アルカリ浸漬脱脂での脱脂要因と効果

須 山 聡*

Effects of Physical Factors on Alkaline Degreasing

Satoshi SUYAMA*

Surfactant degreasing velocity is decided by oil globule diameter and it's distribution in boundary film. The velocity expression thus obtained, calculated the good values, but expressed no physical factor effects. These effects were studied using dimensional analysis. The degreasing velocity of a surfactant forming a stable emulsion is summarized as follows :

$$(1/R-1) = C \cdot F(C_x/O_{\max}) \cdot ((T_e \eta) / (t V^2 (d_1 - d_2)^2))^{0.7 \sim 1.0}$$

$$F(C_x/O_{\max}) \approx 1 + 0.5(C_x/O_{\max})$$

R : water wetting area ratio, T_e : bath temperature, C_x : oil concentration,

$O_{\max}$: maximum oil concentration for degreasing, V : agitation velocity, t : time, $d_1 - d_2$: difference in oil and degreasing solution density, η : viscosity.

Increasing T_e and V greatly increased $O_{\max}$. In high temperature and agitation velocity, degreasing velocity in little oil contamination was same as the initial bath.

Key Words : Degreasing Velocity, Physical Factors, Alkaline Degreasing

1. 緒 言

アルカリ浸漬脱脂終盤に試料表面に残留する数 μm の油膜¹⁾は、油分濃度が充分希薄な脱脂液中に形成される平均油滴径 r_o に依存していた²⁾。また各種界面活性剤における油膜の膜厚減少速度、即ち脱脂速度は、この r_o と境膜内部に実質的に形成される油滴径 r_a およびみかけ油膜厚さ T_H と r_o の比等に比例し、油滴分布の分散 σ も影響を与えていた²⁾。界面活性剤が示す脱脂特性の差は、これらの界面活性剤に固有な油滴径により説明できた。この結果は、脱脂に最適な界面活性剤の選定等に有効に利用できる。

しかし、求められた関係は、油滴径と脱脂速度や脱脂特性との関係であり、実際の脱脂では粘度等の効果が大きいとされている³⁾ように、各種の物理ファクタの効果を直接的に脱脂速度等へ反映してはいない。

ここで、 r_o が約 $1.7 \mu\text{m}$ となる界面活性剤に、天然高級アルコール硫酸エステルナトリウム塩(NHAS)がある。これを用いた脱脂液では、物理ファクタから脱脂の進行状況を計算した例もある⁴⁾。この計算が行われたのは、次のような考え方によっている。脱脂の中盤以降では、境膜内部に実質的に形成される油滴径 r_a と分布は、油分濃度が充分希薄な脱脂液中に形成される平均油滴径 r_o とその分布に近い状態になる。ここで r_o が約 $1.7 \mu\text{m}$ となる脱脂液を用いた場合の脱脂中盤以降は、境膜

内部に実質的に形成される油滴径は $2 \mu\text{m}$ 程度となる。その分布中には、乳化拡散移動速度、相分離浮上速度が共に最も遅い、最も移動し難い油滴径 r_m が含まれるようになる。この場合、最も移動し難い油滴径 r_m により脱脂速度が支配され²⁾、脱脂の進行が r_m からの誘導式で表される可能性があることによっている。

この考え方を適用できる界面活性剤には制限があるが、温度や粘度等の物理ファクタで脱脂速度や脱脂の進行が計算できれば実用的である。

そこで、各種物理的ファクタの脱脂への影響等につき、詳細な検討を試み、脱脂式を見いだそうとした。また、式の適用範囲に対する検討も行った。

2. 実験方法

2. 1 試料、脱脂液組成、界面活性剤

試料板には冷間圧延鋼板(JIS SPCC) $50 \times 25 \times 1 \text{ mm}$ を用いた。試料板をまず抜き取りで、表 1 に示す組成で、界面活性剤に天然高級アルコール硫酸エステルナトリウム塩を用いたアルカリ脱脂液により $358 \text{ k} \times 60$ 分脱脂後、水洗、10%硫酸浸漬により水ぬれ面積率(R)がほぼ 1.00 となることを確認した。次に全試料板を同じ条件で脱脂処理し、乾燥した。これを比重 0.83、一般加工用プレス油中に浸漬し、更に垂直に 30 分放置して付着油量を一定にさせて試料とした。付着油の膜厚は、平均 $55 \mu\text{m}$ であった。脱脂に用いた液の組成を表 1 の上欄に、添加した界面活性剤の種類と略号を下欄にまとめて示した。脱脂は、1L ガラスビーカーにて恒温水槽により $323 \sim 371 \text{ k}$ の範囲の一定温度 ± 1 度とし、プロペラか

