微細カーボンブラック

- N339 ゴム用カーボンブラック：

多点法窒素比表面積（NSA）：91 m²/g、ヨウ素吸着：90 g/kg
増加ストラクチャーの補強用微細カーボンブラック

テストに使用する装置

Thermo Scientific™ HAAKE™ PolyLab™ OS モジュラートルクレオメータープラットフォーム：

- ドライブユニット（モーターを装備した本体）：Thermo Scientific HAAKE RheoDrive™ 7 OS

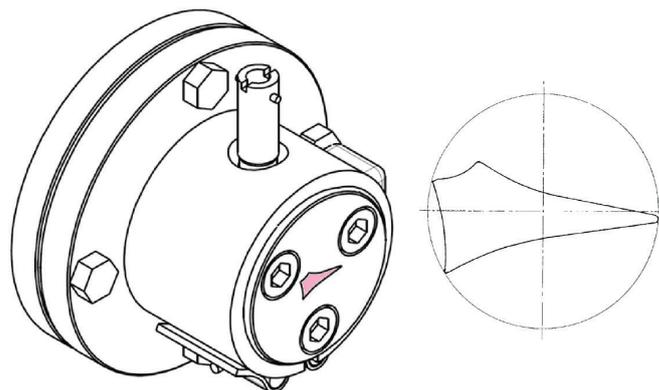


図1：ガーベダイの図面

- 1軸エクストルーダー：Thermo Scientific HAAKE Rheomex 19/10 OS rubber、スクリー径：19 mm、L/D 10、圧縮比 1:1、ゴムのフィーディングのためのロールフィーダーシステム

テスト 1: ガーベダイを使ったテスト

このテストではエクストルーダーはASTM D2230（図1）に基づいたガーベダイを使用しており、押し出したゴムはコンベアによって送り出されます。

ガーベダイは四つの異なった方向からプロファイルを形成します。それはタイヤ・トレッドの半分がスケールダウンされたような状態です。

流れが良いゴムのコンパウンドではダイの最小のコーナー（切欠き上の穴の四つある角の尖った部分をエッジ、他の部分をコーナーと呼びます）部分でも問題なく滑らかなプロファイルが描かれます。流れの悪いゴムのコンパウンドではムラのあるはぎ取られたような膨れ上がったプロファイルが形成されます（図2）。押し出しにより形成されるプロファイルの質はASTMの定義により格付けされます。

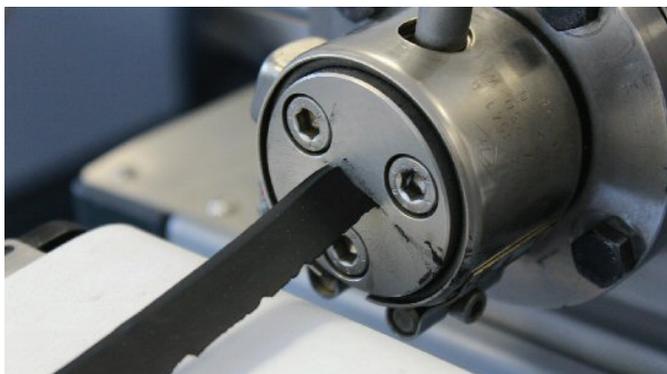
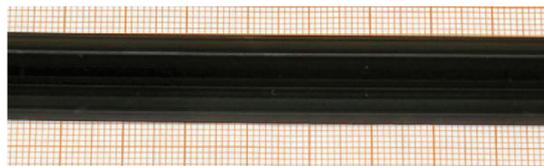


図2: ガーベイダイからサンプルが押し出しされる様子

CB N339:

	1	2	3	4
Swelling				x
Edge				x
Surface				x
Corners				x

Edge:	10
Surface:	A



CB N326:

	1	2	3	4
Swelling			x	
Edge		x		
Surface			x	
Corners		x		

Edge:	4
Surface:	B



CB N234:

