

より多様化した混練フライトによる 先進的なコンパウンディングシステムの開発

ブス・ニーダー技術の進化が混練機の新たなマーケットを切り開く

モジュール構造を採用した新型ブス・コンパウンディングシステムは、ユーザーのそれぞれのニーズに最適化した組み合わせを提供すると共に、より幅広い製品への加工対応を実現した。つまりスクリーウの混練フライト（羽根）の組み合わせをより多様化することにより、新たなコンパウンドの可能性を開拓したと言える。

AMIなど市場調査機関は、より高度なコンパウンド製造技術がポリマー産業に技術革新をもたらし、コンパウンディング工程におけるポリマーの品質改善など、大きなビジネスチャンスにつながる可能性があると考えている。より強靱で耐擦傷性、難燃性、耐候性等にも優れ、かつ省エネにもつながる材料の需要は着実に伸びつつある。このような特性は、多種多様な添加剤を均一に混合することでしか得ることは出来ない。

こうした状況を踏まえ、過去60年以上に渡りコンパウンディング装置を開発製造してきた専門メーカーとして、Buss AGは、温度に極めて繊細で敏感なプラスチックの加工に用いてきたその混練技術をさらに進化させた。

特に今回の新型COMPEO（コンペオ）シリーズは、顧客ニーズにフォーカスし、包括的な視点から市場を調査。一台で様々な用途に対応し幅広い作業工程に対応できるよう、高い柔軟性・堅牢性ととも作業工程の安定性向上を実現。操作性の向上やオペレーターの安全性向上にも配慮しながら、さらにエネルギー効率の改善による運転コストの削減にも重点を置き

て開発された。もちろん、MKS・quantec・MX各シリーズなど過去数世代にわたるブス・ニーダーの開発を通して得られたノウハウも、余すところなく取り入れられている。その結果として、PVC・ケーブル用コンパウンド・熱硬化性樹脂など、従来のマーケットメセグメント

をはるかに超えた特殊用途向けにも活用できる標準化モジュールシステム（図1）の登場を可能にした。これにより、耐熱温度400℃にまで至る、広範囲なエンジニアリングプラスチック製造用のコンパウンド技術の扉が開く事になった。

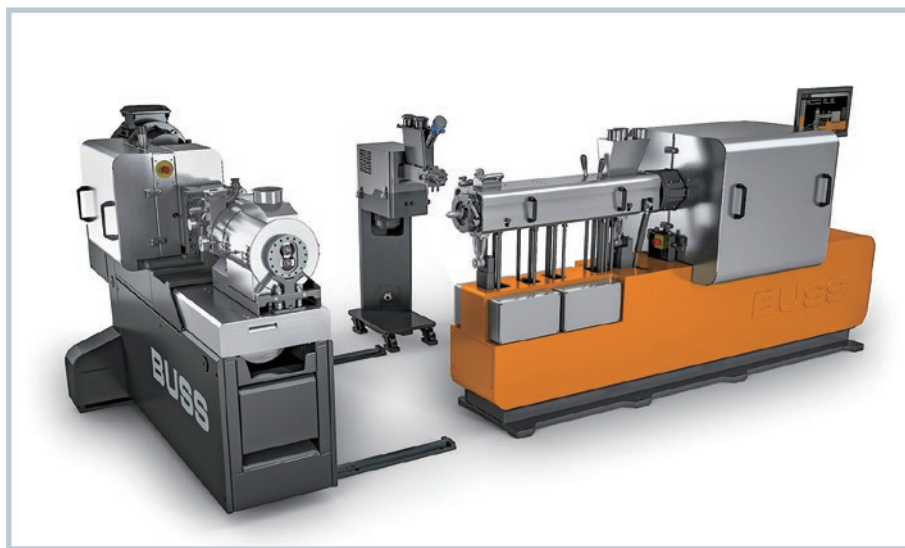


図1. COMPEOパイロットシステム。(左から右へ) 押出ユニット、サイドフィーダー、ホッパーとコントロールパネルが付いたブス・ニーダーの組み合わせ (© Buss)