* 長野県精密工業試験場 (〒394-0000 長野県岡谷市 9959)
Precision Technology Research Institute of Nagano Pref.
(9959, Okaya-shi, Nagano 394-0000)

Table 1 Composition of the degreasing solutions and symbols of the surfactants.

Composition of the degreasing solutions.			
NaOH	5g/L	Na ₃ PO ₄	5g/L
Na ₂ CO ₃	40g/L	Surfactant	5g/L
Symbols of the used surfactants.			
NHAS :Natural higher alcohol sulfate Na			
LAS :Lauryl alcohol sulfate Na			
HAS :Higher alcohol sulfate Na			
OS :Olefin alcohol sulfonate Na			
DBS :Dodecyl benzene sulfonate Na			
ABS :Alkylbenzene sulfonate Na			
ANS :Alkyl naphtalene sulfonate Na			
POAS :Polyoxyethylene alkyl ether sulfate Na			
POHA :Polyoxyethylene higher alcohol ether			
PONP :Polyoxyethylene nonylphenyl ether			

くはんにより 3~20 cm/s の定めた液速度となるようにして行った。

2. 2 機器および方法

付着油分量は、金属キレートトレーサを用いたフレイムレスアトマイザ原子吸光度法¹⁾により測定した。水ぬれ面積率は、赤インクを用いて水ぬれ部分を現像固定した後、レスカ画像処理装置または目視測定法¹⁾により算出した。当初付着油量の測定には、精密自動天秤による重量法を、また、エマルジョンの粒子径の測定には、透過光濁度法を用いた。

界面活性剤の希薄時平均油滴径と脱脂力の関係を把握するために次の簡易脱脂法⁵⁾を用いた。プレス油を定量分取したピペットを、323 k の各界面活性剤による脱脂液中で、吸い込み吐出を繰り返した。ピペット管壁に微少な油滴の残留が認められず、また管壁近傍から乳化による脱脂液の濁りが目視で観察されなくなるまでの繰り返し回数 n から脱脂力指標 (100/n) を求めた。

脱脂試験は、一定の温度で、油の無添加状態から、順次定量の油分を添加し、1~30 分間の一定時間行った。

油添加状態での脱脂試験は、激しくかくはんした脱脂液に定量の油をピペットで注入して乳化させた後、所定のかくはん速度に戻して 30 分後に行った。過剰に油が混入した脱脂液では、その状態で約 30 分保持すると、液中に安定して存在できない油分は、大部分浮上してしまう⁶⁾。そこで、実際の定常状態に近くするため、約 30 分間その状態に保った。脱脂液中の油分濃度は、四塩化炭素抽出赤外分光光度法でも確認した。

323 k の密度は、比重瓶で正確に測定した 293 k での脱脂液の密度の値を基にして、口元に目盛りを付けた 25 mL メスフラスコにより恒温水槽中で体積膨張から求めた。358 K、371 k での密度は、293 k~343 k までの測定値から外捜法で求めた。プレス油の各温度における密度 d_2 は、JIS K-2249 の次式によった。

$$\rho_{Te} = \rho_{15} e^{(-\alpha \Delta T_e - 0.8 \alpha (\Delta T_e)^2)}, \alpha = 0.6278 \times 10^{-3} \quad (1)$$

