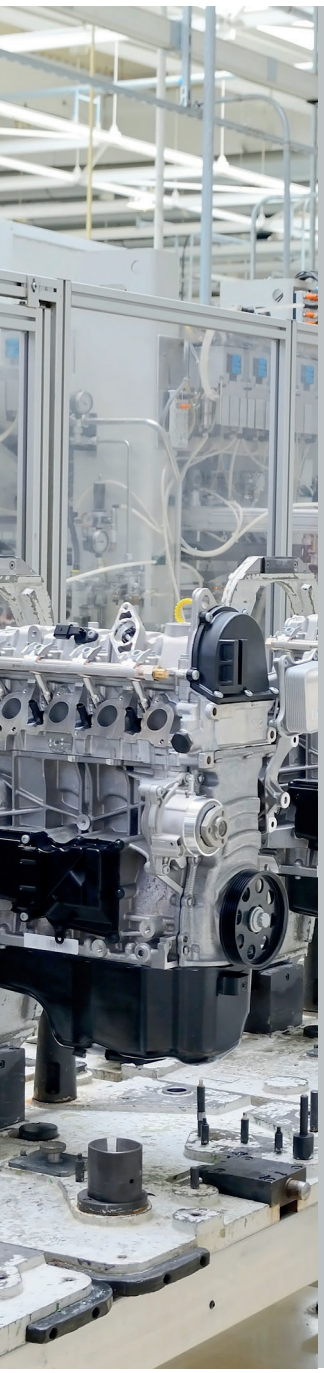
SPECTRO ANALYTICAL INSTRUMENTS
ホワイトペーパー



航空宇宙および自動車用小型部品の高精度分析

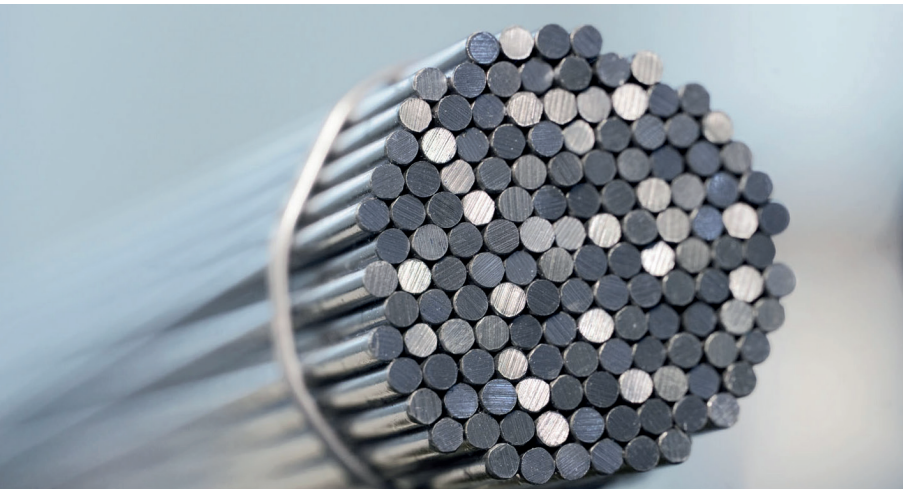
はじめに

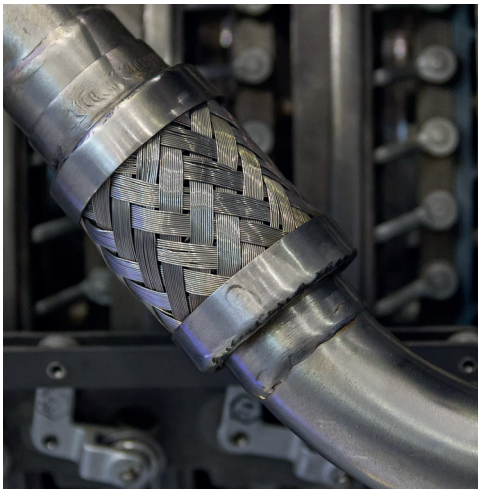
金属加工メーカーの品質管理（QC）および生産管理者にとって、小さな部品は本当に難しい問題です。特に航空宇宙、自動車、その他の重要な産業や用途の顧客は、サプライチェーンのあらゆる段階で厳格なQCを要求します。
そのため、すべての部品がすべての工程ですべての仕様を満たす必要があります。