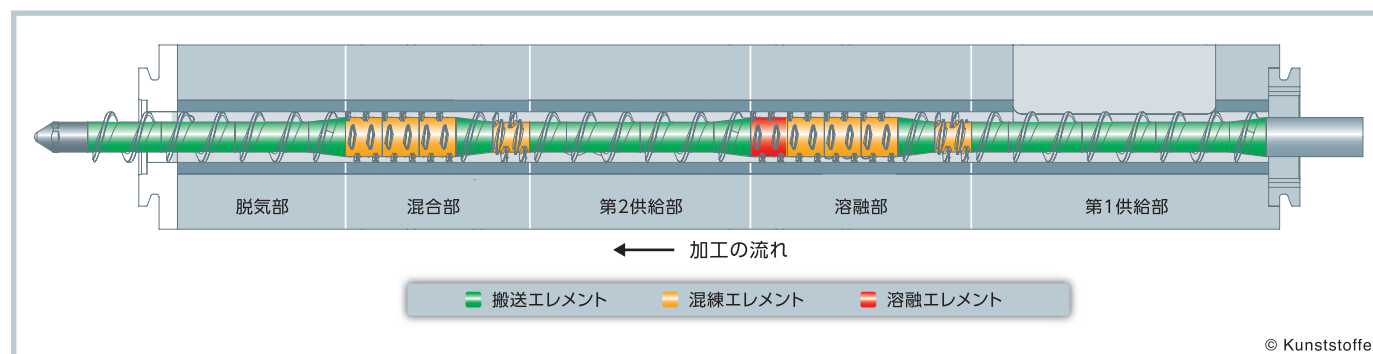


図2. 加工部は、それぞれのコンパウンディング用途に合わせて各種スクリーウエレメントを組み合わせることで、その構造を最適化することが可能となっている (出典: Buss)

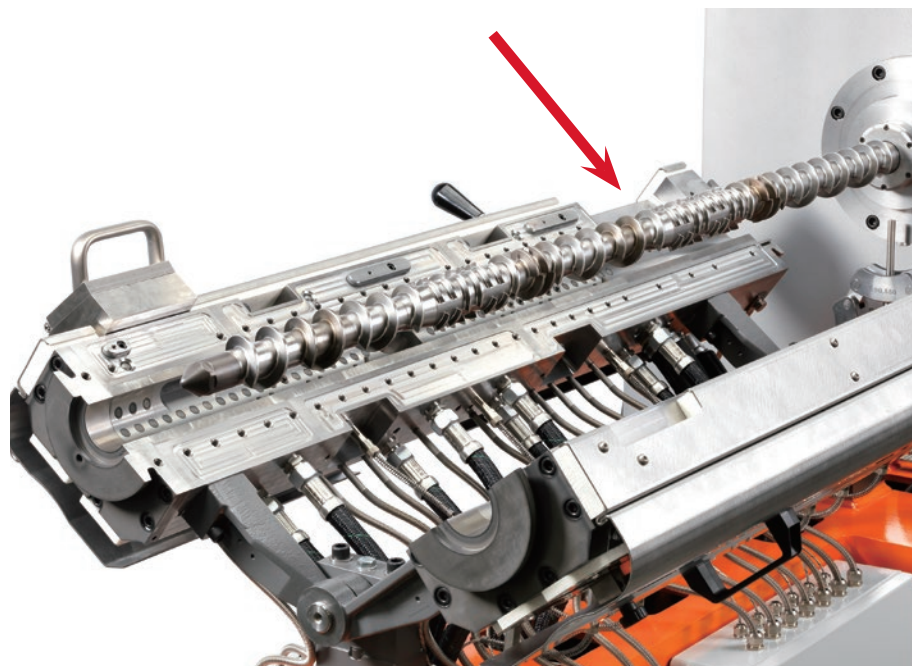


図3. 加工部のカバーが120度開くことにより、メンテナンス作業とスクリー構成の調整が格段に容易となった。矢印は供給口。
(© Buss)



図4. 排気口付き二軸スクリーを要するサイドフィーダーが、大量の添加剤投入を可能にした。(© Buss)

新シリーズの設計コンセプト

モジュールシステムの採用により、COMPEOシリーズは、各用途それぞれのコンパウンディング方法に最適な構成が可能となった。その基本構成(図2)においては、2箇所の材料供給部があり、ポリマー・添加剤およびフィラーは第1供給部から投入され加工部に運ばれる。

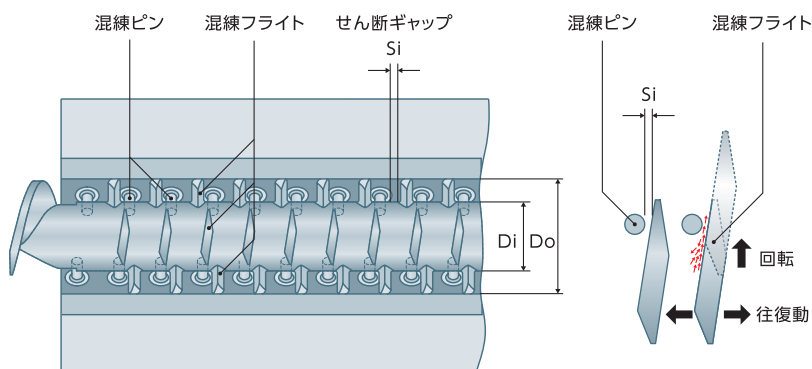
続いてポリマーは熔融部で溶かされ、添加剤と合されることになる。第2供給部においてはフィラーが更に追加され、均一に混ぜ合わされながら下流工程の混合部へ運ばれる。そして脱気部において揮発性物質と混入した空気を取り除かれ、押出ユニットへ運ばれることになる。その際の加工部の長さ、フィーダーの種類と数、温度・脱気方法・加工部形状は、それぞれの