乳化液の密度は、脱脂液およびプレス油の各密度を油分濃度の重み付き平均で得た。脱脂液および乳化液の粘度は、細管式粘度計で測定した。

2. 3 解 析

試料表面からの油滴の離脱においては、拡散と相分離浮上の合間となって最も移動し難い油滴径 r_m が存在する。この油滴径 r_m は、その乳化拡散速度と相分離浮上速度が等しい関係を用いて算出式(2)が誘導されている²⁾。その油滴径の値は、概略 3~0.5 μm で、時間経過と共に小さくなる。

$$r_m = \sqrt[5]{108(K T_e \eta) / (\pi g^2 t (d_1 - d_2)^2)} \cdots \cdots (2)$$

K はボルツマン定数、 T_e は浴温度 (k)、t は脱脂時間 (秒)、 η は脱脂液や乳化液の粘度 (g・cm/s)、g は重力定数、 $d_1 - d_2$ は建浴時であれば脱脂液と油の密度差、油が混入して乳化した脱脂液であれば、乳化した脱脂液と油との密度差 (g/cm³) である。

また、脱脂初期の境膜内部は高い油分濃度となり粗大な油滴が形成される。しかし、脱脂が進行して、水ぬれ面積率が 0.6 以上となる脱脂中盤以降では、境膜内部の油分濃度は低下し、形成される油滴径 r_a と分布は、油分濃度が充分希薄な脱脂液中に形成される平均油滴径 r_∞ と分布に近くなる。水ぬれ面積率が 0.93 以上となる脱脂終盤では、試料表面の見かけの平均油膜厚さは、 r_∞ よりはるかに小さくなり、形成された油滴径や分布は、充分希薄な油分濃度で得られた油滴径 r_∞ 、分布と同じになる。

ここで r_∞ が 2 μm 程度となる脱脂液を用いれば、その脱脂中盤以降は、試料表面近傍に形成される平均油滴径が、最も移動し難い油滴径の大きさに近づき、その分布に油滴径 r_m が常に含まれるようになる。そのため油滴径 r_m が脱脂を支配する可能性がでてくる。この場合、脱脂時の試料表面に存在する実質油膜厚さ T は、その時間における r_{mt} にほぼ等しくなる。この r_{mt} は、その時の水ぬれ面積率 R_t および充分時間を経過した時の最も離脱しがたい油滴の直径 $r_{m\infty}$ により経験式 $r_{mt} = r_{m\infty} / R_t$ でも表されている。この経験式と計算式(2)から脱脂の進行に関する(3)式が誘導される²⁾。

$$1/R_t = \sqrt[5]{108(K T_e \eta) / (r_{m\infty}^5 \pi g^2 t (d_1 - d_2)^2)} \cdots \cdots (3)$$

ここで $r_{m\infty}$ (cm)。

1/R は、脱脂の進行を表す指標であり、それが時間や物理ファクタによって表現されている。このような式が成立すれば脱脂状況は物理的ファクタにより直接算出でき、各ファクタの効果も明示できるので実用上有用である。しかし、式には、脱脂に大きな影響を与える、かくはん速度や油分濃度等は含まれていない。そこで、(3)式を参考に、これらのファクタも含めて次元解析を行い、その結果を基に各ファクタと脱脂との関係を比較検討し

た。検討に先立って、式の適用範囲についての推定も行った。

3. 結果と考察

3. 1 平均油滴径と脱脂式の適用範囲

式の適用には、中盤以降の表面近傍の油滴分布に r_m が含まれる必要がある。 r_m は脱脂時間に応じて変化するが約 $3\sim0.5\mu\text{m}$ である。表面近傍の油滴分布の平均値は、脱脂中盤以降では、ほぼ r_∞ となる²⁾ので、 $r_\infty \simeq r_m$ となる界面活性剤であれば、充分この条件を満たせる。そこで、各界面活性剤の r_∞ を求め、 r_m の範囲および脱脂力指標との関係を比較した。この結果を図1に示す。多くの界面活性剤が範囲に含まれる。また、 r_∞ が約 $2\mu\text{m}$ 程度となる界面活性剤がバラツキは大きいものの高い脱脂力を示した。例えば、NHAS、ABS、OS 等である。これらの界面活性剤は、脱脂力が強いので脱脂液等に多く用いられている。また、エマルジョンの粒径は一般に $0.2\sim50\mu\text{m}$ ⁷⁾ であるが、比較的に安定なエマルジョンは約 $2\mu\text{m}$ の油滴径を持つことが多い⁸⁾とされている。限られた範囲の r_∞ を持つ界面活性剤を対象とした(3)式であるが、脱脂液に用いられる多くの界面活性剤で条件を満たすと考えられる。このため実際には多くの脱脂液で適用が可能と思われる。