しかし、最大寸法が約 6cm 未満の金属ワイヤー、ロッド、ネジ、その他のファスナー、および薄い金属板やシートは、分析が難しいことで知られています。
そのため、入出荷材料の検査を行うサプライヤーは、その材料にどのような元素が含まれているかを正確に判断し、文書化することが困難または不可能である場合があります。

このような安全関連の部品に関しては、現実的な問題につながる可能性があります。
法規制による罰則、部品の再加工、完成品のリコール、あるいはさらに大惨事につながる可能性もあります。
時間、資金、評判、プロジェクト、顧客を失うリスクから組織を守るために、金属加工のマネージャーは確信を持っていなければなりません。

本稿では、既存のアプローチの利点と欠点を調査します。
また、SPECTROアナリティカル・インストゥルメンツが提供する2つの装置について説明します。





分析上の課題

分析技術によって、小部品サンプルの分析にはさまざまな困難が伴います。
例えば、アーク／スパークOES分析装置は、汚染を防ぐために測定チャンバー内に密閉されたアルゴンアトモスフィアを維持します。しかし、試料が小さすぎてスパークスタンドの開口部を完全に覆うように適切に配置できない場合、周囲空気中の酸素（O）がチャンバー内に侵入し、酸素親和性の高い試料と結合して測定が台無しになります。また、異常に薄い金属板のような試料は、プラズマ励起の熱によって焼き切れてしまいます。
XRF分析装置は、小さすぎる試料に十分な量のX線を照射することができないため、測定がうまくいかないという別の問題に直面します(これらの技術の詳細と、どのようにして小部品測定を成功させるかについては、下記の「優れた分析装置ソリューション」をご参照ください)。

さらに、旧式の分析装置でも、過去に一般的に使用されていた化学元素の測定には十分であったかもしれません。
しかし、最近の金属産業の発展により、あらゆるサイズの部品を分析するための新たな課題が数多く提示されています：

亜鉛

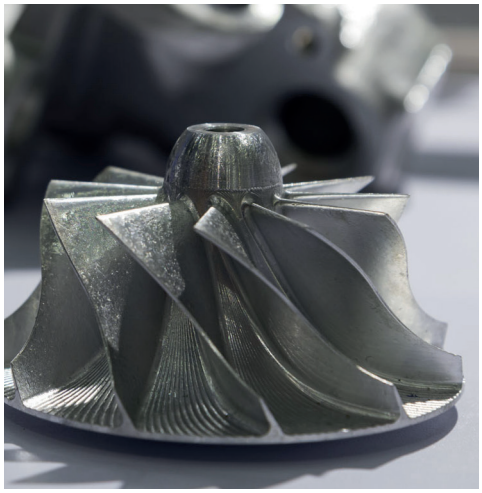
リサイクルの増加に伴い、サプライチェーンに含まれる金属材料は、再利用された金属材料の割合がますます高くなっています。
そのため、分析が容易なニッケルを含む製品に　は、亜鉛（Zn）がかなりの濃度で含まれている可能性があり、現在多くの金属加工工場で使用されている分析装置には課題があります。

タングステン

旧ソ連圏の生産者は、特定の鋼種を製造するのに十分なクロムとコバルトを入手することが困難でした。
そのため、より入手しやすいタングステン（W）で代用することがよくありました。
この元素は現在、特にヨーロッパでは、多くの金属リサイクルとサプライ・チェーンで 見られています。しかし、タングステン含有量の正確な測定は、多くの設置型分析装置の能力を超えている可能性があります。

偽造

金属業界では近年、部品や材料の偽造、あるいはその書類の偽造によって、大小さまざまな不祥事が増加しています。
このため、金属加工企業の経営者は早期かつ頻繁に分析を行う必要性に迫られています。





