

明 細 書

発明の名称：

機械加工プロセスの品質管理システム、工作機械用の潤滑液及び潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置

技術分野

[0001] 本発明は、加工液としての電解水の加工性能（品質）を確保・向上させつつ、上述してきた油溶性潤滑液の問題点を排除し得る機械加工プロセスの品質管理システム及び工作機械用の潤滑液、並びにこれに適する専用のアルカリ電解水生成装置に関する。

背景技術

- [0002] 金属材料を加工することに用いる工作機械には多種多様の加工液としての潤滑油が使用されている。従来より、加工液としての潤滑油には、油溶性潤滑剤が使用されてきたが、近年、その問題点が指摘されている。具体的には、加工液に油溶性潤滑剤を使用する場合、pHや赤外線屈折率（Brix%）による糖度を計測して加工液の加工性や劣化度等の品質管理していたが、pHや濃度による加工液の管理は、計測装置の精度を保つために頻繁に計測部の洗浄と計測値の校正が必要であるなどの理由により、難しかった。
- [0003] 同時に従来の油溶性潤滑剤は、水道水と混合して使用するものであり、バクテリアが繁殖できる環境にある。バクテリアが生存できる環境下で油分に含まれるリンや硫黄をバクテリアは好んで餌として食べ、その排泄物が加工液を腐らせる。このために油溶性潤滑剤は多種多量の防腐剤を含む。その結果、機械加工工場では夏場に液が腐りやすく、同時に作業者は防腐剤が肌に触れたり、ミストを吸い込んだりして、体調不良を起こすことがあった。
- [0004] このように加工性能（品質）の確保と加工液の腐敗という問題に対応するためには定期的な廃棄処理を行うことが確実かつ安価であった。これに背反して、環境負荷を低減するという昨今の社会要請に鑑みると、作業環境の改善と、加工液としての油溶性潤滑液に対しても使用後の廃棄量を低減すること

が必須課題のはずであり、単に加工性能（品質）の確保を優先した廃棄を行う体制を見直していく必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開公報WO 2015／053192

特許文献2：国際公開公報WO 2014／155870

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] このような問題から近年、種々の水溶性の加工液が開発されてきており、さらなる使用拡大が社会的要請にもなっている（特許文献1～2参照）。そのうち環境負荷が小さいアルカリ電解水を加工液として用いることが注目されており、発明者らは各種加工における加工液として適正なアルカリ電解水の開発・提供を行ってきた。

[0007] また従来、加工液として油溶性潤滑液を使用する場合や加工液としてのアルカリ電解水に油溶性成分を有する摺動液等の作動液が混入される場合、pHや赤外線の屈折率（Brix%）による糖度を計測して加工液の加工性や劣化度等の品質管理していた。しかしながら、発明者らは加工液の精緻な品質管理を企図する過程（後述）において、糖度（Brix%）による加工液の管理は、計測装置の精度を保つために加工ごとに毎回洗浄する等頻繁に計測部の洗浄して所謂油汚れを除去し計測値の校正を行うことが必要であるなどの理由により難しく、アルカリ電解水の場合、pHを加工液の品質管理の指標とすることはできないということがわかってきた（後述）。この知見を得た発明者らは、加工液としてアルカリ電解水を用いる場合にその品質管理をどのように精緻に行うかが重要な開発課題であった。

[0008] さらに、加工液として純水や工業用水を用いることのできる放電加工やウォータージェット加工においては、安価に加工液廃棄しやすいこともあり、品質管理より廃棄を優先していたが、不適当な通電による加工精度の悪化や研

磨剤等の含有物による影響、腐敗等を考慮した十分な品質管理を行うことが好ましく、純水や工業用水だからと言って安易に廃棄する体制を改善する必要がある、発明者らは上記開発課題を解決してアルカリ電解水を用いた精緻な液管理を行う必要があると考えた。

[0009] 本発明は、以上のことを踏まえて潤滑液に用いるアルカリ電解水を提供してきたフロントランナーとしての発明者らによって得た知見に基づいて創作されたものであり、加工液としてのアルカリ電解水の加工性能（品質）を確保・向上させつつ、上述してきた油溶性潤滑液の問題点を排除し得る機械加工プロセスの品質管理システム、工作機械用の潤滑液及び工作機械用の潤滑液を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] まず、第一の本発明は、アルカリ電解水を含む水溶性の潤滑原液と外部から補充可能なアルカリ電解水との混合液を潤滑液として用いる工作機械の加工プロセスにおいて、該混合後の潤滑液の品質をその電気伝導度でモニタリングして管理する機械加工プロセスの品質管理システムを提供する。

[0011] 本発明の発明者らは、後述するように従来の油溶性材料を含む工作機械の加工液等潤滑液では、その加工性能をモニタリングして液管理することはできておらず、代わりにアルカリ電解水を使用する場合、その加工性能は電気伝導度（導電率）に正の相関を有し、電気伝導度を指標として工作機械をリアルタイムにモニタリングできることがわかってきた。この知見に基づいて第一の本発明の機械加工プロセスの品質管理システムでは、工作機械の潤滑液としてアルカリ電解水を採用し、工作機械内に提供される潤滑原液（pH調整作用を有する水溶性ポリマーが含まれる）とアルカリ電解水とを混合した後の流路（加工部に放出する潤滑液の加工に最も近い部分）において、その電気伝導度を指標としてモニタリング管理して、加工性能（品質）を確保・向上させる具体的な構成を提供している。なお、加工液にアルカリ電解水を用いる付随的效果として加工時に発生する微細な切り屑を加工液から分離させやすく防錆力が向上する点でも有利である。

- [0012] また、前記混合後の潤滑液でモニタリングされた電気伝導度は、予め設定された工作機械の加工プロセスにおいて想定される潤滑液中の所定の溶出金属による潤滑液の金属イオン濃度に対する電気伝導度の変化の相関に基づいて、補正されることが好ましい。
- [0013] 具体的には、前記混合液の潤滑液の電気伝導度と所定の溶出金属の金属イオン濃度とを実測し、前記予め設定された前記所定の溶出金属による潤滑液の金属イオン濃度に対する電気伝導度の変化の相関から、前記実測された金属イオン濃度における所定の溶出金属による潤滑液の電気伝導度の変化量を算出し、該算出された電気伝導度の変化量を前記実測された電気伝導度の実測値から減算している。
- [0014] 上記本機械加工プロセスの品質管理システムでは、加工液等潤滑液としてアルカリ電解水を利用する場合に、その電気伝導度が加工性能と正の相関を有するという新たな知見から電気伝導度を指標として潤滑液をモニタリングすることとしたが、工作機械を長時間使用する過程で実際には加工プロセス中に潤滑液中にスラッジ（工具やワーク等の切り屑等）が溶出し、これによる潤滑液中の金属イオン濃度分の電気伝導度が変化（ドリフト）して正確なアルカリ電解水の電気伝導度を検知できていないことがわかってきた。
- [0015] このことを踏まえ、好ましい本発明では実測された潤滑液の電気伝導度から金属イオンの影響分を除外する補正を行って、補正された電気伝導度により潤滑液をモニタリングすることでモニタリング精度を向上させている。とりわけ油溶性潤滑液のような廃液が不要なアルカリ電解水の潤滑液の場合、長時間循環して使用可能であるため、スラッジによる金属イオン濃度の変化の影響を考慮する必要があるため、本発明ではスラッジとなり得る溶出金属が含まれた潤滑液の金属イオン濃度と電気伝導度（変化量）との相関を予め算出・設定しておき、この相関に基づいて、実際の潤滑液の金属イオン濃度の実測値に相当する電気伝導度の変化量を算出して、実際の潤滑液の電気伝導度の実測値から減算する補正を行っている。この補正により潤滑液の電気伝導度の実測値をスラッジによる影響を排して加工性能管理の指標として適正な

電気伝導度のモニタリングを行うことが可能となる。

[0016] 第二の本発明では、第一の本発明の機械加工プロセスの品質管理システムに用いる工作機械用の潤滑液として、アルカリ電解水を主成分とし、油性材料を含まない工作機械用の潤滑液であって、該潤滑液は、防腐剤を含まず pH緩衝剤が配合される、ものが好適であることが提供される。