	1	2	3	4
Swelling				x
Edge			x	
Surface				x
Corners			x	

Edge:	8
Surface:	A

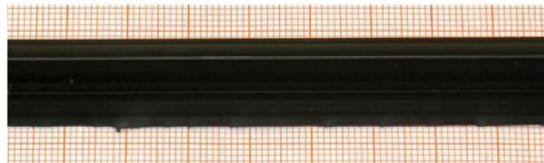


図3: 三つのゴムのコンパウンディングから形成されたガーベイのプロファイル例

図3はカーボンブラックの種類によってプロファイルの質が顕著に影響されることを示しています。増加ストラクチャーのカーボンブラック (CB N339、CB N234) は低ストラクチャーのカーボンブラック (CB N326) より滑らかなプロファイルを形成することがわかります。

テスト 2: ダイスウェル測定

ダイスウェル (バラス効果としても知られています) はポリマーやゴムに見られる一般的な現象です。ポリマーの流れにおいて、ポリマーがダイの中への入り口で圧縮され、ダイの出口で部分的に回復したり膨張 (スウェル) が収まってポリマーの元の形や体積に戻ったりします。

この実験ではパーティカルロードダイ (ノズル径 2 mm、L/D= 0) とレーザー ダイスウェル テスターが使われます。

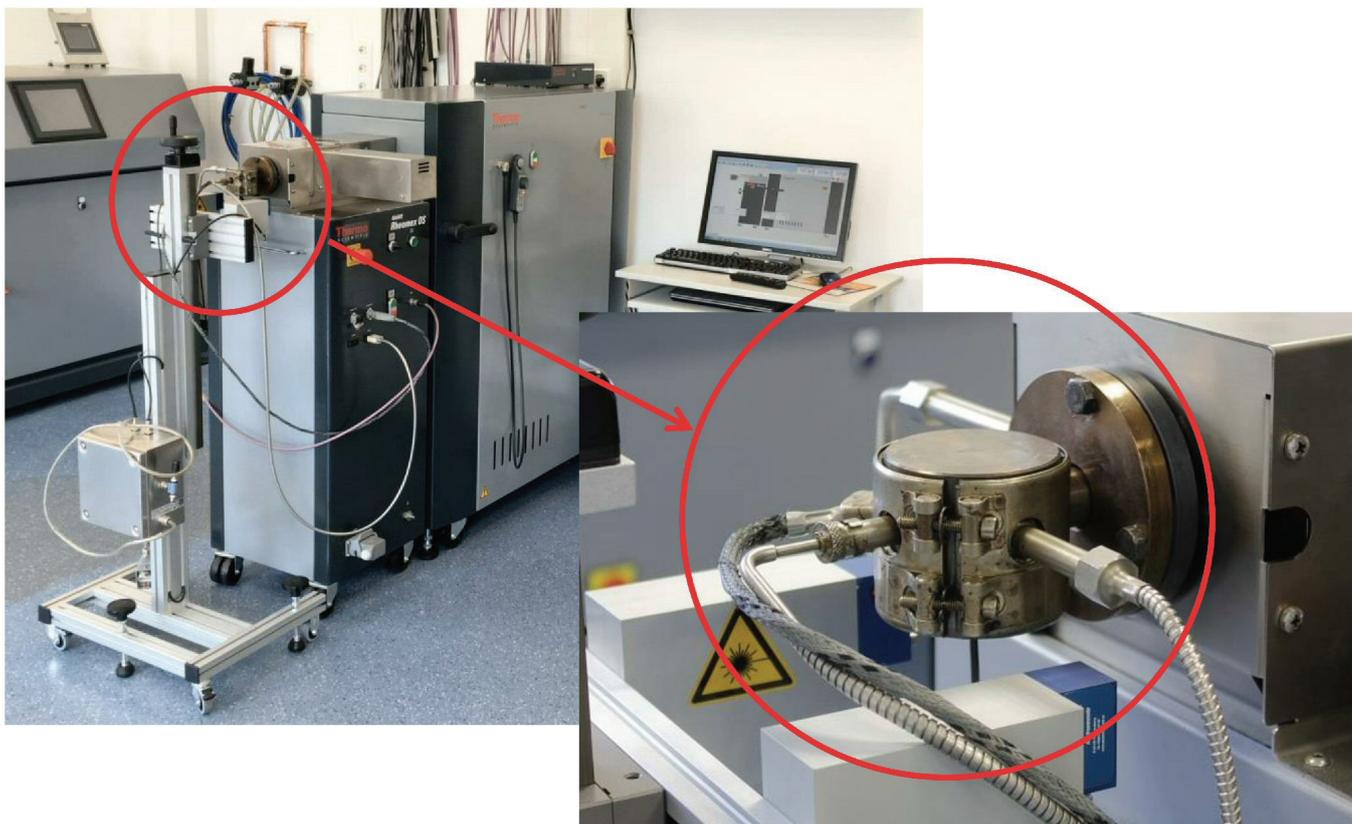


図4:ダイスウェル測定用にセットアップされたHAAKE PolyLab OS

システムは膨張するストランドの径を連続的に測定します。
測定された径とロッドダイノズルの実際の径との関係性から
ダイスウェルは計算されます。

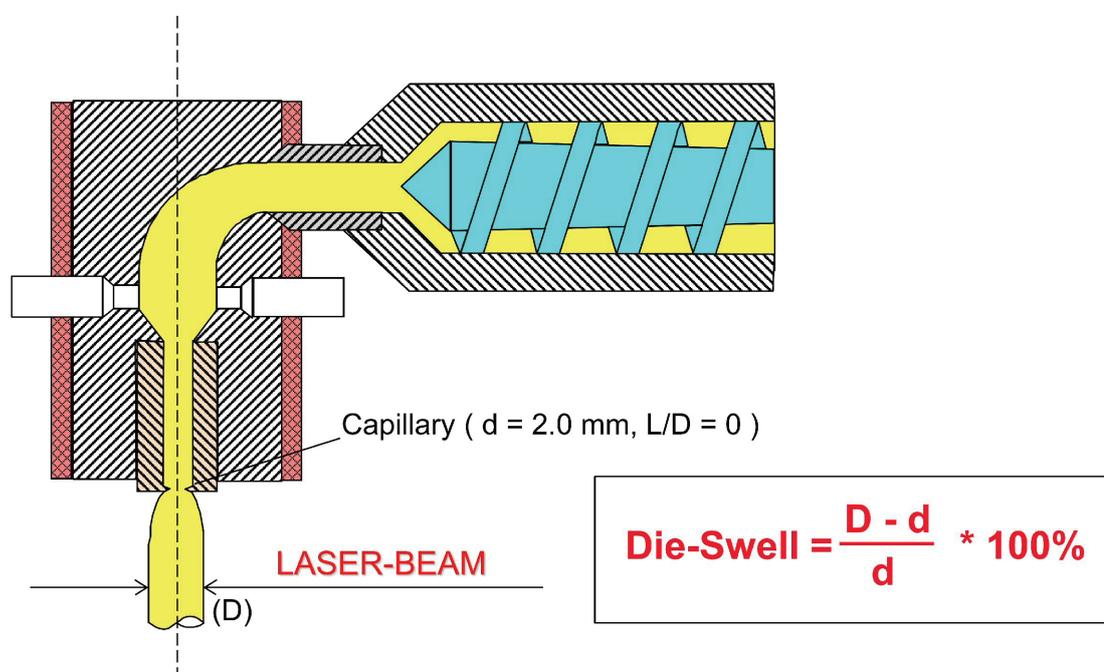


図5:ダイスウェル測定の模式図