レアアース

レアアースは、ますます重要な課題となっています。セリウム(Ce)、ネオジム(Nd)、プラセオジム(Pr)などの元素は、マグネシウムベースの鉱石に多く含まれるため、あまり一般的ではないマグネシウム合金に使用されます。
しかし現在では、これらの元素は、より頻繁に使用されるアルミニウム系合金やニッケル系合金の注目すべき元素としても現れています。
ある金属では、希土類は構造強度を高めるために使用される望ましい成分です。また、不要な汚染物質である場合もあります。
希土類が使用される場合、先進的でない定置型分析装置では困難が伴います。

広い元素範囲

最後に、上記で示したように、航空宇宙、自動車、その他のアプリケーションで使用される小型部品用の理想的な分析装置では、以前よりもかなり幅広い種類の元素を正確に分析することが求められます。
以下のようなものが含まれます：

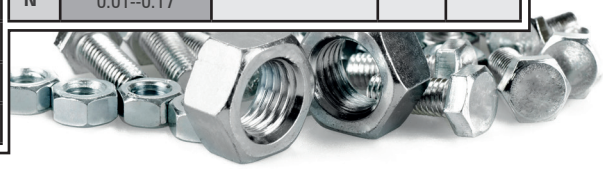


表1：航空宇宙用合金と注目元素

	Fe-Base	Aerospace Common Grades
	Cr-Cr/Ni-steel	Aerospace Alloys
C	0.0015--2.5	17-4
Si	0.005--4.2	15-5
Mn	0.001--15.2	304
P	0.001--0.14	316
S	0.001--0.4	Haynes 90,92
Cr	0.001--32	13-8Mo
Mo	0.001--7	Aeromet 100
Ni	0.0015--43.5	A286
Al	0.001--2.8	310
Co	0.002--21	410
Cu	0.0005--7.2	422
Nb	0.004--3	321
Ti	0.0005--3.2	347
V	0.0005--10	Kovar
W	0.007--6.1	Invar
Pb	0.002--0.11	20Cb3
Sn	0.0005--0.2	
As	0.002--0.12	
Ca	0.0001--0.012	
Sb	0.002--0.23	
Se	0.002--0.3	
Ta	0.02--0.76	
B	0.0002--0.02	
N	0.001--0.5	

	Ni-Base	Aerospace Common Grades
	Ni-Orientation	Aerospace Alloys
C	0.001--1.1	Hastelloy
Si	0.001--5	Inconel 600
Mn	0.0005--4	Inconel 625
P	0.001--2	
S	0.001--0.35	
Cr	0.001--35	Inconel 718
Fe	0.001--54	Alloy 690
Mo	0.0015--34	Alloy X750
V	0.0005--1.1	Waspalloys
Cu	0.0005--41	MarM 247
W	0.005--13	Alloy 713
Co	0.003--21	Alloy 800
Nb	0.003--8	
Al	0.001--7	
Ti	0.001--6.2	
Zr	0.001--0.3	
Sn	0.001--16	
B	0.0001--0.03	
Mg	0.0005--0.75	
Pb	0.001--0.07	
Ta	0.005--11.7	
Hf	0.01--3.0	
Re	0.1-6.4	
N	0.001--0.33	

	Co-Base	Aerospace Common Grades	Al	Ti
	Co-Orientation	Aerospace Alloys		
C	0.001--2.8		7050	6Al 4V
Si	0.001--3.2	Stellite 6B	7075	
Mn	0.0005--1.9	Elgiloy	6061	
P	0.001--0.046	MPN 35		
S	0.0005--0.05		356	
Cr	0.001--34			
Ni	0.0035--28			
Mo	0.0025--10			
Fe	0.003--50.3			
W	0.005--16.2			
V	0.001--9.1			
Al	0.0005--0.96			
Cu	0.0005--0.094			
Nb	0.001--4.2			
Sn	0.001--0.11			
Ta	0.04--10.3			
Ti	0.001--2.4			
B	0.0001--0.077			
Pb	0.0025--0.025			
La	0.0003--0.05			
N	0.01--0.17			



従来の分析方法

現在、航空宇宙産業や自動車産業向けの金属部品のさまざまなサプライヤーは、小部品の元素分析のために数多くのソリューションを利用しています。

発送

社内に適切な分析機器がない場合、サンプルを第三者の検査機関に発送して検査することがあります。
しかし、ほとんどの結果は正確かもしれませんが、取り違えや取り扱いミスが多発する可能性があります。

