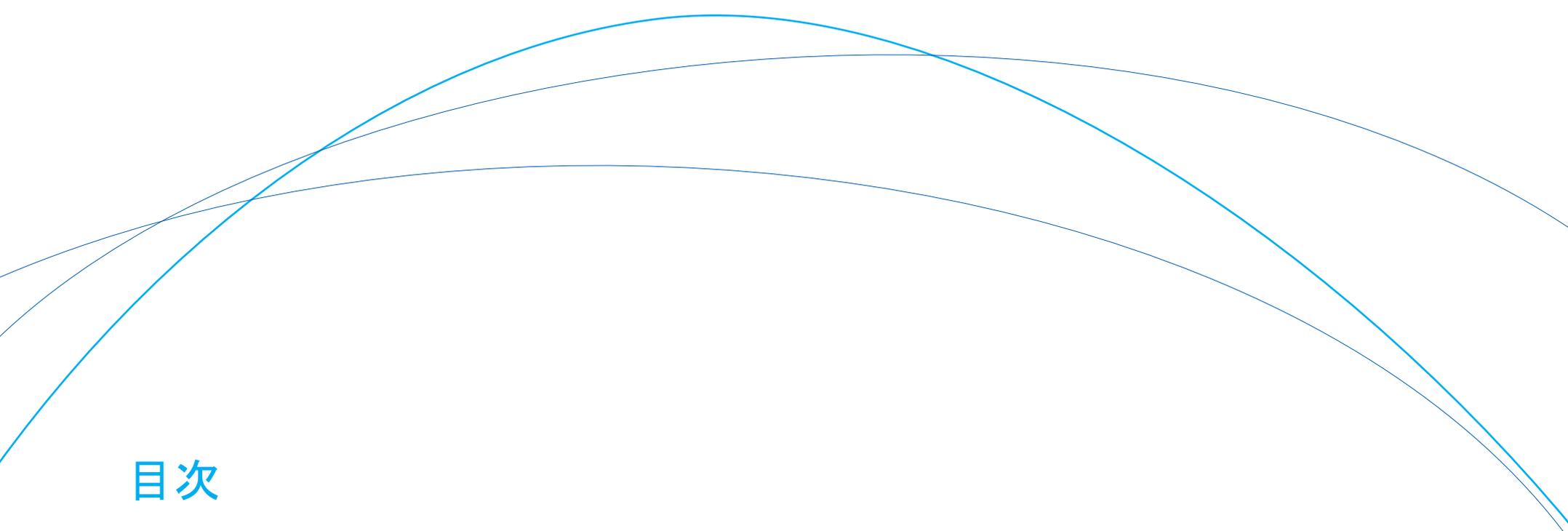




技術情報  
潤滑剤向け添加剤

The page features three decorative, overlapping blue curved lines that sweep across the upper and middle portions of the page, creating a sense of motion and design.

## 目次

03 はじめに

05 消泡剤

09 湿潤分散剤およびレオロジー添加剤

## はじめに

最近では、最も基本的な潤滑剤や金属加工油でさえ、複雑な配合になっています。用途はますます専門化されており、潤滑剤や金属加工油の性能に対する要件はますます厳しくなっています。潤滑剤基油と添加剤の最適な組み合わせであり、最終用途で最も効果的な性能を実現できます。

BYK は、潤滑剤と金属加工油剤の特性を最適化する様々な添加剤を提供し、工程効率を最大化できるようにします。BYK添加剤は「標準パッケージ」としてはなく、個々に適応します。これにより、配合の柔軟性が大幅に向上し、系の特性に応じご要望に沿ったカスタマイズが可能です。

目的達成のためにその配合を最適に調整するため、用途に応じて適切な添加剤を使用する必要があります。これが、BYK が最初に、異なるAPIクラスに対する相溶・互換性/効率に従って添加剤を分類する理由です。

API クラスごとにさまざまな添加剤があります。それらの作用機構については、以下で詳しく説明します。:

- ・ 消泡剤 - 潤滑剤や金属加工液に泡が形成されるのを防ぐ
- ・ 湿潤分散剤- 分散固体 (油および水系)
- ・ レオロジー添加剤 - 固形物が沈降するのを防ぎ、レオロジープロファイルを調整 (油および水系)