[0017] また、前記アルカリ電解水を主成分とする工作機械用の潤滑液の溶質濃度は、該潤滑液を使用する工作機械及び加工プロセスに応じて予め定めた範囲内をその実用管理濃度として設定する、ことが好ましい。

[0018] 上述したように工作機械用の潤滑液としてアルカリ電解水を使用する場合、pH緩衝剤を配合し、pH調整することにより防腐効果を得る点で有利である。その一方、pH緩衝剤を配合すると液体の品質とpH値との相関がなくなってしまうため潤滑液のモニタリングの指標としてpHを利用することが難しくなる。この点に関して、後述する試験結果により潤滑油として使用する専用のアルカリ電解水では、その溶質濃度が所定範囲内では電気伝導度と正の相関を有することがわかった。したがって、第二の本発明では、機械加工プロセスの品質管理システムに用いる工作機械用の潤滑液として専用のアルカリ電解水を採用することとし、そのアルカリ電解水の品質（加工性能）のモニタリングの指標として電気伝導度と正の相関を有する溶解濃度の範囲内にアルカリ電解水を設定しておくこととしている。

[0019] また、前記工作機械は、前記潤滑液を回収・貯留して加工液として工作機械に供給する加工液貯留タンクを備え、

該加工液貯留タンクは、潤滑原液貯留タンク又はこれに続く供給管から潤滑原液が供給され、アルカリ電解水生成装置若しくはその貯留タンク又はこれに続く供給管からアルカリ電解水が供給されるものであり、この加工液貯留タンク内の混合液の電気伝導度をモニタリング管理することができる。本機械加工プロセスの品質管理システムでは、アルカリ電解水と潤滑原液とを混合し、その混合液を工作機械、加工条件に応じて所望される加工液として混合時のpH調整しつつ、その電気伝導度を液管理の指標としてモニタリングす

るものであり、諸条件に応じた好適な流路（加工液貯留タンクも含む）及びどの流路でのモニタリングするか具体例が以下、提供される。

[0020] 最初の具体例として、前記工作機械は、潤滑原液貯留タンク又はこれに続く供給管から供給される潤滑原液と、アルカリ電解水生成装置若しくはその貯留タンク又はこれに続く供給管から供給されるアルカリ電解水とを混合する混合部を備え、

該混合部によって混合された潤滑原液及びアルカリ電解水の混合液は前記加工液貯留タンクに供給される。

[0021] 本機械加工プロセスの品質管理システム例では、切削液タンク等の加工液貯留タンク内の潤滑原液及びアルカリ電解水の混合液の電気伝導度をモニタリング（少なくとも計測）している。特に加工液貯留タンクまでの流路に潤滑原液及びアルカリ電解水の「混合部」を設け、「混合部」以降の流路で加工液のモニタリングをすることが好ましい。この「混合部」を設けて「混合部」内の加工液をモニタリングすることにより、潤滑原液貯留タンクやアルカリ電解水生成装置からの混合液を加工液貯留タンク（切削液タンク等）内に供給して良いか否かを事前に判定することができ、加工液貯留タンク内の加工液の電気伝導度が急激に変化することを防止することができる。

[0022] また、本機械加工プロセスの品質管理システムの他の例として前記工作機械は、潤滑原液貯留タンク又はこれに続く供給管から供給される潤滑原液と、アルカリ電解水生成装置若しくはその貯留タンク又はこれに続く供給管から供給されるアルカリ電解水とを混合する混合部を備え、

該混合部内の潤滑原液及びアルカリ電解水の混合液は、前記混合部に続く供給管から工作機械内に供給され、該供給管内又は前記混合部内の混合液の電気伝導度をモニタリング管理する。

[0023] 本機械加工プロセスの品質管理システムの他の例では、加工液貯留タンクを設けず加工液を再循環させない加工（フライス用ミスト加工等）を行う工作機械において上述してきた潤滑原液及びアルカリ電解水の「混合部」を設け、「混合部」からの「供給管内」で電気伝導度をモニタリングする。

- [0024] また、第一の本発明の機械加工プロセスの品質管理システムでは、
電気伝導度をモニタリング管理する電気伝導度計を備え、
該電気伝導度計からの計測情報から計測されたアルカリ電解水と潤滑原液の
混合液の電気伝導度が予め設定した範囲内にあるか否かに応じて、潤滑原液
及び／又はアルカリ電解水の必要量と時間あたりの放出量とを設定すること
もできる。
- [0025] また、本機械加工プロセスの品質管理システム例では、モニタリングされ
た加工液の電気伝導度が設定範囲内にあるかどうかモニタリングして、フィ
ードバックしてその必要量と放出量（自動滴下量）を制御している。これに
より、加工液のモニタリングをしながらリアルタイムに好適な電気伝導度に
調整することができ、加工工程の内容に応じて加工性能を維持するような液
管理を実行可能となる。
- [0026] また本機械加工プロセスの品質管理システムの他の例として、前記工作機
械は複数存在し、これに対して潤滑原液及びアルカリ電解水が上述してきた
加工液貯留タンク並びに上述してきた混合部のいずれかに集約して供給され
、集約された加工液貯留タンク内又は混合部内の混合液を各工作機械に応じ
てその電気伝導度を計測する電気伝導度計を備え、計測された各電気伝導度
計の計測情報を有線又は無線で外部のモニタリング装置が管理し、アルカリ
電解水と潤滑原液の混合液の電気伝導度が各工作機械に応じて予め設定した
範囲内にあるか否か判定し、潤滑原液及び／又はアルカリ電解水の必要量と
時間あたりの自動滴下量とする構成であっても良い。
- [0027] 本機械加工プロセスの品質管理システムのさらに他の例では、複数工作機
械に対して統一的な一体の加工液貯留タンクを設けて、もう等内でそれぞれ
の工作機械ごとにモニタリングしてフィードバックする制御例が提供される
。これにより複数の加工工作機を集中的に加工液管理することができ、例え
ば、遠隔的に複数の加工機をリアルタイムに加工制御するシステムに導入す
る場合にも、その加工性能維持を実行することができる。
- [0028] また、前記工作機械で実行する好適な加工例とて、旋盤加工、フライス加工

、研削加工、ドリル穴孔加工、鋸切断加工、ウォータージェット加工、放電加工、プレス加工、研削加工、研磨加工が例示される。

[0029] また、本機械加工プロセスの品質管理システムでは、潤滑原液とアルカリ電解水との混合液の電気伝導度をモニタリング管理することに加えて、潤滑原液又はアルカリ電解水又は前記混合液の糖度、濃度、pHの少なくとも一つ及び金属イオン濃度をモニタリング管理することが好ましい。

[0030] さらに本機械加工プロセスの品質管理システムでは、潤滑原液とアルカリ電解水との混合液の電気伝導度をモニタリング管理することに加えて、前記加工液貯留タンク内の前記混合液の水位をモニタリング管理しても良い。

[0031] 上記第一の本発明の機械加工プロセスの品質管理システムでは、加工液にアルカリ電解水を用いてその電気伝導度により加工性能を維持する構成が提供されてきたが、従来より経験則を含んで行ってきた糖度（Brixs%計測等）、濃度、pHにより液管理と組み合わせることで各種加工に応じた多面的な液管理を実行することができ、また既存の液管理体制にも容易に導入することができ、市場性が高い点で有利である。また、加工液としてのアルカリ電解水の電気伝導度をモニタリングする際の加工液の液量管理の方法としては、例えば、本システム全体の加工液の総液量がどの程度の減っているかを加工液貯留タンク（切削液タンク106等）内の加工液の水位（液面高さ）を水位計等で計測することで検出する。

[0032] これにより加工液貯留タンクの容量がわかると潤滑原液の希釈量がわかるため本システムに補充されるアルカリ電解水や潤滑原液の放出量を算出することができる。さらに、上述したように好適な本機械加工プロセスの品質管理システムでは、潤滑液中に工具やワークからのスラッジが混入することによる電気伝導度の実測値を、想定される金属イオン濃度の変化量と電気伝導度の変化量との相関に基づいて補正しているため、電気伝導度の計測と糖度、濃度、又はpHの計測との組み合わせに加えて、金属イオン濃度の計測を必須としている。