コンパウンディング用途に合わせ最適な形に組み合わせる事ができる。

また、装置の設計には人間工学・メンテナンス性・省エネ性能等に、大きく配慮がなされた。例えば配線やケーブルは、簡易清掃性を考えてパネルの後ろに配置され、ギアボックスは防音フードで覆うなど、操作時の安全性も向上させた。また、エネルギー損失を最小化するため、混練部のバレルを断熱材で覆う形とした。使用されているモジュールもあらかじめ標準化されているため、旧機種対比Max 30%ものコスト削減を実現。さらに加工部に高い耐摩耗性を持つ表面強化材を使用したことで、メンテナンス費用も最小限に抑えられる。

ブッス・ニーダー技術の進化

単軸スクリータイプの本ス・ニーダーでは、混合・混練用スクリーが回転するたびに軸方向に往復動が発生する。この軸回転と軸方向往復動の組み合わせにより、混練用のスクリーフライトとバレルに固定されたピンの間で、分散・分配・混合作用を持つ強力な延伸流動が起こる。50年以上も使用してきたいわゆる第1世代本ス・ニーダーのスクリーは、外周に3枚の混練フライトがつく仕様であった。一方、2000年に導入された4枚フライトの技術では、羽根がオーバーラップし流動安定性が向上するため、極めて優れたパフォーマンスが達成された。さらに新しいCOMPEOシリーズでは、スクリーに2枚から6枚までの異なる混練フライトを選択し装着できるため、様々な用途に最適なフライトの組み合わせが可能となっている。



© Kunststoffe



図5. スクリュー形状の拡大写真: ケーブル製造用などに使われる調合工程ハウジング内のこの溶融元素の新しいスクリー
ーパーツは、従来のリストラクショナルリングを不要にした。(© Buss)

原材料供給部の改良

加工部のはじめにある原材料供給口(図3)の長さを、スクリー軸径比4 L/D取ることにより、より多量で多種の材料を自由落下で供給することができる。加えて、混入空気を排出するダクトを供給部に取り付けたことにより、供給部充填容量が増加しギアボックスシールへの負担が軽減される。複数台の計量器により充填されるホッパーの代わりに、垂直スクリー付きホッパーやサイドフィーダーを使用することも可能になっている。

また、用途によって使い分けが効くよう、加工部にはサイドフィーダーを最大2つまで追加装着可能とし、さらに二軸スクリーサイドフィーダー(図4)の採用により搬送効率が向上した

ことで、充填物の量が多くてもより緻密な材料供給を実現した。バックベント(後方排気)により、混入した空気や揮発性物質を除去。より繊細な充填物用には、垂直注入型スクリーに交換することが望ましい。なお液剤は、穴の開いた混練ビンを通して、直接満遍なく混練中の材料に注入される。

プロセスゾーンのさらなる改善

柔軟な組み合わせを可能とした新しいコンパウンディング加工部(図2)は、スクリーの羽根を2枚から6枚まで選択できる混練元素を採用し、新しいプロセスエンジニアリングの可能性を広げた。つまり、これまでのスクリー技術(3枚または4枚フライト)に新開発のエレ

メント(図5)を組み合わせることで、高い処理能力と入力エネルギーの抑制という、これまでとは相反してきた2つの大命題を同時に解決することが可能となる。混練フライトの形状は、材料が流れていく過程全般において、混練フライトと混練ビン間のせん断ギャップが一定に保たれるように、自由局面加工をベースに設計されている(2ページの枠内を参照)。これにより、材料にかかるせん断応力を均等化することが可能となり、局所的な温度上昇のリスクを排除できる。このように、新しいスクリー形状と原材料供給工程の改良を組み合わせることで、生産量を旧モデル対比20%も向上させることに成功した。またトルクも容積比で15%向上し、その結果従来よりも長い混合部を配置することが可能になった。これらの改善により、エネルギー効率を犠牲にすることなく、加工安定性が向上した。