これらの添加剤の用途は、トランスミッションオイルや金属加工油などの潤滑剤から鍛造用潤滑剤までさまざまです。

#### API クラス

I-III	パラフィン系
IV	ポリアルファオレフィン
V	ナフテン系
V	エステル等

T.01

#### 金属加工油の分類

ストレート/ニートオイル

可溶性油

半合成

合成

T.02



## 消泡剤

泡は、潤滑と冷却に悪影響を与えるため、潤滑油と金属加工油の両方で望ましくありません。そこで消泡剤が使われることが多いのです。

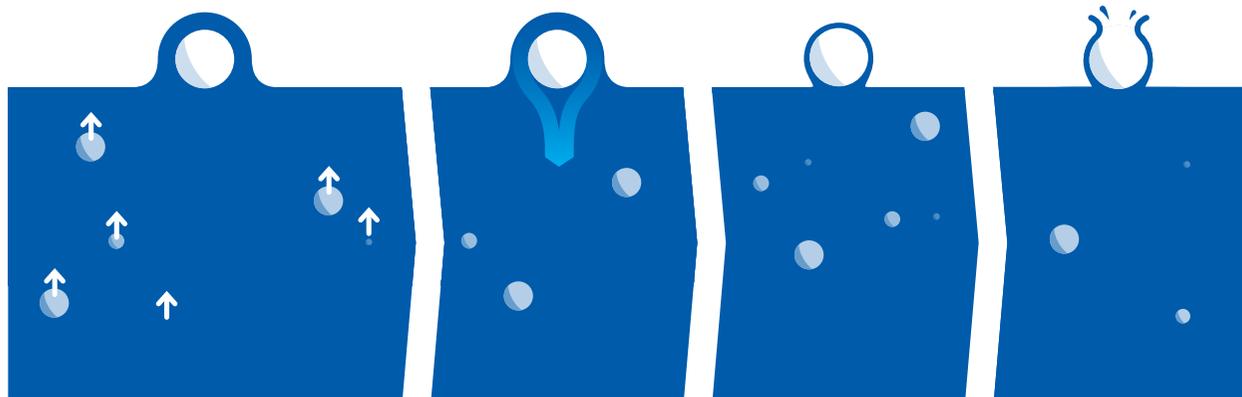
純粋な流体は、気泡が生成されるとすぐに表面に浮き上がるため、泡が蓄積することはありません。それらが表面に到達すると、液体はフォームラメラ、つまり気泡の周りの薄い液体フィルムから下方に流れます。ラメラがますます薄くなり、はじけた泡になります。

(G.01).

液体潤滑剤と金属加工油には、多数の添加剤が含まれています。これらの添加剤間の相互作用により、特に潤滑剤が攪拌、ポンプ、または他の方法で移動された場合、かなりの泡が形成されることがよくあります。添加剤はまた、泡が安定し、空気が容易に逃げないようにします。その理由は、添加剤の多くが界面活性剤構造を持っているためです（例：乳化剤）。これらは表面活性であるため、分子内に疎水性および親水性の化学基が含まれています。

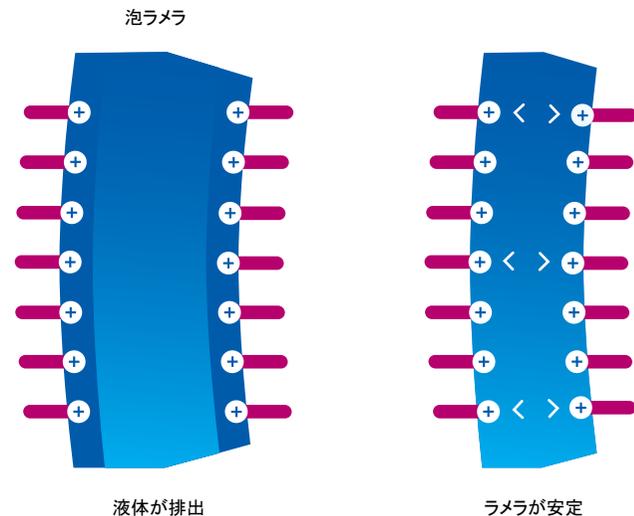
この構造により、液体と気体の界面で配向し、泡を安定させます。泡は、液体がラメラから逃げたときにのみ崩壊する可能性があります。界面活性剤構造を持った分子が存在すると界面を覆います。気泡は上向きに移動し、液体はラメラから逃げ始めます。泡ラメラの2つの表面を含んだ界面は、液体が排出されるにつれて互いに接近します。それらが十分に近づくと、反発力が有効になり始めます。つまり、同じ電荷が互いに反発します。これにより、ラメラのさらなる排水が発生し、フォームの分解が妨げられます。(G.02).

### 純粋な液体での泡の安定化なし



G.01

### 泡安定化



G.02

別の安定化効果は、泡ラメラのギブズ弾性から生じます。ラメラをわずかに伸ばすと、液体の量は同じままで、より大きな表面積が界面活性剤分子によって占有されなければならないため、界面の界面活性剤濃度が低下します。これにより、界面活性剤の濃度が低下するため、この領域の表面張力が大きくなります。この大きな表面張力により、ラメラが再び引き寄せられ、泡が再安定化します。

#### 消泡剤の作用機構

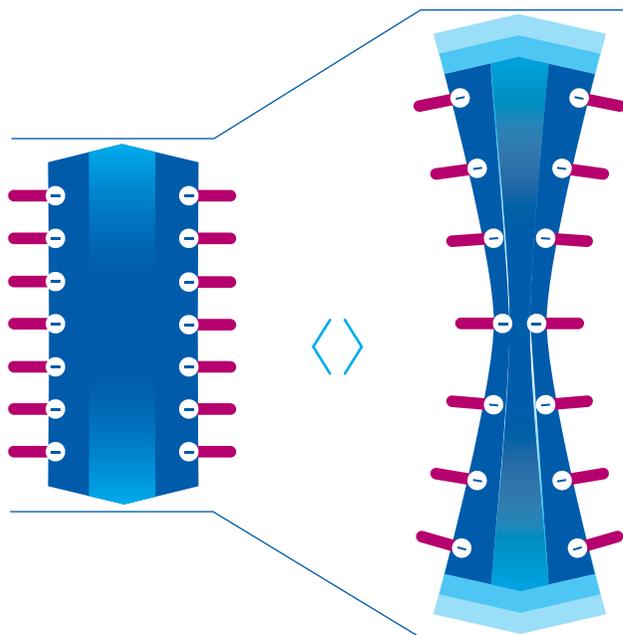
消泡剤は、泡の蓄積を効果的に防ぐために、実際にはすべての配合に含まれる成分です。