[0033] 第三の本発明は、上記第一の本発明の機械加工プロセスの品質管理システム

において潤滑液として供給される外部から補充可能なアルカリ電解水を生成する潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置であって、該アルカリ電解水生成装置は、

生成されたアルカリ電解水の放出部が前記混合部、加工液貯留タンク、アルカリ電解水の貯蔵タンク又はこれらに接続する供給管に接続され、生成されるアルカリ電解水の電気伝導度をモニタリングし、

工作機械において実行する加工プロセスに応じて生成するアルカリ電解水の電気伝導度を予め設定又は再設定可能である。

[0034] 第三の本発明では、上述してきた第一の本発明の機械加工プロセスの品質管理システムに適した専用品として潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置が提供される。このアルカリ電解水生成装置では、本機械加工プロセスの品質管理システム内の加工液供給流路に接続され、工作機械で実行する加工プロセスに応じて生成するアルカリ電解水の設定をしておくことができ、上述した電気伝導度の計測結果をフィードバックしてリアルタイムに電気伝導度を再調整する制御構成の場合にもそのフィードバック信号により生成するアルカリ電解水の電気伝導度を再設定することができるようにしている。この専用装置を既存の工作機械の潤滑液供給構成に適用することで、工作機械の加工液を環境負荷の小さい水溶性に転換しながら、これまでのエマルジョン加工液よりも液管理しやすい体制を構築することができる。

[0035] なお、アルカリ電解水は、トリエタノールアミン等の有機アルカリ、合成潤滑剤、潤滑添加剤の電解水溶液からなる構成が例示される。

発明の効果

[0036] 本発明の機械加工プロセスの品質管理システム、工作機械用の潤滑液及び潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置によれば、アルカリ電解水を用いた加工液を採用し、その電気伝導度をモニタリング管理することで、電解水の加工性能（品質）を確保・向上させつつ、従来の液管理できず環境負荷も大きい油溶性潤滑液の問題点を改善することができる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]第一の本発明の第一の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システムを示す略ブロック図である。

[図2]第一の本発明の第二の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システムを示す略ブロック図である。

[図3]第一の本発明の第三の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システムを示す略ブロック図である。

[図4]第一の本発明の第四の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システムを示す略ブロック図である。

[図5]第一の本発明の第五の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システムを示す略ブロック図である。

[図6]第一の本発明の第六の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システムを示す略ブロック図である。

[図7]各pHのアルカリ電解水、純水及び水道水とその電気伝導度とを示すグラフ図である。

[図8] (a) にアルカリ電解水専用液の各溶質濃度とその溶質濃度に対する電気伝導度の計測値、(b) にアルカリ電解水専用液の各溶質濃度とその溶質濃度に対するpH、(c) にアルカリ電解水専用液の各溶質濃度とその溶質濃度に対するその糖度(Brix%)の計測値を示すグラフ図である。

[図9]市販エマルジョンの糖度(Brix%値)と電気伝導度の計測結果を示すグラフ図である。

[図10]潤滑液としてのアルカリ電解水にFeイオンが溶出されている場合を想定した潤滑液の電気伝導度とFeイオン濃度との相関を示すグラフ図である。

[図11]潤滑液としてのアルカリ電解水にAlイオンが溶出されている場合を想定した潤滑液の電気伝導度とAlイオン濃度との相関を示すグラフ図である。

[図12]潤滑液としてのアルカリ電解水にCuイオンが溶出されている場合を想定した潤滑液の電気伝導度とCuイオン濃度との相関を示すグラフ図であ

る。

発明の最良の実施形態

[0038] 以下、本発明の機械加工プロセスの品質管理システム（第一の本発明）、潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置（第三の本発明）及びこのシステムで利用する工作機械用の潤滑液の実施形態を例示する。まず、第一の本発明の機械加工プロセスの品質管理システム（以下、単に「品質管理システム」とも称する。）の実施形態について例示説明しつつ第三の本発明の潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置を適宜例示説明する。なお、図２～図６に示す参照番号において図１に示すものと末尾２桁の数字が同一のものは同種のもを意味している。

[0039] 《機械加工プロセスの品質管理システム及び潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置について》

図１は本発明の第一の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システム１００を示す略ブロック図である。ここで示す工作機械１０２は、フライス加工、ドリル穴孔加工等の切削加工を行う。この工作機械１０２では、切削加工部近傍に供給する加工液（ここでは「切削液」と称する。）を工作機械１０２で循環する流路を有しており、その循環流路中に切削液を一旦、回収・貯留する切削液タンク（加工液貯留タンク）１０６を有している。切削液タンク１０６内に貯留された切削液（摺動用の作動液の回収液も含まれる）は、ポンプ等（図示せず）により再び切削加工部に供給される。なお、図１では切削液の循環流路は省略している。

[0040] また、切削液タンク１０６は、切削液や摺動液の原液を貯留した潤滑原液貯留タンク１１０と繋がった供給管１１４から潤滑原液が供給される。また、品質管理システム１００では、切削液タンク１０６内の電気伝導度を調整するためにアルカリ電解水生成装置１０８（第三の本発明の実施形態）が工作機械１０２に備え付けられる又は外部に据え付けられている。アルカリ電解水生成装置１０８～６０８は、本機械加工プロセスの品質管理システム１００～６００で使用される各種加工機（工作機械）で実行する加工プロセス

において要求されるアルカリ電解水の電気伝導度を予め設定又は再設定可能して適正なアルカリ電解水（後述）を生成するものであり、本機械加工プロセスの品質管理システム１００～６００の専用装置である。図１の例では、アルカリ電解水生成装置１０８に繋がる供給管１１２から所望量のアルカリ電解水が切削液タンク１０６に供給され、切削液タンク１０４又はその周囲には電気伝導度計１０４を有する電気伝導度モニタリング装置１０４が設けられ、少なくとも切削液タンク１０６内に貯留する切削液やアルカリ電動水、摺動液の混合液の電気伝導度をモニタリング（計測、表示）している。

[0041] また、詳細には本品質管理システム１００に利用されるアルカリ電解水の試験検証結果とともに後述するが、アルカリ電解水は、例えば、炭酸カリウムを電解質とし得られる水酸化カリウムを含むアルカリ水であり、潤滑原液としてはpH 7～10.5程度のpH調整作用をもつ水溶性ポリマーが含まれ防錆効果を有する原液がそのまま投入され、アルカリ電解水生成装置１０８からのアルカリ電解水が強アルカリ電解水として混合されて切削液タンク１０６内に供給される。

[0042] 次に、図２には第一の本発明の第二の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システム２００の略ブロック図が示されている。なお、図２～図６の第二～第六の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システム２００～６００では、図１等との相違部分について重点的に説明し、同一又は近似の部分については簡述又は省略する。

[0043] 図２においても図１同様に工作機械２０２は、フライス加工、ドリル穴孔加工等の切削加工を行い、切削液（加工液）を工作機械２０２で循環する流路中に切削液を回収・貯留する切削液タンク（加工液貯留タンク）２０６を有している。また、切削液タンク２０６内に貯留された切削液は、ポンプ等（図示せず）により再び切削加工部に供給され、切削液タンク２０６には潤滑原液貯留タンク２１０と繋がった供給管２１４から潤滑原液が供給される。また、切削液タンク２０６内の電気伝導度を調整するために専用装置としてのアルカリ電解水生成装置２０８に繋がる供給管２１２から所望量のアル

カリ電解水が切削液タンク 206 に供給され、切削液タンク 206 又はその周囲には電気伝導度計 204 を有する電気伝導度モニタリング装置 204 が設けられ、少なくとも切削液タンク 206 内に貯留する切削液やアルカリ電動水、摺動液の混合液の電気伝導度をモニタリング（計測、表示）している。これらの構成は図 1 の例と略同様である。