3. 2 次元解析結果

まず、(3)式の右辺を参考とし、脱脂の進行を示す無次元の値、 $1/R$ に影響を及ぼすかはん速度 V 、脱脂液中油分濃度 C_x 、脱脂の限界となる油分濃度 O_{max} を加え、次元解析を試みた。ファクタが多くそのままでは解析は困難であったが、 $(\eta/Vt(d_1-d_2))$ が無次元項となることに注目して、分割して解析した。その結果、一例とし

て $(KT_e/r_{m\infty}^4g(d_1-d_2))^\alpha(\eta/Vt(d_1-d_2))^\beta\{(O_{\text{max}}+\gamma C_x)/O_{\text{max}}\}^\delta$ 等とすることができた。定数と見なせるものの等をまとめて(4)式とし、これを基に解析を進めた。

$$\frac{1}{R} \div C \cdot \left(\frac{T_e}{d_1-d_2}\right)^\alpha \left(\frac{\eta}{Vt(d_1-d_2)}\right)^\beta \left(\frac{O_{\text{max}}+\gamma C_x}{O_{\text{max}}}\right)^\delta \dots\dots\dots(4)$$

以下右辺の各項を、左から温度密度差項、粘度速度時間項、油分濃度項と略す。

3. 3 脱脂曲線と粘度速度時間項

r_∞ が約 $1.7\mu\text{m}$ である NHAS 系界面活性剤による脱脂液の各種条件における脱脂曲線の例を図2に示す。温度、かはん速度、油分濃度等により脱脂曲線は大きく変化した。

実験した全データにつき、 $1/R$ と粘度速度時間項の対比を行った。その結果を図3に示す。各データは、ほぼ平行線状に並び、その次数は $0.25\sim0.20$ の範囲で

Fig. 2 Examples of degreasing curves at NHAS-degreasing solution, 323 k-371 k, 5-20 cm/s, C_x : 0-400 mL/L.

Fig. 3 Relationships between $1/R$ and the dimensionless group $\eta/Vt(d_1-d_2)$.

Fig. 1 Average oil globule diameter(r_∞) and degreasing ratio in various surfactants.
① NHAS, ② LAS, ③ HAS, ④ OS, ⑤ ABS, ⑥ ANS, ⑦ DBS, ⑧ POAS, ⑨ POHA, ⑩ PONP, ⑪ NHAS+POONP, ⑫ HAS+OS, ⑬ ABS+HAS

あった。そこで、(3)式を参考に、粘度速度時間項の次数を、0.20 と定めた。

3. 4 温度密度差項の効果

1/R の値を、 $(\eta/Vt(d_1-d_2))^{0.20}$ で除して規格化した値と、温度密度差項の値を対比した。図 4 に示すように脱脂液の油分濃度 C_x が、0~5 mL/L と低い場合、温度密度差項の次数は約 0.20 であり、1/R は $(T_e\eta/(Vt(d_1-d_2)^2))^{0.2}$ と表すことができた。しかし、油分濃度が高い場合は、これでは表せなかった。

3. 5 油分濃度による脱脂特性の変化

油分濃度の影響を明らかにするため、油分濃度と 30 分脱脂後の水ぬれ面積率との関係を求めた。図 5 に示すように、各条件において油分濃度がある値を越えると、急に水ぬれ面積率が低下した。そこで脱脂が限界となる油分濃度を限界油分濃度 O_{max} とし、その値を脱脂後の水ぬれ面積率が、油分濃度 0 で得られた値の 75% に低下する油分濃度と定めた。 O_{max} に、変曲点の値を用いなかったのは、できるだけ広い油分濃度範囲を検討するためである。

Fig. 4 $(1/R)/(\eta/Vt(d_1-d_2))^{0.2}$ and temperature-density group.