消泡剤は表面張力の低い液体であり、基本的に3つの条件を満たす必要があります：

- ・ ある程度、消泡する媒体と混和しない。
- ・ それらは正の入力係数を持つ必要があり、
- ・ 正の拡散係数

入る係数が正の場合、消泡剤は泡ラメラに容易に浸透できます。消泡剤の効果を議論するとき、疎水性成分による界面活性剤分子の拡散、架橋、および吸収という3つの異なるメカニズムを考慮します。それぞれのメカニズムにおいて、泡安定化界面活性剤が置き換えられ、干渉に対して安定している柔軟なラメラが、より低い凝集力を持つフィルムに置き換えられます。泡ラメラは破裂し、泡は破壊されます。

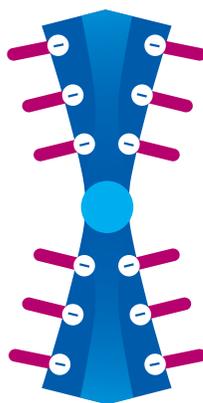
#### ギブス・マランゴニ効果



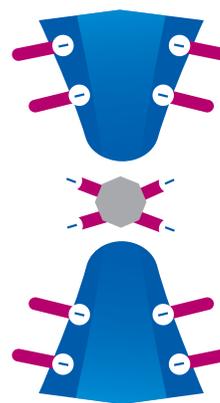
G.03

#### 消泡剤の作用機構

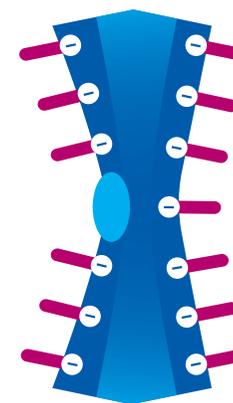
消泡剤が不安定になる  
ラメラ(脱湿)



疎水性粒子が不安定になる  
ラメラ



消泡剤が不安定になる  
ラメラ(拡散)

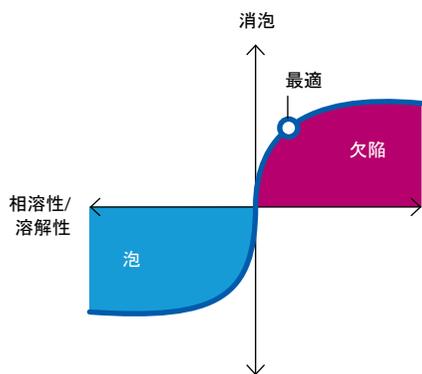


G.04

すべての消泡剤のもう1つの重要な特長は、消泡する媒体内で対象を絞って制御された不相溶性です。相溶性のある消泡剤はラメラに直接移行せず、潤滑剤全体に分散されます。その場合、消泡効果はわずかしか得られないか、まったく得られません。不相溶性が高すぎると、消泡剤はかなりの濁りが生じ、一定期間の保管後に分離する可能性があります。したがって、適切な消泡剤を選択することは、相溶性と不相溶性の間の一種の「バランスをとる作用」です。

いくつかの系システムでは非常にうまく機能する消泡剤は、他の潤滑剤では泡の形成と安定化をもたらす可能性があります。そのため、適切な消泡剤を選択することが非常に重要です。

## 消泡剤の選択基準



## 消泡剤の分類

BYKには、さまざまな化学構造に基づいた幅広い種類の消泡剤があります。

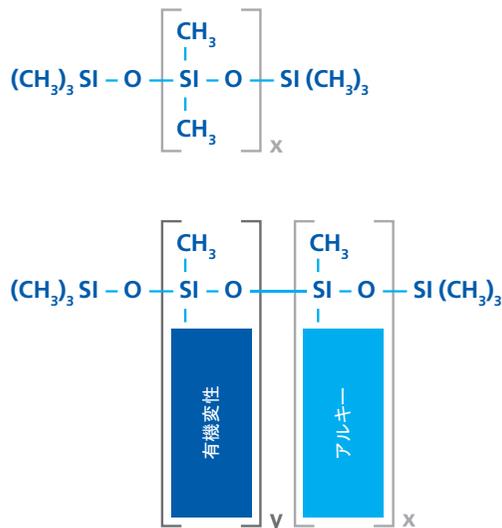
消泡剤の最大の分類は、特に表面張力が低いシリコン系消泡剤です。ここでの主な活性物質はポリシロキサンです。もちろん、これらは単なるポリシロキサンではなく、特殊な有機変性化合物です。シリコン系消泡剤に必要な「特定の不相溶性」は、シリコンケミストリーが持つ多様な可能性に基づいて、さまざまな方法で解決できます。シリコン骨格を異なる有機側鎖で変性することで、相溶性の制御が可能になります。