新しい装置は旧機種に比べ、回転スピードと吐出量の設定範囲が極めて広がっている(図6)。そのため、スクリー構成を変えることなく吐出量を最小から最大まで1:6の範囲で変化させることができ、例えば機械の起動時やサンプル製造など小ロットの作業にも対応できるなど、製造の柔軟性はもとよりユーザーにとっての利便性向上も期待できる。カレンダー機のようなインラインプロセスにおける下流工程では、たとえ生産量が大きく変化しても一定した製品品質を保つことが求められるため、このように大きな処理能力比率は不可欠な特性となっている。

斬新な押出コンセプト

今回ブッスが導入した押出コンセプトはコンパウンディング装置側に頼ることなく、スクリーンチェンジャーやペレタイザー(造粒機)などの下流の装置に必要な圧力を適切に供給することができる。新しい押出ユニットは円錐型二軸スクリー原理をベース(図7)にした下込め式となっている。その結果、ゆっくり回転する二軸スクリーで全体的に昇圧が行われることになり、混練機から押出ユニットへの移行部での発熱が軽減される。異方向回転式二軸スクリーの採用で、バックプレッシャーが高い状況においても確実に搬送され、また速度と温度上昇も極力小さくすることができる。また、押出ユニットのハウジングは完全に開閉出来るよう設計されており、洗浄やメンテナンス時にあ
るゆるシステム構成部品に簡単にアクセス可能となっている。

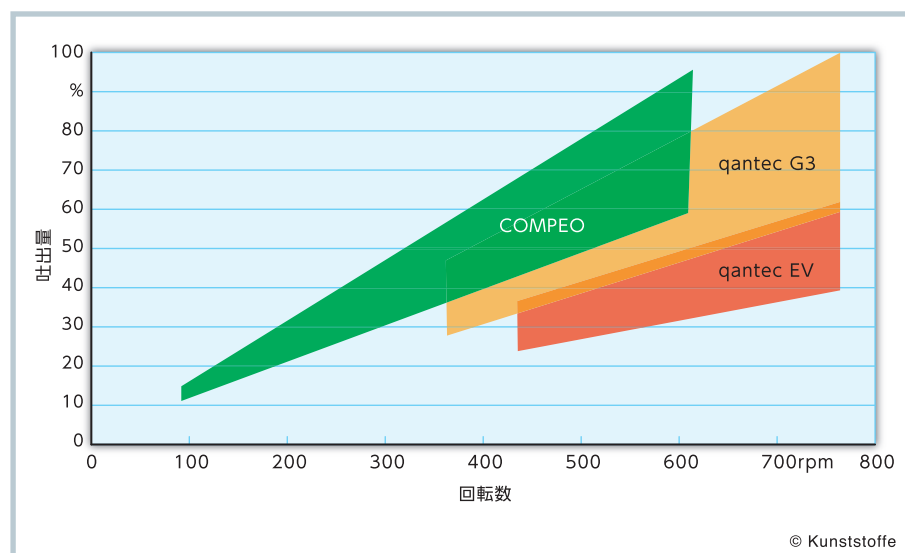


図6. 図示はPVCコンパウンディングの例:COMPEOシリーズは、旧機種に比べ極めて広い加工可能範囲を誇る。

(出典: Buss)

インダストリー4.0に準拠した コントロールインターフェース

タッチパネルを装備したシステムコントローラー（図8）は、最新のシーメンス S7コントローラーをベースに、更に上位のネットワークに接続するためのOPC-UAインターフェースをも備える。このインターフェースが、このシステムをインダストリー4.0の中で完全互換性を与えている。更にネットワーク経由のリモート診断、リモートメンテナンスもオプションで用意されている。また、装置構成に応じてソフトウェアもモジュール式に構築できるため、直感的な操作が可能となっている。コントローラーには配合処方箋の計算式が内蔵され、それぞれの配合処方箋間の切り替えはほとんどボタン一つで簡単に行うことができる。重要なシステムのパラメーター（充填量・流量／容量・圧力・温度・吐出量等）についてはすべてビジュアル化され、かつそれらの記録・保存もできるようになっている。さらに装置作動中も、設定された温度・消費電力・エネルギー入力値等（つまりシステム全体の作業効率）のパラメーターを継続的にモニターすることも可能である。