[0044] 上記構成に加え、図 2 の機械加工プロセスの品質管理システム 200 では電気伝導度計 204 で計測された結果により切削液タンク 206 内の混合液の電気伝導度を調整する制御構成を有している。具体体には、電気伝導度計 204 で計測された切削液タンク 206 内のアルカリ電解水と潤滑原液（摺動液の回収分も含む）の電気伝導度を電気伝導度計 204 からの計測データをフィードバックして予め設定した範囲外である場合には、潤滑原液貯留タンク 210（又はその貯留タンク）とアルカリ電解水生成装置 208 とからそれぞれ潤滑原液とアルカリ電解水を供給管 214、208 に自動滴下する制御を行う（フィードバック信号を示す参照番号 218、217 参照）。この自動滴下制御は、電気伝導度計 204 で計測された電気伝導度が前記予め設定した範囲内に到達すると終了する。又は、切削液タンク 206 内のアルカリ電解水と潤滑原液の電気伝導度を電気伝導度計からの計測データが予め設定した範囲外である場合に、その範囲内の到達するまでに必要な潤滑原液及びアルカリ電解水の容量や潤滑原液貯留タンク 210 及びアルカリ電解水生成装置 208 から自動滴下時間を算出し、滴下工程を実行する制御を行う。

[0045] 次に、図 3 には第一の本発明の第三の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システム 300 の略ブロック図が示されている。また、ここでは図 3 の例に近似する図 5 に示す第五の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システム 500 の略ブロック図についても同時に説明する。図 3、図 5 においても図 1～図 2 同様に工作機械 302、502 は、フライス加工、ドリル穴孔加工等の切削加工を行い、切削液（加工液）を工作機械 302、502 で循環する流路中に切削液を回収・貯留する切削液タンク（加工液

貯留タンク) 306、506を有しており、切削液タンク306、506内に貯留された切削液は再び切削加工部に供給される循環流路を形成している。また、切削液タンク304、504又はその周囲には電気伝導度計304、504を有する電気伝導度モニタリング装置が設けられ、少なくとも切削液タンク306、506内に貯留する切削液やアルカリ電動水、摺動液の混合液の電気伝導度を電気伝導度計に204、504よりモニタリングしている点も図1～図2の例と略同様である。

[0046] 但し、図3の機械加工プロセスの品質管理システム300では、潤滑原液貯留タンク310、専用装置としてのアルカリ電解水生成装置308、508から切削液タンク306への流路過程において潤滑原液とアルカリ電解水とを一旦、混合して貯留する混合部320が設けられている。一方、図5の機械加工プロセスの品質管理システム500も潤滑原液貯留タンク510、アルカリ電解水生成装置508からの潤滑原液とアルカリ電解水とを一旦、混合して貯留する混合部320が設けられているが、図5の例では、専用装置としてのアルカリ電解水生成装置508から供給されるアルカリ電解水は混合部516に至る流路（供給管515、512参照）において一旦、アルカリ電解水貯留タンク509で貯留されてから混合部516に供給される。この構成を採用すると加工機502がアルカリ電解水生成装置を備えていない場合にも本発明の機械加工プロセスの品質管理システム500に適正な専用のアルカリ電解水生成装置508をアルカリ電解水貯留タンク581に流体的に接続することで容易に図3の機械加工プロセスの品質管理システム300と同様のシステムを構築することができる。

[0047] 具体的には、図3、図5の例では潤滑原液は潤滑原液貯留タンク310、510から供給管314、514を経由して混合部316、516に供給され、アルカリ電解水は、アルカリ電解水生成装置308から供給管312を経由して又はアルカリ電解水生成装置508から供給管512、アルカリ電解水貯留タンク581、供給管512を経由して、潤滑原液と同じ混合部316、516に供給されている。その後、混合部316、516から潤滑原

液とアルカリ電解水の混合液が供給管 3 2 0、5 2 0 を介して切削液タンク 3 0 6、5 0 6 に供給されている。

[0048] また、図 3、図 5 の例においても図 2 の例と同様に電気伝導度計 3 0 4、5 0 4 の計測データをフィードバックして潤滑原液とアルカリ電解水の供給制御することで切削液タンク 3 0 6、5 0 6 内の混合液の電気伝導度を調整しているが、上記のように流路過程において混合部 3 1 6、5 1 6 が介在することによりフィードバック信号の送信先が追加されている。具体的には、電気伝導度計 3 0 4、5 0 4 で計測された切削液タンク 3 0 6、5 0 6 内の混合液の電気伝導度の計測データをフィードバックしてアルカリ電解水生成装置 3 0 8、5 0 8 や潤滑原液貯留タンク 3 1 0、5 1 0 からの供給量制御する構成（参照番号 3 1 8 及び 3 1 7、参照番号 5 1 8 及び 5 1 7）に加え、切削液タンク 3 0 6、5 0 6 内の混合液の電気伝導度の計測データをフィードバックして混合部 3 1 6、5 1 6 からの供給量も制御する構成（参照番号 3 2 0、5 2 0）を追加し、切削液タンク 3 0 6、5 0 6 に供給される最下流の混合液の電気伝導度を調整制御している。

[0049] 次に、図 4 には第一の本発明の第四の実施形態としての機械加工プロセスの品質管理システム 4 0 0 の略ブロック図が示されている。図 4 の例においても工作機械 4 0 4 で循環する流路中に切削液を回収・貯留する切削液タンク（加工液貯留タンク）4 0 6 内に貯留された切削液を切削液タンク 4 0 8 又はその周囲に設けられた電気伝導度計 4 0 4 を有する電気伝導度モニタリング装置でモニタリングし、その計測データをフィードバックして潤滑原液とアルカリ電解水の供給制御することで切削液タンク 4 0 6 内の混合液の電気伝導度を調整している点では、図 2 ～図 3 の例と同様である。

[0050] 但し、図 4 の機械加工プロセスの品質管理システム 4 0 0 では、複数の工作機械 4 0 2 a ～ 4 0 2 c における切削液の電気伝導度を同時にモニタリングし、潤滑原液とアルカリ電解水の供給量を制御することで中央集中的に電気伝導度を管理している点が図 2 ～図 3 のシステムより発展的である。

[0051] 図 4 の機械加工プロセスの品質管理システム 4 0 0 では、複数の工作機械

404として例えば、フライス加工を行う加工機402a、ドリル穴孔加工を行う加工機402b、鋸盤としての加工機402cを同時管理する例が示されている。まず、加工機402a～402cで循環させる切削液を同じ切削液タンク406に統一的に回収・貯留させており、各加工機402a～402cごとに備える電気伝導度計404a～404cにより切削液タンク406内の切削液の電気伝導度をモニタリング（計測、表示）している。

[0052] また切削液タンク406と同様に、切削液タンク406への潤滑原液及びアルカリ電解水の供給を行う潤滑原液貯留タンク410及び専用装置としてのアルカリ電解水生成装置408とこれらからの供給管414、412も統一されている。また、図4の例においても図2～図3の例と同様に電気伝導度計404の計測データをフィードバックして潤滑原液とアルカリ電解水の供給制御することで切削液タンク406内の混合液の電気伝導度を調整しているが、各加工機（工作機械）402a～402cごとにそれぞれの電気伝導度計404a～404cでの計測データをWi-Fi経由等で無線送信して（点線426a～426c参照）、アルカリ電解水生成装置408に接続する外部PC422のディスプレイ（電気伝導度計測画面）上に各加工機402a～402cに対応するウィンドウ424内で同時に表示する（参照番号424a～424c参照）。

[0053] また、各加工機402a～402cごとの電気伝導度計404a～404cで計測された切削液タンク406内の混合液の電気伝導度の計測データは、フィードバックしてアルカリ電解水生成装置408や潤滑原液貯留タンク410の供給管414、412からの潤滑原液及びアルカリ電解水の供給量を制御する構成を採用している（参照番号418、417）。また、電気伝導度計404a～404cはフィードバック信号の送信（参照番号418、417）と同時に、潤滑原液及びアルカリ電解水の供給量（時間当たりの自動滴下量、自動滴下時間等）を上記外部PC422のディスプレイ422（電気伝導度計測画面）上の各ウィンドウ424a～424cに表示する。