ポリシロキサンを消泡剤として検討する価値があるだけでなく、不相溶性の結果として消泡効果を持つ他のポリマー化合

物があります。ここでは、ポリマー構造の極性と分子量（分子量分布）を選択的に変更することにより、「不相溶」と「相溶」の間の適切なバランスを見つけることができます。

潤滑剤/金属加工油を製造する場合、消泡剤は配合の最後に添加されることがよくあります。十分に添加されることが重要です。

## シリコン系消泡剤のケミストリー

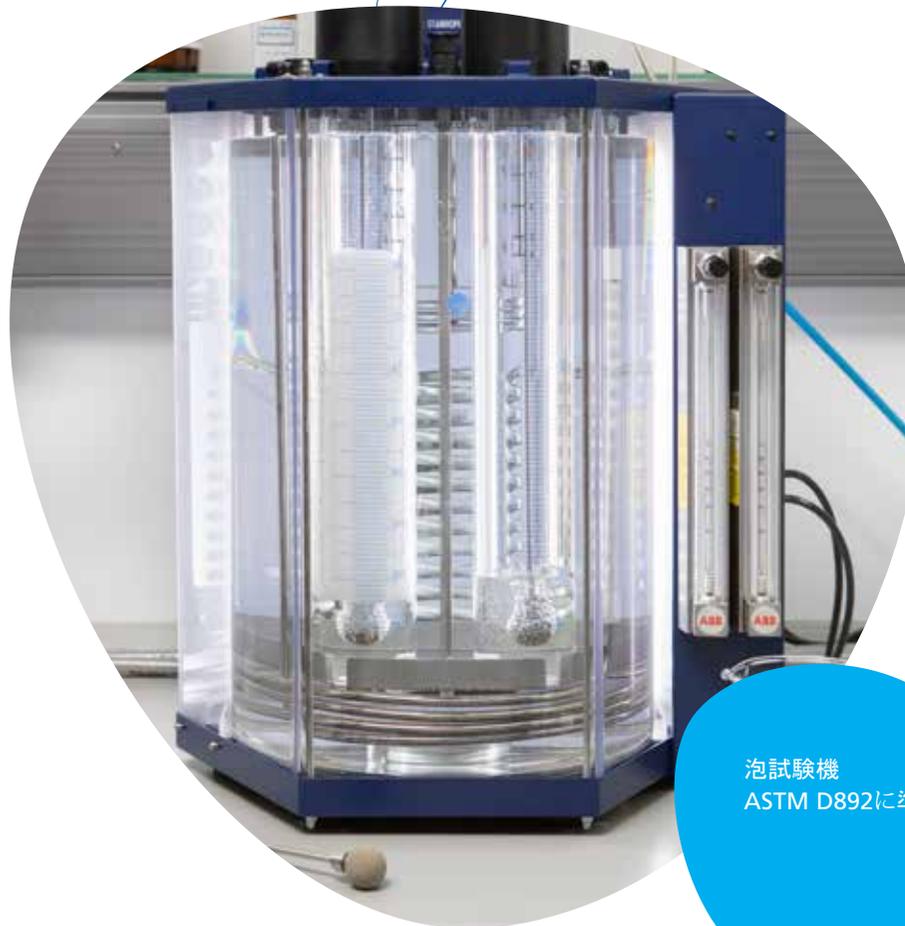


## 消泡剤の試験

潤滑剤（オイル）および金属加工油中の消泡剤を試験するために、さまざまな試験方法が用いられます。

潤滑剤/オイルの発泡挙動をテストするための最も確立された方法は、ASTM D 892 に準拠したものです。この試験では、潤滑剤は 24 °C および 93.5°C で試験されます。泡は、通常金属またはセラミックで作られた多孔質の焼結材料を通してオイルを通気することによって生成されます。