これらのサンプルは三つの異なったスクリー速度 (20 rpm、40 rpm、60 rpm) で実験を行いました。図6にこれらの実験結果を示します。

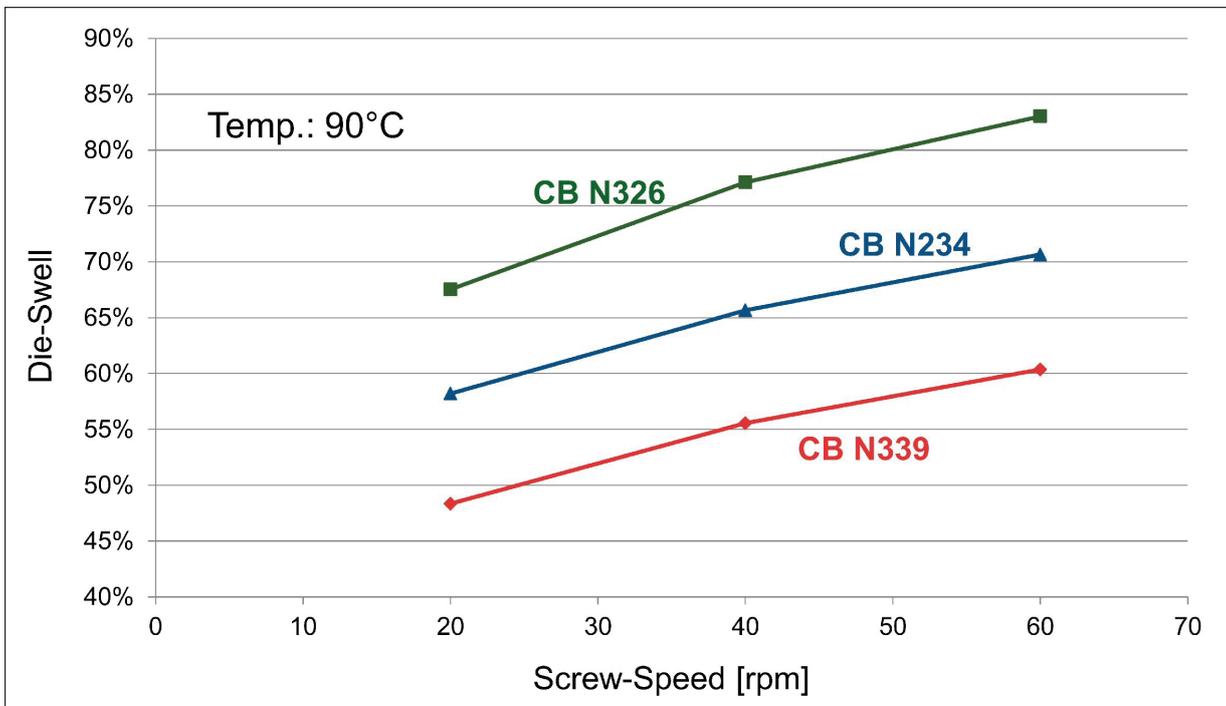


図6: 三つのゴムのコンパウンディングにおけるダイスウェル現象

図6からはカーボンブラックの違いによる明確な違いが確認できます。増加ストラクチャーのカーボンブラック (CB N339, CBN234) をコンパウンディングしたものは低ストラクチャーのカーボンブラック (CB N326) のサンプルより膨張が小さいことを示します。そしてダイスウェルテストは増加ストラクチャーのカーボンブラック (CB N339, CB N234) のコンパウンディングの仕方による違いも明確に示します。