[0054] 最後に図6には図5の変形例としてフライス用ミスト、ドリル用ミスト、

プレス用潤滑液等を放出工程を有する加工機（工作機械）を想定した第一の本発明の第六の実施形態の機械加工プロセスの品質管理システム600の略ブロック図が示されている。図6においても図5の例と異なり、加工液の循環流路を形成せず、図5のように加工液を回収・貯留しておく切削液タンク504のごときを有していない。したがって、電気伝導度計604を有する電気伝導度モニタリング装置は、潤滑原液及びアルカリ電解水を混合して一旦、貯留する混合部616から混合液を供給する最下流、すなわち混合部616に繋がった供給管620内の混合液の電気伝導度を計測・管理することとしている。

[0055] また、図6の例においても図5の例と同様に、専用装置としてのアルカリ電解水生成装置608から供給されるアルカリ電解水は混合部616に至る流路（供給管615、612参照）において一旦、アルカリ電解水貯留タンク609で貯留されてから混合部616に供給される構成を採用しており、電気伝導度計604で計測された供給管620内の混合液の電気伝導度の計測データをフィードバックしてアルカリ電解水生成装置608や潤滑原液貯留タンク610、混合部616からの供給量制御する構成（参照番号618、617及び619）を採用し、混合部621から供給され、加工機602における加工箇所に出放される混合液の電気伝導度を調整制御している。

[0056] なお、上述してきた図1～図6の機械加工プロセスの品質管理システム100～600において、切削液タンク106～506や供給管620内の潤滑原液とアルカリ電解水との混合液の電気伝導度を電気伝導度計104～604によりモニタリング管理してきたが、本機械加工プロセスの品質管理システム100～600では、電気伝導度の計測に加えて糖度（Brixs%計測等）や濃度、pHの計測を組み合わせ管理することもある。また、詳細には後述するように電気伝導度の計測精度を向上させるために電気伝導度計による計測と同じ混合液の金属イオン濃度を計測することもある。さらに、本機械加工プロセスの品質管理システム100～600における加工液の総液量を管理するために水位計を用いて切削液タンク106～506や混合部616

の液面高さを計測することもある。

[0057] 《潤滑液（加工液）としてのアルカリ電解水及びその液管理における指標について》

次に、上述してきた第一の本発明の本機械加工プロセスの品質管理システム100～600及びその専用装置としての第二の本発明の潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置108～608に使用される加工液としての電解水について説明する。表1～表3及び図7～図9に示すように各種潤滑液の様式濃度をpH、糖度及び電気伝導度の3つの変数を比較したところ、これらの変数はすべて異なる挙動を示しており、以下、詳細に説明するとともにそれぞれの変数が潤滑液（加工液）として液管理する際の指標として適正であるか考察する。

[0058] 表1には、各pHの電解水、純水及び水道水や原液に対する各希釈濃度（wt%：重量%）のアルカリ電解水及び市販油について、これらの電気伝導度とBrix%の計測試験結果が一覧として示されている。

[0059] 汎用エマルジョン潤滑液とpH、糖度及び電気伝導度との相関について

まず、表1第14段～第17段、図9及び表3から一般に潤滑液（加工液）として使用する汎用のエマルジョン（表1第14段～第17段に示す「市販ME」：油性剤配合エマルジョン水道水10wt%希釈）では、その原液及び原液に対する希釈濃度（20wt%～2wt%）を問わず、pH、電気伝導度、糖度（Brix%）のいずれも十分な測定できていないことがわかる。したがって、鉱物油などの油性材料を多く含む汎用のエマルジョン型の油剤を潤滑液（加工液）として用いる場合、液管理の視点からは正しくモニタリングできる指標がなく、オペレータの経験管理以上の液管理ができていなかったことが検証された。

[表1]

電気伝導度及びBrix%測定試験結果								
電化水	pH (純水希釈)	9.5	10.5	11.5	12.5			
	電気伝導度	0.854ms	8.31ms	77.3ms	697ms			
純水	電気伝導度	0.178ms						
水道水	電気伝導度	15.52ms						
純工業水	9P希釈液 (pH12.5)	原液	45wt%	30wt%	20wt%	10wt%	5wt%	2wt%
	有効成分濃度	6.3wt%	30wt%	20wt%	12.8wt%	6.2wt%	3.15wt%	1.26wt%
	Brix%	29.5	24	17.7	12.4	6.2	3.2	1.3
	電気伝導度(両測定距離2/2液体)	202ms	581ms	600ms	552ms	413ms	317ms	386ms
	溶剤割合1wt%混合液希釈後Brix%				15.0-18.5			
	5分静置				12.5			
	溶剤割合3wt%混合液希釈後Brix%				12.3			
	5分静置				11.8-12.2			
と同等電気伝導度					測定値511ms			
	有効成分濃度	原液	-	-	20wt%	10wt%	5wt%	2wt%
	Brix%				33.3/28.4/24.5/18.5/14.5/12.2			
	電気伝導度				測定値410-110ms不変			
	溶剤割合濃度							

[表3]

	Brix%	電気伝導度
測定1	33.2	ERROR
測定2	26.9	40
測定3	20	100
測定4	14.9	ERROR

[0060] 電解水の糖度 (Brix%)、pH及び電気伝導度との関係について

表 1 最上段及び第四段では、pH12.5の電解水（表 1 では「電化水」と表記）を純水で希釈した場合の電気伝導度の測定結果は示されている。また、図 7 は表 1 の最上段から第四段までの測定結果を抽出して各pHの電解水、純水及び水道水とその電気伝導度とを示すグラフ図である。ここでpHはアルカリ領域ではその液体に水酸化イオン「OH-」（以下、単に「水酸化イオン」又は「OH-」とも称する。）がどれくらい存在しているかを表す単位であり、pHが 1 上がると水酸化イオン数は10倍に上昇し、pHが 1 下がると水酸化イオン数は10分の1に減少し、アルカリ領域ではpHの数値が大きい方が水酸化イオン濃度が高くなるものである。表 1 の測定試験結果では、pH12.5の電解水を純水で10倍に希釈（pH予測値11.5）した液の電気伝導度は77.3msとなり、約1／9となった。一方、純水で10倍に希釈した電解水（pH予測値10.5）の電気伝導度は8.318msとなり、約1／9になった。さらに純水で10倍に希釈した電解水（

pH予測値9.5)の電気伝導度は0.858msとなり、約1/10になった。

[0061] この測定結果において、電気伝導度8.31msは水道水の1/2、電気伝導度0.858は、水道水より大幅に小さい値となり、純水にて100倍に希釈すると水道水の電気伝導度より低い値となるため、電気伝導度が水酸化イオン濃度（pH）の単純理論値（図7の※の点線部参照）と一致しなかった。これは純水や水道水では不純物の含有量が微量であっても電気伝導度への影響が大きく、純水や水道水ではpHの理論値に基づいて電気伝導度を指標として液管理することは難しいことがわかる。したがって、純水や水道水を加工液に使用していた放電加工やウォータージェット加工であっても液管理の観点からは好ましくないことがわかる。一方、所定値以上のpHを有する電解水（アルカリ電解水）の場合、pHと電気伝導度とに正の相関があることがわかる。したがって、アルカリ電解水工作機械の加工液等の潤滑液として使用する場合、電気伝導度による液管理の指標となり得る可能性があることがわかる。以上により、工作機械の加工液等の潤滑液としてはアルカリ電解水を用いて、その電気伝導度を液管理の指標することが好ましいとがわかった。

[0062] 次に、表1の第5段～第13段には本出願人が開発した工作機械の潤滑液（加工液）専用の原液12.5pHのアルカリ電解水（表1及び下記では「電解水専用液SP」と表記）の濃度を原液から純水で希釈して変化させ、各濃度（原液、45wt%～2wt%）の電解水専用液SPの有効成分濃度、糖度（Brix%）、電気伝導度を測定した結果が示されている。また図8は、横軸を共通の電解水専用液SPの各溶質濃度wt%の有効成分濃度とし、その溶質濃度wt%の有効成分濃度に対する電気伝導度の計測値（図8（a））、pH（図8（b））、糖度（Brix%）の計測値（図8（c））を示すグラフ図である。なお、図8のグラフ図では電解水専用液SPの濃度が原液（希釈濃度100wt%=有効成分濃度63wt%）、希釈濃度45wt%（=有効成分濃度30wt%）、希釈濃度30wt%（=有効成分濃度20wt%）、希釈濃度20wt%（=有効成分濃度12.6wt%）、希釈濃度10wt%（=有効成分濃度6.2wt%）、希釈濃度5wt%（=有効成分濃度3.15wt%）、希釈濃度2wt%（=有効成分濃度1.26wt%）ごとに表2に示す電気伝導度msとpHと