対照的に、金属加工油は、硬水または脱イオン水で希釈して試験されます。ここでは通常、蓄積できる泡の量を確立するために、簡単な振とう試験が使用されます。



泡試験機  
ASTM D892に準拠

## 湿潤分散剤およびレオロジー添加剤

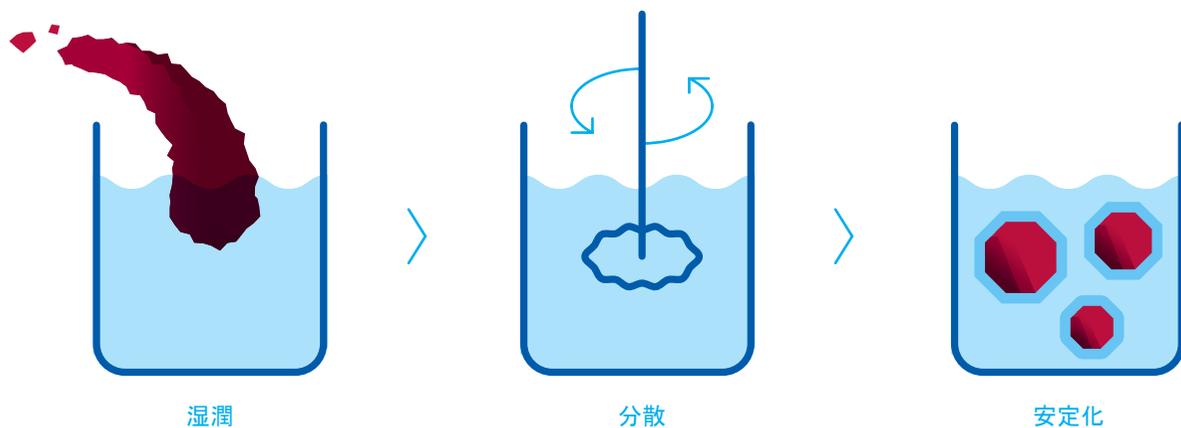
潤滑油分野では、潤滑効果を高めるために、油や水に固形充填剤を添加することがよくあります。これらの充填剤の例は、グラファイトまたは硫化モリブデン(IV)です。これらの固体は均一に添加され、多くの場合、濃度は可能な限り高くすべきです。さらに、長期間保管した後でも確実に使用できるように、固形物はできるだけ沈降しないようにする必要があります。

湿潤分散剤は、固体が均一になるために使用されます。この目的のために、純粋な状態では凝集していることが多い固形物は、分散工程で均一に分布されなければなりません。理想的には、それらは一次粒子として利用できます。

これを実現するには、固体を油または水で十分に濡らして、表面にある空気や湿気を追い出す必要があります。実際の分散工程では、機械的エネルギーが系に入り、凝集体が消散され、微細な分布が確保されます。エネルギーが高いほど、フィラーが適切に分散される可能性が高くなります。フィラーが均一に入った後は、再凝集してはなりません。これは湿潤分散剤を使用することで防止されます。湿潤分散剤は、さまざまな方法で一次粒子を安定させることができます。

多くのフィラーは、静電気の表面電荷を持っています。添加剤を使用すると、これらの電荷を強化して、すべての粒子を均等に帯電させることができます。液相では対イオンがフィラー表面付近に集中し、電気二重層が発生します。このメカニズムは、特に水系で使用されます。

### 分散工程



立体安定化を用いた分散剤は、特殊な構造を持つことが特長です。フィラーに親和性のある1つ以上の基を含んでいます。これらのアンカー基や接着基は、フィラーの表面に強力かつ永続的に吸着する役割を担っています。第二の特長は、潤滑油／水に適合する鎖であり、添加剤がフィラー表面に吸収された後、可能な限り突出して周囲の潤滑油／水の中に浸透します。これにより、フィラーの周囲に層が形成されるため、フィラー粒子同士が直接接触することがなく、再凝集を効果的に防止することができます。

2つの作用機構を組み合わせたもの(エレクトロステリック)も可能です。

湿潤分散剤およびフィラーの両方がうまく混ざることが重要です。湿潤分散剤を、まず高い剪断速度で添加し、その後フィラーを添加します。これも高い剪断速度で添加する必要があります。

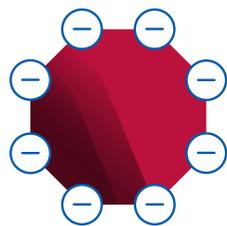
す。湿潤分散剤の添加量は、固形分に基づいて%量で配合されます。

フィラー粒子の良好な分布により、一般に溶液粘度が低くなります。多くの場合、これによって潤滑油中の固形分を増加させることができます。多くのフィラーは、沈降して沈殿物を形成する傾向があります。これは、製造時や特に製品の保管時に好ましくありません。沈殿は、溶液の流動挙動を変化させることで低減することができます。いくつかの湿潤分散剤は有効ですが、特性を最適化するためにレオロジー添加剤を使用するのが一般的です。

市場には、レオロジーに特別な影響を与える添加剤が数多く存在します。一般に、そのメカニズムは同じです。液相では、添加剤が空間的に拡張した3次元ネットワーク構造を形成し、