また、この方法は余分なコストとQCの手間を増やします。もちろん、遅れは桁違いに大きくなります。結果は、数秒や数分ではなく、数日で届きます。

他の分析装置の再利用

金属加工施設の中には、すでに他の作業に使用されている現場燃焼分析装置や湿式化学分析装置を使って小部品検査に取り組んでいるところもあります。
残念なことに、これらの技術による小さな金属試料の準備と処理は非常に時間がかかり、かなり高価です。

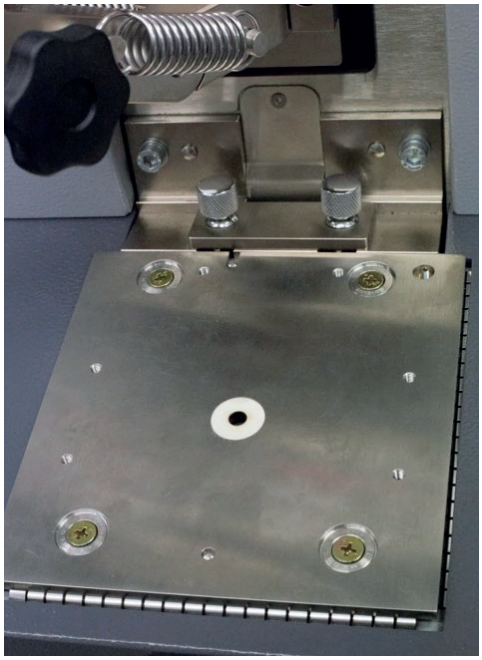


図1：セラミックインサートによる分析

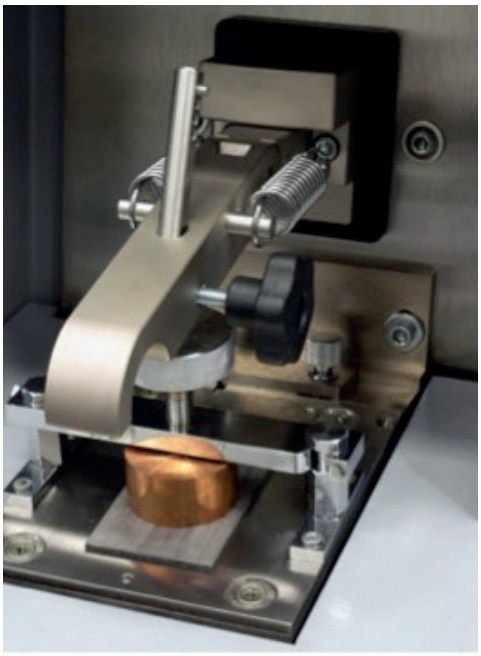


図2：箔の分析

OESまたはXRFによる再溶解と分析

航空宇宙用や自動車用の部品を製造している工場では、通常サイズのサンプルの元素濃度を検査するために、標準的なOESまたはXRF金属分析装置が手元にあることがよくあります。
これらの機器に小部品専用の分析方法がない場合、ユーザーは、分析のためにスパークスタンドに収まる大きさになるまで、小さなワイヤー、ロッド、ファスナーを再溶解またはプレスすることがあります。
しかし、再溶解を行うと、サンプル中の硫黄（S）やリン（P）などの一部の元素が比較的低い気化温度に達するため、元のサンプルの一部が二重に現れる可能性があります。
その結果、元の試料の真の濃度レベルを反映した測定値が得られません。

優れた分析ソリューション

定置型OESとハンドヘルド型蛍光X線分析装置です。

定置型OES

アーク／スパーク発光分光分析（OES）をベースとした先進的な分析装置は、金属加工の世界で最も精密な小物部品検査に選ばれる装置となりました。

例えば、SPECTRO Analytical Instrumentsの定置型金属分析装置SPECTROMAXxは、超精密な"ミルサート"検査を含む入出荷材料のルーチン分析と精密分析の両方を提供します。
アダプタにより、0.8mmの金属試料を正確に位置決めすることができます。
SPECTROMAXxは鋳造分析の主力装置であり、このクラスではマーケットリーダーです。
7世代にわたって改良された技術により、航空宇宙、自動車、その他の重要なアプリケーションの金属加工サプライヤーにも広く使用されています。