Fig. 5 Water wetting area ratio at 1800s in various oil concentrated degreasing solution.

O_{max} は、温度やかくはん速度に依存し、 $323\text{ k}\times 5\text{ cm/s}$ で 1.5 mL/L 、 $358\text{ k}\times 20\text{ cm/s}$ で 30 mL/L 、 $371\text{ k}\times 20\text{ cm/s}$ で 400 mL/L 等となった。大豆油、ラード油と油を変えて同様に実験を行ったが、鉱物油、植物油、動物油と油種が大きく変化しても、同一の脱脂液、温度、かくはん条件であれば、ほとんど同じ値となった。

3. 6 油分濃度項による解析

$(1/R)$ を $(T_e\eta/(Vt(d_1-d_2)^2))^{0.2}$ で規格化した値が、油分濃度によりばらつくので、限界油分濃度と脱脂液中の油分濃度の比 C_x/O_{max} でまとめられないか検討した。概略は図 6 の 1) に示すように $1.8(1+0.5(C_x/O_{max}))$ により表せたが、371k のデータは全く一致しなかった。371k のデータも統一して表すには、図中の 2) で示すように、 $F(C_x/O_{max})$ を $1.8(1+0.5(C_x/O_{max}))(1-0.6e^{(T_e-371)/\sqrt{(C_x/O_{max})}})$ 等とする必要があった。この原因に、 O_{max} が 371k に近づくとき急激に増加する現象が考えられる。

以上より、1/R は(5)式のようにまとめられた。この式は、最も離脱しがたい油滴径から得られた(3)式にも近いが、次元解析結果の(4)式に、より近く、次数は $\alpha=\beta=0.2$ 、 $\gamma=0.5$ 、 $\delta=1$ であった。

1/R = F(Cx/Omax) * (Teη / (Vt(d1-d2)^2))^0.2(5)

$F(C_x/O_{max}) = 1.8(1+0.5(C_x/O_{max}))(1-0.6e^{(T_e-371)/\sqrt{(C_x/O_{max})}})$
実際の値と比較した結果が図 7 である。近似できているように見られるが、誤差も大きい。比較的一致するのは、図中の白丸および実線で示す $323\text{ K}\cdot 5\text{ cm/s}$ 、 $323\text{ K}\cdot 10\text{ cm/s}$ 、 $358\text{ k}\cdot 5\text{ cm/s}$ の場合であった。温度やかく

Fig. 6 Relationships between $F(C_x/O_{max})$ and $(1/R)/(\eta/Vt(d_1-d_2))^{0.2}$
 $F(C_x/O_{max})$ as follows.
1) : $1.8(1+0.5(C_x/O_{max}))$
2) : $1.8(1+0.5(C_x/O_{max}))(1-0.6e^{(T_e-371)/\sqrt{(C_x/O_{max})}})$

Fig. 7 comparison of the calculated results by expression 4 to 1/R values.

はん速度が小さいので、脱脂境膜内の油分濃度勾配や液速度勾配が小さく、境膜内部で静的に脱脂が進行すると考えられる場合であった。例えば温度が 358 K 以下、かくはん速度が 5 cm/s 以下であれば、最も離脱しがたい油滴が脱脂を支配している可能性があった。

また、(5)式の基になった(3)式は脱脂中盤以降、すなわち R が 0.6~1.0 の範囲を想定した式であった。しかし、実際には(5)式は、 R が 0.3~1.0 と想定したよりも広い範囲で良く一致していた。

ただし、図中に黒丸と点線で示すように浴温度が 358 K 以上で、かくはん速度が 10 cm/s および 20 cm/s の時は、(5)式右辺の値は 1 より小さくなり易く、ファクタ群の次数も式とは一致しなかった。

(3)式は、層流での相分離浮上や静的条件での乳化拡散から誘導されている。このため、高い温度や速いかくはん速度により、脱脂境膜が薄くなり、境膜内部に大きな油分濃度勾配や液速度勾配が形成される場合は、静的な条件から異なるとも考えられる。このため、前述の条件では関係式が(3)式等と合わなくなることは充分考えられる。