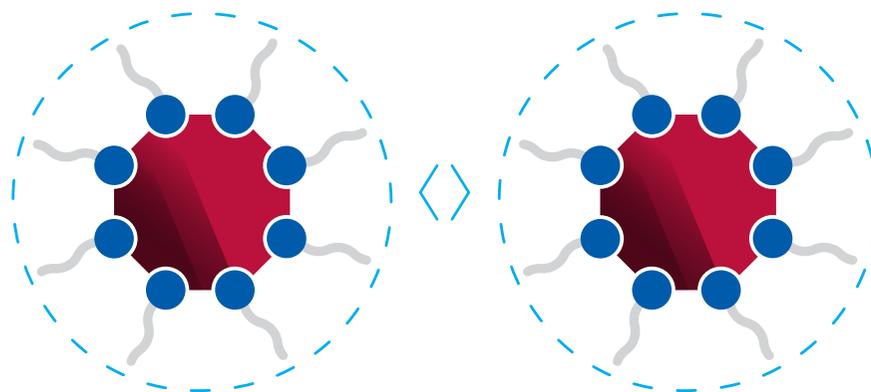
せん断によって可逆的に崩壊します。

## 湿潤分散剤のさまざまな安定化機構



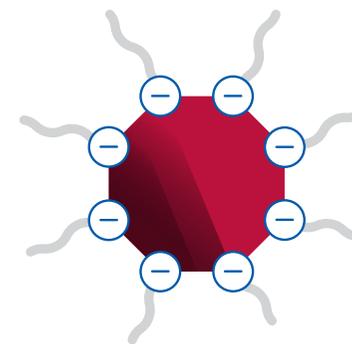
### 静電安定化

- 主に水系
- 以下に留意
  - イオン濃度
  - pH値の変化



### 立体安定化

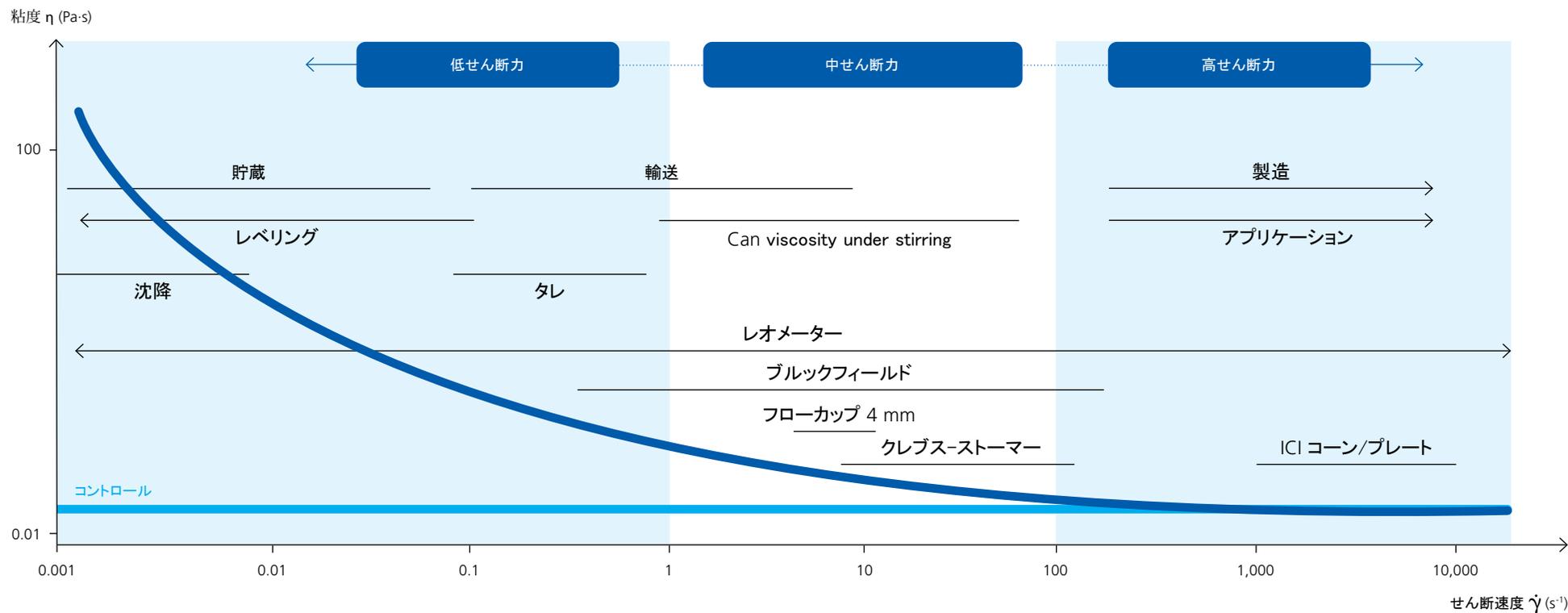
- 水系および溶剤系潤滑剤用



### 静電安定化

- 静電気の組み合わせおよび立体安定化

## 標準的な用途のせん断速度/手順



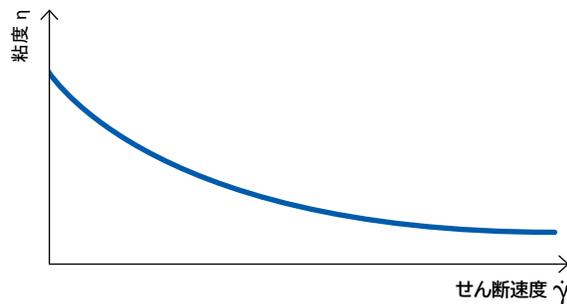
添加剤と使用濃度によって、最終製品に最適なレオロジープロファイルを作成することが可能です。重要なのは、このプロファイルを具体的に定義することです。G.09は、さまざまな工業プロセスステップのせん断速度範囲を示しています。