糖度 (Brix%) とをプロットしているが (pHは希釈濃度20wt% (=有効成分濃度12.6wt%)までのみプロットしている)、図8のグラフ図では濃度として溶質濃度wt%の希釈濃度そのままを基準とすると、原液の溶質濃度wt%でも有効成分濃度は100wt%より低い値となるため、ここでは有効成分濃度との関係を読み取ることができるよう横軸の溶質濃度wt%を表1の有効成分を基準としてプロットしている。以下、単に溶質濃度と表記するときは有効成分濃度を意味することとする。

ここで表1の5～13段に記載の本出願人が開発した工作機械の潤滑液は、水溶性材料をベースにすることに加えて、鉱物油由来の基油や塩素、硫黄、リン等の元素を含む防腐剤 (バクテリア増殖低減目的) を添加剤として配合せず、水溶性材料のpHを維持することで防腐効果を促進するアルカリ剤を配合している。したがって、本作動液及び加工液を採用すると (i)バクテリア増殖による悪臭を低減できるだけでなく、(ii)従来の油溶性材料の潤滑液の防腐剤に含まれる塩素、硫黄、リン等による作業者の手荒れを防止することにも有益である。

[0063] まず表1の第5段～第8段及び図8の結果から、糖度 (Brix%) は、電解水専用液SPの溶質濃度が原液 (有効成分濃度約60wt%) から有効成分濃度が低下するにつれて、その値が小さくなっていることがわかる (図8 (c) 参照)。その意味では、糖度 (Brix%) は広い溶質濃度の範囲で放射状の正の相関を有することがわかる。したがって、加工液の品質指標として非常に有効なモニタリング変数と一見される。ただし、後述する「摺動オイル (摺動面油) の影響確認」に示すように実際の糖度計により糖度 (Brix%) の計測は、摺動油が混入すると途端に計測糖度がばらつきを持つようになり、実際の工作機械中の機械加工の環境下を考慮すると環境依存しないモニタリング変数として採用することは難しい。

[0064] 一方、電気伝導度については、図8 (a) に示すように電解水専用液SPの溶質濃度が0wt%のときは約700msと高い値を持ち、溶質濃度の少量添加に伴いpHの挙動 (図8 (b) 参照) と同様に電気伝導度は急激に低下している

ことがわかる。低溶質濃度領域ではOH⁻イオンが電気伝導の主たるキャリアであり、溶質添加に伴いpHが低下すると同時に電気伝導度も低下するためである。これに対して、溶質濃度が3wt%を超えると電気伝導度は増加に転じ、20wt%まで溶質濃度の増加に対して正の相関を有していることがわかる。これは、溶質濃度が増えていくとOH⁻イオンは溶質濃度のpH調整機能によって安定化されるが、溶質中のイオン化成分が電気伝導を担うキャリアとなるために、溶質濃度と電気伝導度は正の相関をもつようになるからであると推察できる。この電気伝導度と溶質濃度が正の相関を有する領域（図8（a）では約2wt%～25wt%）は、まさに切削等加工の潤滑性と冷却性とを兼ね備える最適加工領域であり、実際に実用する溶質濃度領域（実用管理濃度領域）である。したがって、電気伝導度は、加工液の品質指標として実用的に最適なモニタリング変数であることがわかる。

[0065] また、電気伝導測定は、以下の「摺動オイル（摺動面油）の影響確認」に示すように摺動油の混入に対して、プローブの感度低下が低く、モニタリング指標として実工作機械環境において大変有効に働くこともわかった。原液（有効成分濃度63wt%）～有効成分濃度20wt%まで増加しており、上限値が有効成分濃度0wt%～20wt%の中間点約25wt%に存在することがわかる。さらに、電気伝導度は有効成分濃度が小さくいくにつれて低下し、下限値が有効成分濃度3.15wt%～1.26wt%の中間点に存在することがわかる。したがって、電気伝導度は有効成分濃度が約25wt%～2wt%においてのみ正の相関を有し、その意味で電気伝導度を指標とする場合、溶質濃度（有効成分濃度）の約25wt%～2wt%の範囲が液管理の指標となり得る実用管理濃度となっていることがわかった。すなわち、電解水専用液SPにおいて、溶質濃度（有効成分濃度）2～25wt%程度までは電気伝導度が切削液等の加工液（潤滑液）の性能をモニタリングする指標として適しており、この範囲外の場合は適宜、Brix%のモニタリングを組み合わせることも可能である（Brix%及びpHだけによる液管理の困難性は前述及び後述）。

[0066] 摺動オイル（摺動面油）の影響確認

図8からもわかるように工作機械の切削液等の潤滑液（加工液）が理想的な綺麗な状態であれば糖度（Brix%）にてある程度濃度を把握することが可能である。しかしながら、加工現場においては、混入する機械油の影響により理想的な状態は維持されないものであり、加工液に摺動オイルが混入することによって、糖度（Brix%）の測定結果がばらつきを持つようになっていることがわかる。具体的には、表1の第9段～第13段やこの測定結果を抜き出した下記表2に示すように電解水専用液SPの試験液に摺動面潤滑油を1wt%添加し混合するだけで、糖度（Brix%）の測定値は影響を受け始め、摺動面潤滑油を3wt%添加した場合、5分にはBrix%が測定不能（HHH＝値が安定せずホールドできない）となっている。これに対して、電気伝導度は糖度計（Brixメーター）では計測できないような摺動面潤滑油を3wt%添加し混合する条件下においても、清浄な時と比較すると値に10%程度の差があるものの測定可能であった。

[表2]

	基準	摺動オイル1wt%		摺動オイル3wt%	
		混合直後	混合5分後	混合直後	混合5分後
SP20wt%	—	—	—	—	—
Brix%	12.4	13.0～13.5	12.5	12.3	ERROR
電気伝導度ms	304 (552)	—	—	—	270 (501)

[0067] 以上の測定結果及びその考察により、アルカリ電解水をベースとする潤滑液の管理に対して、電気伝導度測定が、従来の糖度測定やpH測定に比して工作機械の液管理の指標として実用的かつ有効であるという知見を得た。この知見に基づいて上述してきた本発明の機械加工プロセスの品質管理システムは創作されたものである。また、実用的な範囲外でのモニタリングを所望する例外的事情又は既存の糖度（Brix%）やpHによるモニタリングを行っているシステムに本発明の機械加工プロセスの品質管理システムや潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置を導入するような場合には、上記測定結果を参考にしつつ、適宜、糖度（Brix%）やpHのモニタリングを組み合わせることも可能である。また本発明に用いるアルカリ電解水をベースとする工作機械用の潤滑液は、鉱物油由来の添加剤と、防腐剤を含まないために、廃棄不要

であり廃液コストを無くすことと併せて大幅に環境負荷を低減させる。さらに、本アルカリ電解水をベースとする潤滑液が腐敗せず廃棄不要であることは、蒸発分の液補充を除いて基本的に加工液が減少しないこと意味している。したがって、本発明の品質管理システムで半永久的に運用する潤滑液として最適である。

[0068] 電気伝導度(mS/m)の実測値の補正について

一方、本アルカリ電解水をベースとする潤滑液が基本的に半永久的に廃液処理不要であるとは言え、実際には長期間加工を実行すると加工時に発生する切り屑等（スラッジ）が潤滑液内に混入され、このスラッジによって潤滑液の電気伝導度の測定精度に影響を与えることがわかってきた。

[0069] 具体的には、加工により発生するスラッジが潤滑液内に長期間滞留するとスラッジを構成する金属粉から金属イオンの形で溶出が起き、潤滑液内の金属イオン濃度が増加する。金属イオン濃度が増加すると増加分だけ電気伝導度が増加（ドリフト）して正確なアルカリ電解水の電気伝導度、溶解濃度を検知できていないことがわかってきた。