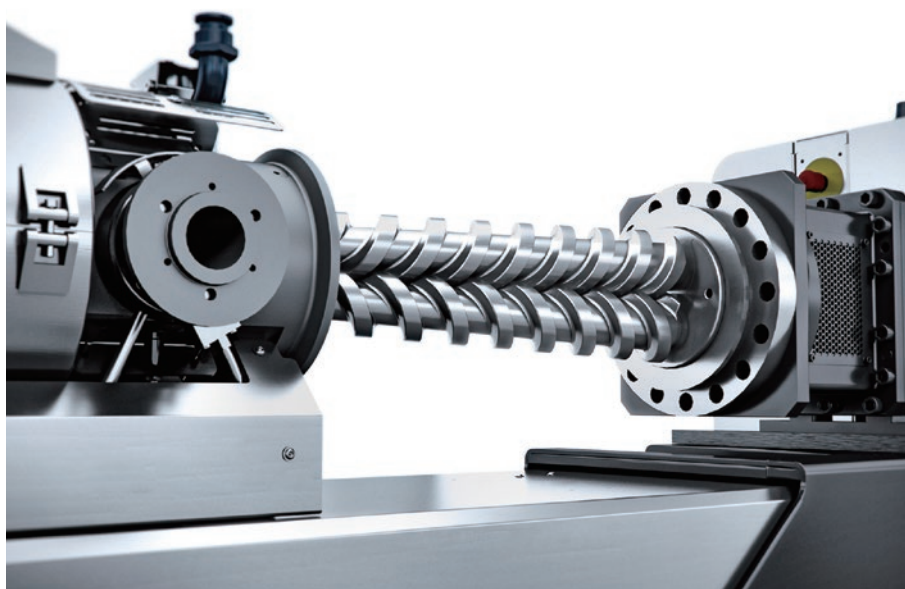


図7. COMPEOシリーズの二軸スクリーユ押出ユニット:あらゆるコンパウンディングに使用可能。(© Buss)

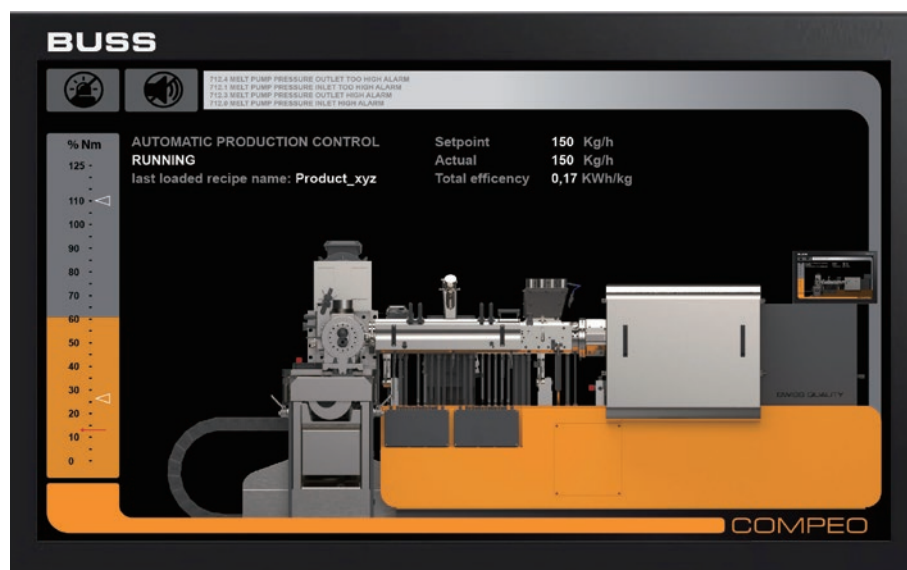


図8. スタート画面: 重要なプロセスのパラメーターは、アイドリング中でも画面に表示されるようになっている。(© Buss)

著者

ヴォルフガング・ウォルター

Buss AG チーフエンジニア

(wolfgang.walter@busscorp.com)

マックス・ガンター

Buss AG プロセスエンジニア

(max.guntern@busscorp.com)

サービス

〈参考文献とデジタル版〉

記事の参考文献リストおよびPDFファイルの参照先
www.kunststoffe-international.com/5765609

〈ドイツ語版〉

本記事のドイツ語版参照先

本誌Kunststoffeまたは、www.kunststoffe.de

まとめ

NPE 2018で最初に発表されたこのモジュール方式というコンセプトは、温度に敏感な熱硬化性樹脂から極めて高温のアプリケーションに至るまで、多種多様なコンパウンディング作業に応じて最適化された混練ラインの提供を可能にした。必要とあればこの混練機COMPEO

は、従来なら2つのライン構成を必要とする全く異なる製品の生産においても、ハイブリッドシステムとしてワンライン対応することも可能になる。そしてそのアプリケーションの多様性に加え、高い混合性能・高い充填レベル・正確な温度コントロール性能といった、旧来のブス・ニーダー技術のコアな優位性も兼ね備えていることは言うまでもない。