SPECTRO-MAXxは、10種類のマトリックス、65種類のメソッド、54種類の元素に対応しており、今日の鉄基合金やアルミナ基合金に含まれる主な元素を網羅しています。
SPECTRO-MAXxは、すでに述べたレアアースや、現在サプライチェーンに出現している亜鉛やタングステンに加えて、微量部品に頻繁に含まれるその他の元素も測定できます。これには、硫黄やリン、炭素（C）、窒素（N）、アルミニウム（Al）、ケイ素（Si）、マグネシウム、リチウム（Li）、ベリリウム（Be）、ホウ素（B）、さらに表1に示した残りの元素が含まれます。

高精度と安定性に加え、測定時間の短縮、生産性の向上、使いやすさ、ランニングコストの低減、メンテナンスの容易さなど、さまざまな特長を備えています。
また、SPECTROのiCALを使用することで、サンプルの標準化を1台で行うことができ、1日あたり最大30分の時間短縮が可能です。
さらに、分析結果のアーカイブ、保存、レポート、標準プロトコルによる簡単な接続が可能な分析アーカイブソフトウェアResults Managerを搭載しています。



ハンドヘルド蛍光X線分析

等級分析が必要な場合、または合金の種類を確認する必要がある場合（迅速な合金チェックのために確認する一般的な等級については表1を参照）、しかし微量分析は必要ない場合、携帯型エネルギー分散型蛍光X線分析装置（ED-XRF）は満足のいく結果をもたらします。

この種の「XRFガン」は、仕上がり品の外観に傷がないことが求められる出荷検査や最終検査にも使用できます。
OES分析とは異なり、XRF検査では金属表面に目に見える表示（「焼け跡」など）は残りません。

例えば、SPECTRO　xSORTハンドヘルドED-XRFスペクトロメーターは、高速で信頼性の高い合金の検証など、宇宙産業や自動車産業で見られる多くのハイスループットな元素試験や分析タスクに対応するように設計されています。
堅牢で、手頃な価格で、携帯性に優れたツールは、工場、倉庫、または現場で、わずか1mmのサンプルでも信頼性の高い結果を提供します。

xSORTの最上位機種は、鉄基合金の品位分析をわずか2秒で行い、アルミニウム、マグネシウム、ケイ素、リン、硫黄などの軽元素に基づく合金を7秒で識別します。
SPECTRO　iCALを搭載し、標準検量線では16マトリックス、46元素の合金と金属を検出します。オプションの内蔵ビデオカメラにより、試料の正確な位置決めと測定スポットの記録が可能です。
また、測定結果をさまざまなフォーマットで保存できます。