[0070] 図10～図12はそれぞれ、本アルカリ電解水をベースとする潤滑液濃度（切削液濃度）の電気伝導度に及ぼすFeイオン濃度、Alイオン濃度、Cuイオン濃度の影響を示すグラフ図である。図10では、潤滑液としてのアルカリ電解水にFeイオンが溶出されている場合を想定しており、上段の（a）では、種々の添加量のFeイオンを潤滑液に強制的に混ぜて作成した4つのFeイオン濃度（ppm）の溶液に対して、それぞれの濃度の溶液の電気伝導度の実測値(mS/m)をプロットし（三角印）、プロットされた4点の実測値からFeイオン濃度に対する電気伝導度の相関曲線をグラフ化している。また、下段の（b）では、Feイオンの影響を除いたグラフ図が示されており、上段（a）に示す4つのFeイオン濃度（ppm）の溶液における電気伝導度の実測値（ppm：三角印）から、それぞれFeイオンを含まない溶液の電気伝導度の実測値（最左端の三角印）を減算した値(mS/m)をプロットし（丸印）、このプロットからFe濃度の変化量に対する電気伝導度の変化量の相関曲

線をグラフ化している。

[0071] 同様に、図 1 1 及び図 1 2 では、上段の (a) では、種々の添加量の A l イオン濃度、C u イオン濃度 (ppm) の溶液に対して、それぞれの濃度の溶液の電気伝導度の実測値 (mS/m) をプロットし (三角印)、プロットされた 4 点の実測値から A l イオン濃度、C u イオン濃度に対する電気伝導度の相関曲線をグラフ化している。また、下段の (b) では、上段 (a) に示す 4 つの A l イオン濃度、C u イオン濃度 (ppm) の溶液における電気伝導度の実測値 (ppm : 三角印) から、それぞれ A l イオン、C u イオンを含まない溶液の電気伝導度の実測値 (最左端の三角印) を減算した値 (mS/m) をプロットし (丸印)、このプロットから A l 濃度、C u 濃度の変化量に対する電気伝導度の変化量の相関曲線をグラフ化している。なお、図 1 0 ~ 図 1 2 に示す実験には、株式会社 SRT 製 PROGRESS S (オイルフリー切削液 : トリエタノールアミン、合成潤滑剤、潤滑添加剤の電解水溶液からなる) をアルカリ電解水で希釈した加工液を使用した。

[0072] 具体的には、図 1 0 に示すようにアルカリ電解水への F e イオンの添加量が、0 (ppm (添加なし))、3 0 (ppm)、6 0 (ppm)、9 0 (ppm) の場合、それぞれの電気伝導度の実測値は、1, 155 (mS/m)、1, 572 (mS/m)、1, 982 (mS/m)、2, 389 (mS/m) であり、上段 (a) に示す相関曲線が示された。また、F e イオンを添加していない場合 (0 (ppm) の場合) との電気伝導度の差 (補正值) は、それぞれ 0 (mS/m)、417 (mS/m)、827 (mS/m)、1, 234 (mS/m) であり、下段 (b) に示す相関曲線が示された。

[0073] また、図 1 1 に示すようにアルカリ電解水への A l イオンの添加量 (金属イオン濃度) が、0 (ppm (添加なし))、3 0 (ppm)、6 0 (ppm)、9 0 (ppm) の場合、それぞれの電気伝導度の実測値は、1, 155 (mS/m)、1, 531 (mS/m)、1, 896 (mS/m)、2, 260 (mS/m) であり、上段 (a) に示す相関曲線が示された。また、A l イオンを添加していない場合 (0 (ppm) の場合) との電気伝導度の差 (補正值) は、それぞれ 0 (mS/m)、376 (mS/m)、741 (mS/m)、1, 106 (mS/m) であり、下段 (b) に示す相関曲線が示された。

- [0074] さらに図12に示すようにアルカリ電解水へのCuイオンの添加量（金属イオン濃度）が、0 (ppm(添加なし))、30 (ppm)、60 (ppm)、90 (ppm)の場合、それぞれの電気伝導度の実測値は、1,155(mS/m)、1,427(mS/m)、1,689(mS/m)、1,951(mS/m)であり、上段(a)に示す相関曲線が示された。また、Cuイオンを添加していない場合（0 (ppm)の場合）との電気伝導度の差(補正值)は、それぞれ0(mS/m)、272(mS/m)、534(mS/m)、796(mS/m)であり、下段(b)に示す相関曲線が示された。
- [0075] 上記実験結果から、Feイオン、Alイオン及びCuイオンのいずれの場合も、上段(a)の電気伝導度の実測値、及び下段(b)の金属イオンを添加しない場合の電気伝導度の相関曲線が概ねリニア（直線的）であることがわかる。したがって、工作機械の工具やワークで潤滑液への溶出金属イオンが想定できれば、図10～図12の下段(b)に示すような種々の溶出金属イオン濃度の変化に対する電気伝導度の変化量の相関曲線（直線）を校正曲線として用いて、金属イオンの影響を受けない電気伝導度を算出可能であることがわかる。
- [0076] まず、図10～図12の下段(b)のような種々の金属イオン濃度と電気伝導度との相関（相関曲線）を校正曲線として設定しておく。次に、実際に工作機械で加工プロセスを実行しながら所定の金属イオン濃度検出手段（後述）により、潤滑液としてのアルカリ電解水の電気伝導度と溶出金属の金属イオン濃度とを実測し、前記校正曲線から実測された金属イオン濃度に応じた電気伝導度への影響分（補正值）を算出して実測値の電気伝導度から減算する補正を行うことで、溶出金属が含まれない潤滑液の電気伝導度を算出することができる。これにより、潤滑液の品質を電気伝導度を指標として高精度に管理することができる。なお、溶出金属イオン濃度による電気伝導度のずれ量（電気伝導度への影響分）を補正するための図10～図12の下段(b)のような校正曲線は、本機械加工プロセスの品質管理システムに内蔵するアプリケーションソフトウェアに設定され、潤滑液の電気伝導度を測定する際、該当する校正曲線が都度、呼び出され、電気伝導度の補正を実行する

。

[0077] なお、上述してきた金属イオン濃度は、概ね以下の導出方法で計測される

。

(i) 金属イオン固有の電位を計測することで複数の金属イオン濃度を同時に導出できるサイクリックボルタンメトリー

(ii) 特定金属イオンの吸光度を計測することで濃度計測が可能になる原子吸光法

(iii) 金属イオンの分光分析を行うことで複数金属イオンの濃度を同時に計測することができるICP-AES法(Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectroscopy)

[0078] 以下、上述する電気伝導度を補正の工程について説明する。

まず、アルカリ電解水における金属イオン濃度と電気伝導度への影響について事前に測定・設定するSTEP1～STEP3について説明する。

具体的には、長時間加工で潤滑液内に溶出することが想定される金属イオンのうちの所定の金属イオンについて、所定の金属イオン濃度(ppm)に対する電気伝導度(mS/m)を複数点実測し(STEP1)、実測点から金属イオン濃度(ppm)と電気伝導度(ms/m)との相関曲線(直線)を校正曲線として設定する(STEP2)。この相関曲線は、正の相関(図10～図12の例では一次関数)であることがわかるため、金属イオン濃度(ppm)と電気伝導度(ms/m)との一次関数を校正曲線として記憶する(STEP3)。工作機械や工具、ワーク等により想定される複数の金属イオンについてそれぞれSTEP1～3の工程を実行し、複数の金属イオンに対する電気伝導度の校正曲線を算出・設定する(STEP4)。

[0079] 次に、本機械加工プロセスの品質管理システムにおいて実際に用いられた潤滑液について、その電気伝導度の実測値を補正するSTEP4～STEP9について説明する。