テスト 3: エクストルーダーを使ったキャピラリーレオロジー

ゴムのコンパウンディングの動粘弾性特性の実験では幅20 mm、厚み2 mmの測定ジオメトリを使った水平スリットキャピラリーダイが使われます。

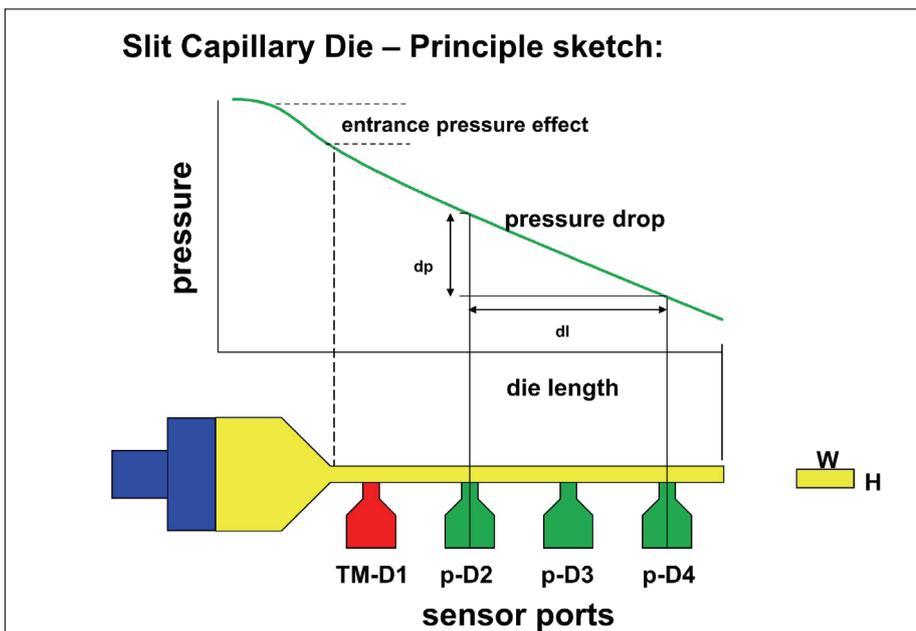


図7: 水平スリットキャピラリーダイの模式図

エクストルーダーから出てきた混練物（アウトプット）を計測するために、HAAKE PolyLab システムを制御するコンピューターに秤をRS232ケーブルを使用して接続します。

実験の手順はPolySoft OS キャピラリーレオメーターソフトウェアにより設定したプログラムに従って自動的にシーケンシャルに実行されます。ソフトウェアによってエクストルーダーが段階的に速度を変えて動きます。それぞれの速度でせん断応力を計算することでスリットキャピラリーの中の圧力損失を計測します。その時、ずり速度を計算するために秤で計測したエクストルーダーから出てきた混練物（アウトプット）の量を使います。この測定データから、ずり速度によって変わってくるコンパウンディング時の粘度が計算されます（図8）。

Slit Capillary Die - Calculations for Newtonian liquids:

Pressure Gradient: $p' = \frac{dp}{dl}$ Shear Rate: $\dot{\gamma} = \frac{6 \cdot Q}{W \cdot H^2}$

Volume flow: $Q = \frac{V}{t}$ Viscosity: $\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$