## 粘度プロファイルの概要

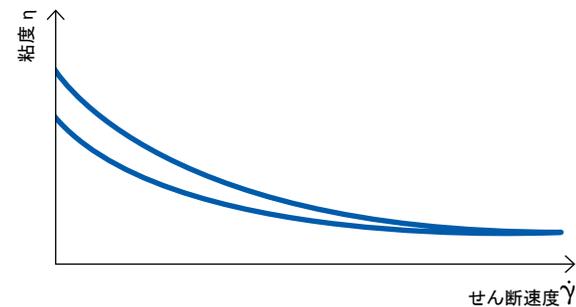
### ニュートン流動挙動



### 疎水性流動挙動



### チキントロピー流動挙動



製品の保管は、非常に低いせん断速度で行われる。この場合、フィラーの沈降を防ぐため、一般に粘度は非常に高くする必要があります。塗布自体では、粘度を低くして、塗布する製品のフィラーの沈降を防ぐ必要があります。

そのために、通常、チキントロピックまたは擬塑性の流動挙動が始まります。この流動挙動は、保管時には高い粘度を示し、溶液にせん断エネルギーを加えるとすぐに粘度が大幅に低下するという特長があります。せん断応力がなくなると、再び添加剤のネットワークが形成され、粘度が上昇します。

## 粘土鉱物のネットワーク構造



G. 11

この挙動は、例えば粘土鉱物のような、さまざまな添加剤により生成することができます。これらは粉末化され、修飾によって水系または有機溶媒/油に取り込まれることがあります。粘土鉱物は、珪酸塩の板状体が多数積み重なった粒子で構成されています。

これらは互いに分離され、水素結合を介して結合するネットワ

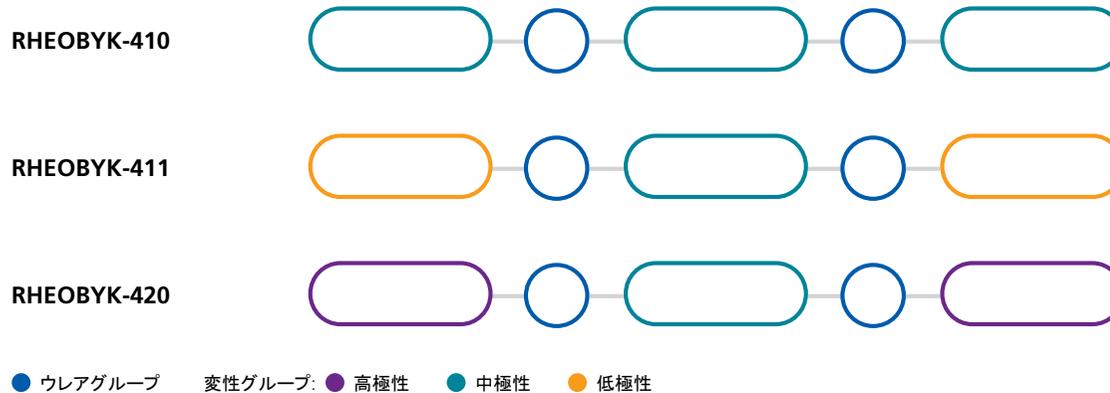
ークを形成する必要があります。最適な分散を可能にするために、これらを高いせん断力で系に加えることが重要です。有機系/油剤では、板状体をできるだけ効果的に互いに分離し、ネットワークの形成を促すために、多くの場合で活性剤を使用する必要があります。粘土鉱物は通常、チキソトロピー流動挙動を示します。

もう一つの可能性は、水系および溶剤型/油に使用できる液状レオロジー添加剤です。液状の添加剤は、通常、チキソトロピー性または擬塑性の流動挙動を示します。これらの添加剤は、低せん断応力下でネットワークを形成し、高せん断速度で破壊されるポリマーです。この工程プロセスは可逆的で、せん断を取り除くとすぐにネットワークが再構築されます。

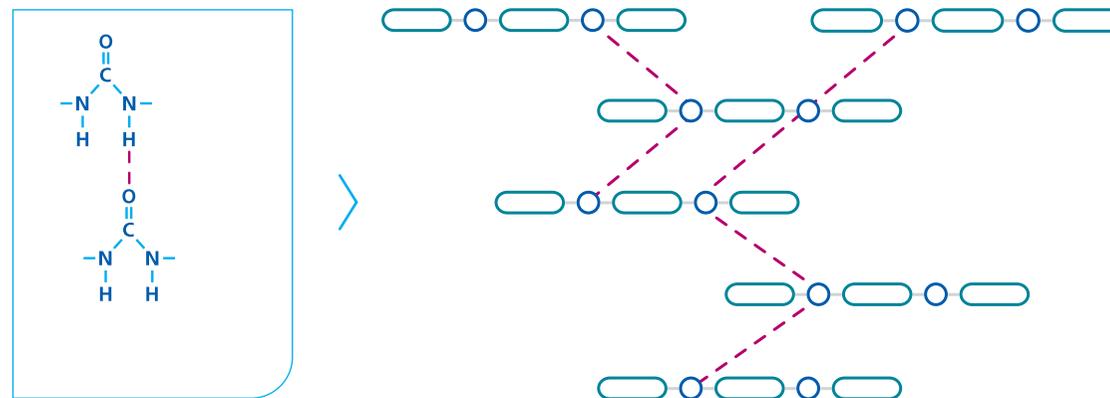
例えば、ポリウレア増粘剤では、水素結合のネットワークを用いて結合しています。分子の修飾によって、水や溶媒/油と相溶します。