まず、実際に長時間加工した潤滑液(アルカリ電解水)の電気伝導度を測定し(STEP4)、その潤滑液に溶出されている所定の金属イオン濃度(pp

m)を測定する(STEP 5)。STEP 5で測定された金属イオン濃度(ppm)に対して影響を受ける電気伝導度に対してSTEP 3で設定された校正曲線から電気伝導度の増加分を「補正值」として設定する(STEP 7)。なお、STEP 5で濃度測定する金属イオンについて、工作機械、工具、ワークから複数の金属イオンが潤滑液に溶出している場合が想定されるが、上述した金属イオン濃度の導出方法により導出された各金属イオン濃度を分類して、それぞれの金属イオンに重みづけをしてその金属イオン濃度に応じてSTEP 7で算出された補正值を合算したものを「補正值」として設定する(STEP 7')。

[0080] 次に、STEP 4で電気伝導度の実測値からSTEP 7 (及びSTEP 7')で設定された電気伝導度の「補正值」を減算し、スラッジ等により溶出された金属イオンの影響を受けない真の電気伝導度を算出する(STEP 8)。そして、算出された真の電気伝導度を溶質濃度(wt%)に換算する(STEP 9)

[0081] なお、STEP 4～STEP 9の工程は、図8(a)を参照して説明したように電気伝導度が金属イオン濃度(溶解濃度)と正の相関を有する実用管理濃度領域であることを条件し(図8(a)の例では溶解濃度2～25wt%)、本機械加工プロセスの品質管理システム及びこれに用いる工作機械用の潤滑液(アルカリ電解水)では、実用管理濃度で使用され、また通常の使用では潤滑液が実用管理濃度領域の範囲内にあると考えられるため概ね問題とされないが、実用管理濃度領域の範囲内にあるか否かの判定を行う方がより好ましい。

[0082] 以上、本発明の機械加工プロセスの品質管理システム、工作機械用の潤滑液、及び潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置の実施形態について説明してきたが、本明細書及び図面に示す実施形態は一例に過ぎず、本発明は、これに限定されるものではなく、特許請求の範囲の考え方や教示から他の種々の改良例、変形例が存在することは当業者に明白であろう。

符号の説明

- [0083] 100, 200, 300, 400, 500, 600 機械加工プロセスの品質管理システム
- 102, 202, 302, 402, 502, 602 工作機械
- 104, 204, 304, 404, 504, 604 電気伝導度モニタリング装置（電気伝導度計）
- 106, 206, 306, 406, 506 加工液貯留タンク（切削液タンク）
- 108, 208, 308, 408, 508, 608 アルカリ電解水生成装置
- 110, 210, 310, 410, 510, 610 潤滑原液貯留タンク
- 316, 516 混合部

請求の範囲

- [請求項1] アルカリ電解水を含む水溶性の潤滑原液と外部から補充可能なアルカリ電解水との混合液を潤滑液として用いる工作機械の加工プロセスにおいて、該混合後の潤滑液の品質をその電気伝導度でモニタリングして管理する機械加工プロセスの品質管理システム。
- [請求項2] 前記混合後の潤滑液でモニタリングされた電気伝導度は、予め設定された工作機械の加工プロセスにおいて想定される潤滑液中の所定の溶出金属による潤滑液の金属イオン濃度に対する電気伝導度の変化の相関に基づいて、補正される請求項1に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。
- [請求項3] 前記混合液の潤滑液の電気伝導度と所定の溶出金属の金属イオン濃度とを実測し、
前記予め設定された前記所定の溶出金属による潤滑液の金属イオン濃度に対する電気伝導度の変化の相関から、前記実測された金属イオン濃度における所定の溶出金属による潤滑液の電気伝導度の変化量を算出し、
該算出された電気伝導度の変化量を前記実測された電気伝導度の実測値から減算する、
ことで前記混合後の潤滑液でモニタリングされた電気伝導度は、補正される請求項2に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。
- [請求項4] 前記工作機械は、前記潤滑液を回収・貯留して加工液として工作機械に供給する加工液貯留タンクを備え、
該加工液貯留タンクは、潤滑原液貯留タンク又はこれに続く供給管から潤滑原液が供給され、アルカリ電解水生成装置若しくはその貯留タンク又はこれに続く供給管からアルカリ電解水が供給されるものであり、この加工液貯留タンク内の混合液の電気伝導度をモニタリング管理する請求項1～3のいずれか1項に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。

- [請求項5] 前記工作機械は、潤滑原液貯留タンク又はこれに続く供給管から供給される潤滑原液と、アルカリ電解水生成装置若しくはその貯留タンク又はこれに続く供給管から供給されるアルカリ電解水とを混合する混合部を備え、
該混合部によって混合された潤滑原液及びアルカリ電解水の混合液は前記加工液貯留タンクに供給される、請求項4に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。
- [請求項6] 前記工作機械は、潤滑原液貯留タンク又はこれに続く供給管から供給される潤滑原液と、アルカリ電解水生成装置若しくはその貯留タンク又はこれに続く供給管から供給されるアルカリ電解水とを混合する混合部を備え、
該混合部内の潤滑原液及びアルカリ電解水の混合液は、前記混合部に続く供給管から工作機械内に供給され、該供給管内又は前記混合部内の混合液の電気伝導度をモニタリング管理する、請求項1～3のいずれか1項に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。
- [請求項7] 電気伝導度をモニタリング管理する電気伝導度計を備え、
該電気伝導度計からの計測情報から計測されたアルカリ電解水と潤滑原液の混合液の電気伝導度が予め設定した範囲内にあるか否かに応じて、潤滑原液及び／又はアルカリ電解水の必要量と時間あたりの放出量とを設定することを特徴とする請求項4～6のいずれか1項に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。
- [請求項8] 前記工作機械は複数存在し、これに対して潤滑原液及びアルカリ電解水が請求項2又は3に記載の加工液貯留タンク並びに請求項3又は4に記載の混合部のいずれかに集約して供給され、集約された加工液貯留タンク内又は混合部内の混合液を各工作機械に応じてその電気伝導度を計測する電気伝導度計を備え、計測された各電気伝導度計の計測情報を有線又は無線で外部のモニタリング装置が管理し、アルカリ電解水と潤滑原液の混合液の電気伝導度が各工作機械に応じて予め設定

した範囲内にあるか否か判定し、潤滑原液及び／又はアルカリ電解水の必要量と時間あたりの自動滴下量とすることを特徴とする請求項7に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。

[請求項9] 前記工作機械は、旋盤加工、フライス加工、研削加工、ドリル穴孔加工、鋸切断加工、ウォータージェット加工、放電加工、プレス加工、研削加工、研磨加工の少なくとも一つを実行することを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。

[請求項10] 潤滑原液とアルカリ電解水との混合液の電気伝導度をモニタリング管理することに加えて、潤滑原液又はアルカリ電解水又は前記混合液の糖度、濃度、pH、の少なくとも一つ及び金属イオン濃度をモニタリング管理することを特徴とする請求項1～9に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。

[請求項11] 潤滑原液とアルカリ電解水との混合液の電気伝導度をモニタリング管理することに加えて、前記加工液貯留タンク内の前記混合液の水位をモニタリング管理することを特徴とする請求項4，5又は8に記載の機械加工プロセスの品質管理システム。

[請求項12] 請求項1～11のいずれか1項に記載の機械加工プロセスの品質管理システムに用いる、アルカリ電解水を主成分とし、油溶性材料を含まない工作機械用の潤滑液であって、該潤滑液は、防食剤を含まずpH緩衝剤が配合される、ことを特徴とする工作機械用の潤滑液。

[請求項13] 前記アルカリ電解水を主成分とする工作機械用の潤滑液の溶質濃度は、該潤滑液を使用する工作機械及び加工プロセスに応じて予め定めた範囲内をその実用管理濃度として設定される、ことを特徴とする請求項12に記載の工作機械用の潤滑液。

[請求項14] 請求項1～13のいずれか1項に記載の工作機械の加工プロセスの潤滑液として供給される外部から補充可能なアルカリ電解水を生成する潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置であって、該アルカリ電解水

生成装置は、

生成されたアルカリ電解水の放出部が前記混合部、加工液貯留タンク、アルカリ電解水の貯蔵タンク又はこれらに接続する供給管に接続され、生成されるアルカリ電解水の電気伝導度をモニタリングし、工作機械において実行する加工プロセスに応じて生成するアルカリ電解水の電気伝導度を予め設定又は再設定可能である、ことを特徴とする潤滑液生成用のアルカリ電解水生成装置。