式では、 $1/R$ が、温度の 0.2 乗に比例して表されている。温度と密接に関係して変化する密度と粘度の作用のためである。更に、温度は O_{max} へも影響する。 O_{max} は温度上昇で著しく増加し、 O_{max} 値が大きければ、脱脂速度は混入油分の影響を受け難く、当初の速度を保ち易い。このように、温度上昇は、式から直接見られる以上に脱脂速度を大きくしていた。

式を利用するには、乳化液の粘度を実測する必要がある。しかし乳化液の粘度を求めるためには種々の計算式があり^{9),10)}、乳化液の相対粘度は、ほぼ油分濃度のみ依存する⁹⁾とされているので、簡略化のために粘度計算

式を検討した。
その結果、プレス油を濃度 400 mL/L 以内で乳化させた場合、各濃度での粘度 $\eta_{(Te,Cx)}$ は次の Hugginns の式⁹⁾で十分に近似できた。

$$\eta_{(Te,Cx)} = \eta_{(Te,0)} (1 + 0.02 C_x + K' (0.02)^2 C_x^2) \dots\dots\dots(6)$$

C_x は油分濃度 mL/L, $\eta_{(Te,0)}$ は各温度での溶媒の粘度。 K' は、高分子と溶媒及び温度範囲に依存する定数で $1/3 \sim 3/8$ の値を持つ⁹⁾とされるが、ここでは 0.35 であった。

3. 7 1/R-1 に対する解析

(5)式は、高い温度や速いかくはん速度の場合ほど誤差が大きくなり、すべての条件を表しきれていない。ここで、多くの界面活性剤で、脱脂速度が $(1/R-1)$ の指標で整理されている。この値も無次元項であり、見かけの平均油膜厚さ T_H を r_∞ で除した値にも等しい²⁾。そこで、 $(1/R-1)$ すなわち (T_H/r_∞) について、(4)式を基に、同様に解析し、すべての条件を表せる近似式を探した。その結果、 $1/R-1$ は、(4)式と異なり $(1/V) (T_e \eta / Vt(d_1-d_2)^2)$ により近似され、(7)式のように表された。

$$\frac{1}{R} - 1 = \frac{T_H}{r_\infty} = C_2 F_2 (C_x / O_{max}) \left(\frac{T_e \eta}{V^2 t (d_1 - d_2)^2} \right)^{0.7} \dots\dots\dots(7)$$

$$F_2 (C_x / O_{max}) = (1 + 0.5 (C_x V / O_{max}) (1 - e^{-(T_e - 371)}))$$
$$C_2 = 0.64$$

単なる近似式にすぎないが、図 8 に、 $1/R-1$ 値と対比した結果を示すように、全条件にわたって良好に近似されていた。また、図に示すように、NHAS 以外で条件を満たす界面活性剤の内、 r_∞ が 2 μ m の ABS や r_∞ が約 0.5 μ m の POAS でも(7)式は、ほぼ成立した。しかし、ファクタ群の次数は、0.7 から約 0.85~1.0 と若

Fig. 8 Comparison of the calculated results by expression 6 to $(1/R-1)$ values.

Fig. 9 Maximum oil concentration to degrease, and calculated results by the expression of the bath temperature, agitation velocity.

干変化していた。

$(1/R-1)$ は、 T_H/r_∞ に等しく、 r_∞ は各界面活性剤に固有の値であるため、(7)式の定数 C_2 は界面活性剤により変化することが考えられる。また $O_{\max}$ や $F(C_x/O_{\max})$ も、各界面活性剤によって値等が若干変化することが推定される。

以上より、油分希薄時の平均油滴径 r_∞ に対する見かけの平均油膜厚さ T_H の比は、 $F(C_x/O_{\max})$ および $(T_e\eta/V^2t(d_1-d_2)^2)^{0.7-1.0}$ に、ほぼ比例して近似計算された。