## ポリウレア添加剤の構造とネットワーク形成

### 化学構造



### 水素結合による構造形成

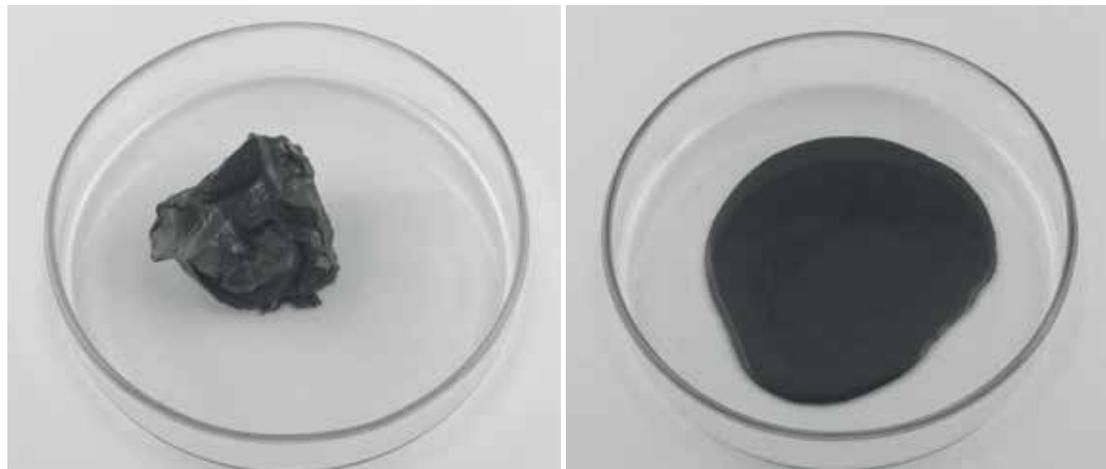


液状添加剤の利点は、添加組が容易であり、また、後添加が可能な場合が多いことです。しかし、均質な分散を得るためには、より高い剪断速度で混合する必要があります。

添加剤の選択の始めに、最終製品の流動挙動の要件と可能性を確認する必要があります。例えば、沈降防止挙動が必要な場合、低せん断速度で粘度をできるだけ高くする必要があります。ここで、強力なネットワークが形成され、溶液中の粒子を安定化させます。適用の種類（スプレー、ポンプ、圧延など）によって、より高いせん断領域で可能な粘度が決まります。ほとんどの場合、これらの要件により、用途に応じたチキソトロピックな流動挙動が得られます。

湿潤分散剤とレオロジー添加剤をうまく利用した例として、鍛造用潤滑剤があります。これらは、しばしばグラファイトを含む高充填システムであり、貯蔵安定性が求められますが、それにもかかわらず、塗布が容易です。G.13 は、添加剤を使用した水中と添加剤なし水中の例を示しています。

## 湿潤分散剤とレオロジー添加剤の併用による効果



30% グラファイトの水溶液  
添加剤なし

40% グラファイトの水溶液  
湿潤分散剤およびレオロジー添加剤を使用

**BYK-Chemie GmbH**  
Abelstraße 45  
46483 Wesel  
Germany  
Tel +49 281 670-0  
Fax +49 281 65735

[info@byk.com](mailto:info@byk.com)  
[www.byk.com](http://www.byk.com)

ADD-MAX®, ADD-VANCE®, ANTI-TERRA®, AQUACER®, AQUAMAT®, AQUATIX®, BENTOLITE®, BYK®, BYK-AQUAGEL®, BYK-DYNWET®, BYK-MAX®, BYK-SILCLEAN®, BYKANOL®, BYKCARE®, BYKETOL®, BYKJET®, BYKO2BLOCK®, BYKONITE®, BYKOPLAST®, BYKUMEN®, CARBOBYK®, CERACOL®, CERAFAK®, CERAFLOUR®, CERAMAT®, CERATIX®, CLAYTONE®, CLOISITE®, DISPERBYK®, DISPERPLAST®, FULACOLOR®, FULCAT®, GARAMITE®, GELWHITE®, HORDAMER®, LACTIMON®, LAPONITE®, MINERPOL®, NANOBYPK®, OPTIBENT®, OPTIFLO®, OPTIGEL®, POLYAD®, PRIEX®, PURABYK®, PURE THIX®, RECYCLOBLEND®, RECYCLOBYK®, RECYCLOSSORB®, RECYCLOSTAB®, RHEOBYK®, RHEOCIN®, RHEOTIX®, SCONA®, SILBYK®, TIXOGEL® and VISCOBYK® are registered trademarks of the BYK group.

The information herein is based on our present knowledge and experience. The information merely describes the properties of our products but no guarantee of properties in the legal sense shall be implied. We recommend testing our products as to their suitability for your envisaged purpose prior to use. No warranties of any kind, either express or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, are made regarding any products mentioned herein and data or information set forth, or that such products, data or information may be used without infringing intellectual property rights of third parties. We reserve the right to make any changes according to technological progress or further developments.

This issue replaces all previous versions.