Shear stress: $\tau = \frac{H}{2} \cdot p'$

Assumptions:
 - Laminar, stationary and isothermal flow
 - Wall sticking

図8: 三つのゴムのコンパウンディングにおける粘度の計算

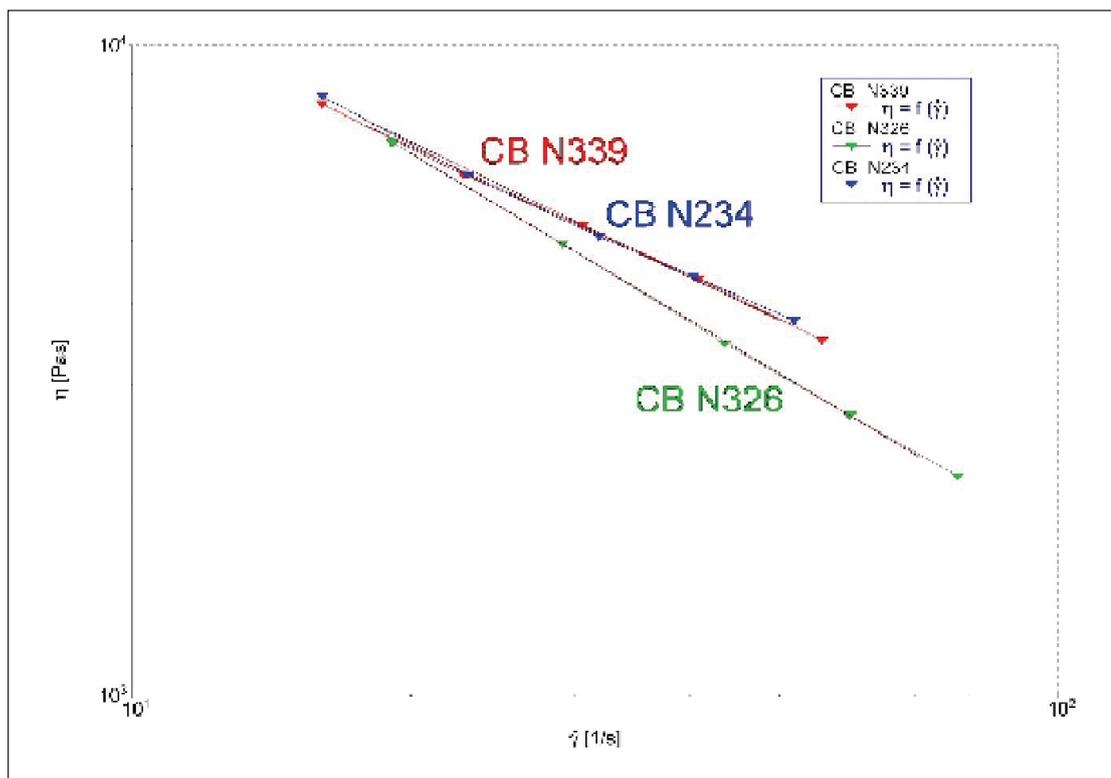


図9: 粘度測定の結果

このようにカーボンブラックの種類の違いがタイヤ性能に顕著な影響を与えることが確認できました。増加ストラクチャーのカーボンブラック (CB N339、CB N234) を用いたコンパウンディングでは低ストラクチャーのカーボンブラック (CB N326) より高い粘性を持つこと、そして低いすり薄化効果が得られることが分かります。低ストラクチャーのカーボンブラック (CB N326) でコンパウンディングされたゴムは特に高いせん断速度において、かなり低い粘度を示すことが分かります。

結論

手頃な価格での燃費の良いタイヤの必要性が増す中で、新しいゴムのコンパウンディング方法を開発する際には、正確かつ簡単に論理的な実験を行うことが重要です。このアプリケーションノートではHAAKE PolyLab OS トルクレオメーターがいかにも実践的に問題解決に役立つかを紹介しています。三つの異なったテストを1台でこなし、それぞれのテストへ迅速にセットアップを切り替えられることがHAAKE PolyLab モジュラーシステムの特長です。作業効率良く、多様な実験をこなせる多才さで、お客様の新製品の研究開発にかかる時間とコストの削減に貢献します。

製品開発を成功させる上で、テスト結果と実際の製造工程をリンクさせることはとても重要です。HAAKE PolyLab OS システムは多くの有益なプロセスパラメーターを提供するので、実験室レベルでの少量のサンプル測定だけではなく、実際の製造工程で直面するさまざまな状況を前もって検証・確認することを可能にします。

HAAKE PolyLab OS レオメータープラットフォームは一つのシステムでありながら、コンパウンディング、特性評価用のサンプル作成、製造工程検証のためのサンプルのキャラクターゼーションなどさまざまな用途に幅広く対応します。

© 2018 Thermo Fisher Scientific Inc. 無断複写・転写を禁じます。 MC035_A18080B
ここに記載されている会社名、製品名は各社の商標または登録商標です。
ここに記載されている内容は予告なく変更することがあります。
ここに記載されている製品は研究用機器であり、医療機器ではありません。

サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社

分析機器に関するお問い合わせはこちら

TEL: 0120-753-670 FAX: 0120-753-671

Analyze.jp@thermofisher.com

facebook.com/ThermoFisherJapan

@ThermoFisherJP

www.thermofisher.com