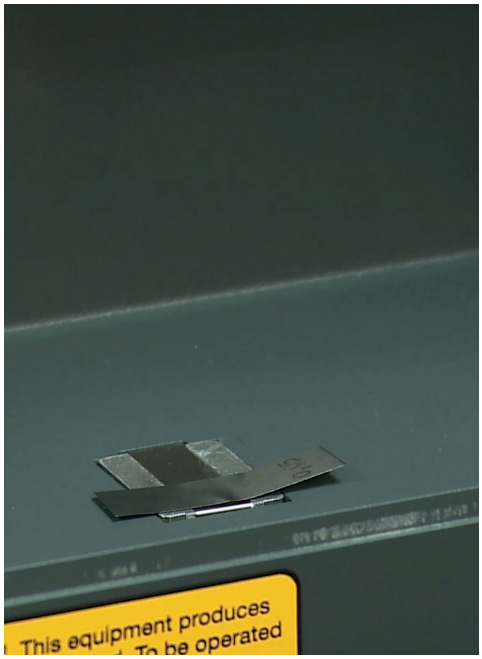


図3：ドッキングステーション内の小型部品 - xSORT

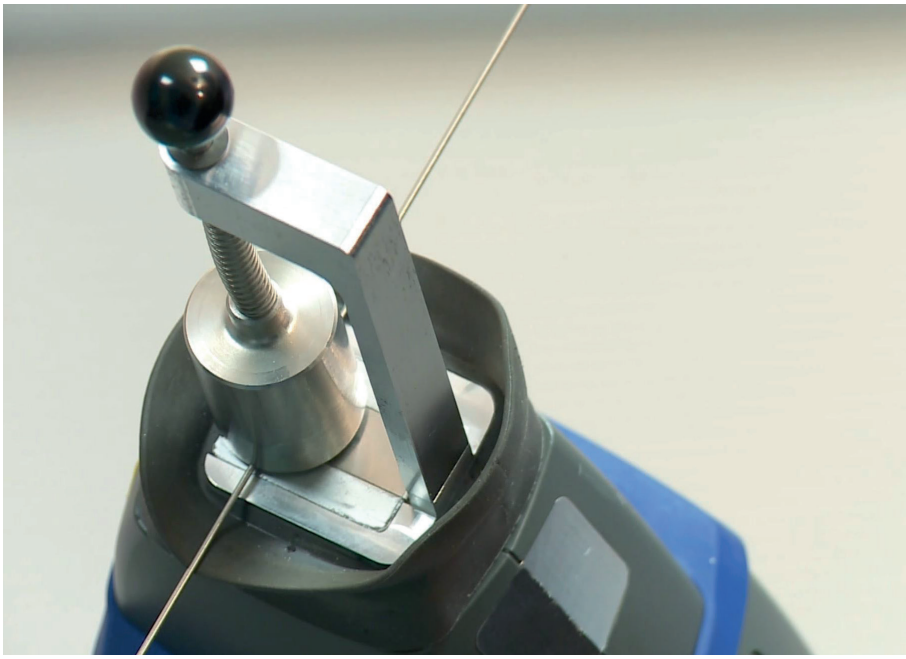


図4：xSORTと小型部品アダプターとワイヤー

重要：試料の位置決め

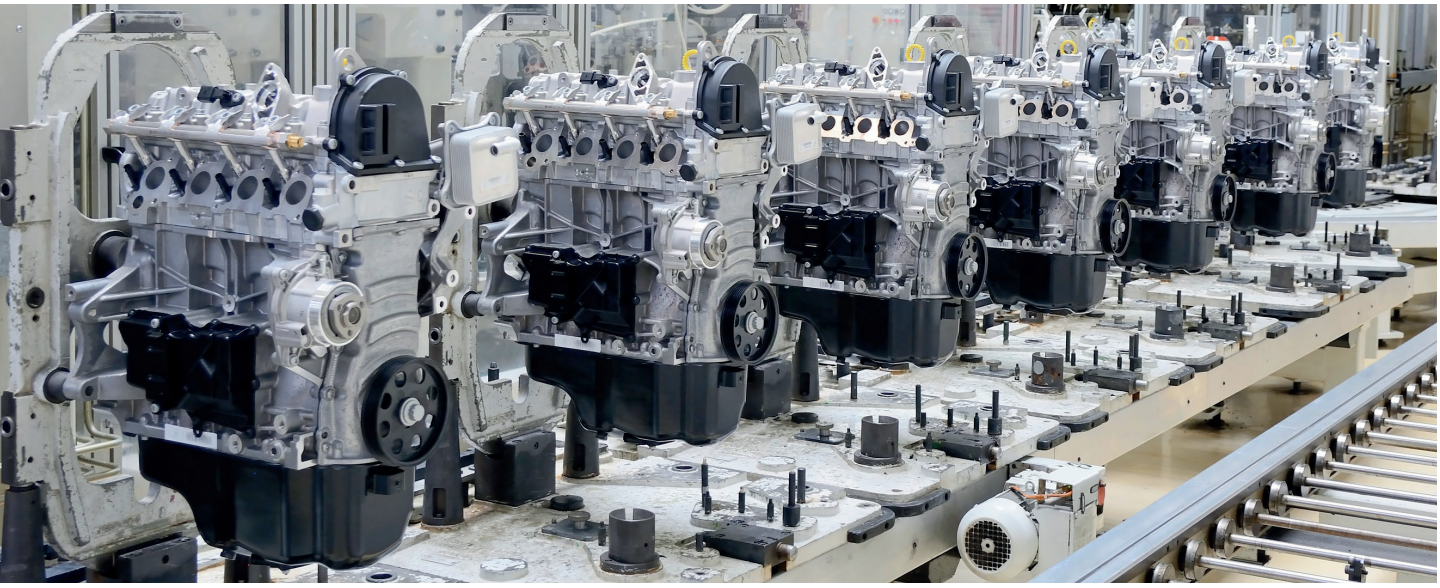
分光計サプライヤーは、小さな金属部品の分析という課題に対してさまざまなアプローチを採用しています。
あるところは、そのような部品をそのままの状態でテストすることはできないと黙認し、その代わりに再溶解のような入念な試料調製技術を再推奨しています。
また、より小さなスポットに焦点を当てるように電極の設計を変更しようとする人もいます。
このように、様々な形状や大きさのサンプルを分析することは、非常に困難です。