3. 8 限界油分濃度 $O_{\max}$

$O_{\max}$ は、かくはん速度、温度、界面活性剤種類で決まるとされる値である。NHASでは、図9に示すように、 $V^{1.6}/(372-T_e)$ にほぼ比例し、(8)式で概算できた。

$$O_{\max} = 3.3(V^{1.6}/(372-T_e)) + 0.5 \quad \dots\dots\dots(8)$$

分母を $(372-T_e)$ としたのは、371 Kでの $O_{\max}$ を概算するためである。式の係数3.3は界面活性剤により変化することが推定できる。 $O_{\max}$ は、温度が371 Kに近づくとき急激に増加する。これはノニオン界面活性剤の脱脂力が、脱脂限界温度(曇点)に近づくにつれ加速的に増大し、曇点で最大となり、これ以上の温度で急激に低下する様子に似ている。これらより式の372の値は、脱脂液の限界点とも推測され、沸点または界面活性剤による脱脂限界温度が原因と考えられる。沸点ならば、この値は標高等で変化することが、また界面活性剤に依存する脱脂限界温度であれば種類で変化することが考えられる。0.5という定数は、劣化させた脱脂液を常温で長時間静置した時、分離せず液中に残存する油分濃度0.5 mL/L⁶⁾の値に近かった。

限界油分濃度に、温度やかくはん速度が影響する原因

に、油膜形成と再分散の競合が考えられる。油分濃度が、液中に安定して存在できる濃度より高い場合、過剰分等は界面活性剤の一部を伴って浮上し⁹⁾油膜またはスカム状油膜を形成する。この油膜等で試料は再汚染され易くなる。この油膜も、温度やかくはん速度が高くなれば機械的作用等で液中に再度分散、溶解され再汚染はなくなる。

この液中に安定して存在できる油分量に、温度やかくはんが深く関わっているためと思われる。

4. 結 論

脱脂の進行を各種の物理ファクタによる式で表すことを目指し、特に r_∞ が $2\mu\text{m}$ 程度となる脱脂液での脱脂中盤以降について、誘導式や次元解析を参考に検討した結果、脱脂の進行は次式で表せた。定数 C はNHASでは0.64であった。

$$\frac{T_H}{r_\infty} = C \cdot F(C_x/O_{\max}) \cdot \left(\frac{T_e\eta}{V^2t(d_1-d_2)^2} \right)^{0.7-1.0}$$

$$F(C_x/O_{\max}) = 1 + 0.5(C_x V/O_{\max})(1 - e^{-(T_e-371)})$$

$$O_{\max} = 3.3(V^{1.6}/(372-T_e)) + 0.5$$

式は、 r_∞ が $2\mu\text{m}$ 程度となる界面活性剤を用いる脱脂液に適用でき、ABSやPOAS、HAS等でも成り立つが、定数や $O_{\max}$ は界面活性剤によって異なると思われる。

温度やかくはん速度は、特に限界油分濃度 $O_{\max}$ を著しく変化させた。低温、低かくはん速度では限界油分濃度は小さく、少量の油分混入で脱脂は妨害を受けた。

最も離脱しがたい油滴径から得られた誘導式に近い式が成立するのは、温度358 K以下、かくはん速度5 cm/s以下等と、脱脂境膜内部で静的に脱脂が進行すると思われる場合であった。

(Received September 9, 1998; Accepted June 28, 1999)

文 献

- 1) 須山 聰; 金属表面技術, 33, 605 (1982)
- 2) 須山 聰; 表面技術, 40, 185 (1998)
- 3) 間宮富士雄, 金属表面清浄技術, p. 48 (槇書店, 1993)
- 4) 須山 聰; 金属表面技術協会第69回講演大会要旨集, p. 92 (1984)
- 5) 須山 聰, 大久保敬吾, 倉科 匡, 篠田 誠; 金属表面技術協会第88回講演大会要旨集, p. 68 (1993)
- 6) 須山 聰; 実務表面技術, 28, 68 (1981)
- 7) 日本化学会編; 界面とコロイド, 実験化学講座(18), p. 428 (丸善, 1980)
- 8) 日本化学会編; 界面化学, 実験化学講座(7), p. 228 (丸善, 1956)
- 9) 日本化学会編; 高分子化学(上), 実験化学講座(8), p. 143 (丸善, 1956)
- 10) 北原文雄; 工業材料, 19, 2 (1971)