その代わりに、経験上、サンプルの位置決めを正確に制御することが、最も効果的なアプローチです。

最大限の精度と正確さは、電極から試料へと移動する放電の位置を注意深く制御する能力にあります。
従って、試料をスパークスタンドの正しい位置、つまり電極の中央の真上に置くことが重要です。

SPECTROは、これを実現する最良の方法はアダプターであると判断しました。このアダプターは、分析装置で測定する試料のサイズや形状を指定することができます。このアダプターを使用することで、試料をスパークスタンドの最適な位置に固定し、正確な分析を行うことができます。

例えば、ワイヤーをトップまたはサイドエキサイトに最適な位置に配置するための各種アダプターのほか、キットには、スパークスタンドの開口サイズを小さくするための酸化アルミニウム（Al203）セラミックの耐久性の高いディスクや、薄いシート状のサンプルを押してしっかりと固定し、さらに熱を伝導して保護するための銅ブロックが含まれている場合があります。40年近くにわたる継続的な改良により、SPECTROは、おそらく業界内で最も豊富なアダプターキットを開発しました。その結果、SPECTROMAXxのような装置は、ワイヤー、ロッド、ファスナー、薄い板やシート、その他ほとんど全ての小片を、最小0.8mmの試料サイズまで精密かつ正確に分析することができます。



重要:校正と標準化

豊富な標準試料ライブラリにより、分析装置の分析「ヘッドルーム」（優れた分析性能を達成するための能力）を確保することができます。分析計の数学検量線の計算は、すべての標準物質の測定に基づいています。

未知試料の測定値は、各対象元素の標準ライブラリの参照測定値と比較されます。
標準試料は、ある元素の濃度を示す試料から放出されるエネルギー強度の関数を定義しています。

分析装置が参照できる標準物質が多ければ多いほど、優れた精度が得られる可能性が高くなります。
SPECTRO分析装置はこの点で金属分析装置業界をリードしていると考えられます。
SPECTROMAXxのような分析装置の工場検量線は、現在までに2,648の標準試料に基づいています。
これらの標準試料は、金属加工施設の少量サンプルQC分析で検出される可能性のある一般的な合金と多くの一般的でない合金をカバーしています。

結論

金属加工の管理者が航空宇宙、自動車、その他の重要な用途の小型部品のQC分析を行う必要がある場合、エレメントレンジ、サンプルの位置決め精度、幅広い参照標準などのトピックを注意深く検討することで、作業に適した分光分析装置を提案することができます。

小物部品用金属分析装置の選択

QCの機能をフルに活用し、精度の高い製品をお求めの場合は、OES金属分析装置をご検討ください。合金の確認や出荷検査のみが必要な場合は、ハンドヘルドの蛍光X線分析装置が良い選択肢になります。しかし、すべてのOESまたはXRFモデルが、今日の金属加工サプライチェーンで見られる小さな部品に対応できるわけではありません。以下の機能を備えた分析装置をお探しください：

市場でのリーダーシップ

多種多様な金属加工工場で活躍している分析装置は、お客様の工場でも成功する可能性があります。
SPECTROMAXxやSPECTROxSORTなど、40年近い経験と実績を持つSPECTROは、Strategic Directions Inter-national（SDi）によると、マーケットリーダーとして認められています。

簡単な校正

装置によっては頻繁な再校正が必要な場合があります。これに対してSPECTROMAXxのiCAL 2.0ロジックシステムでは、1回1サンプルの標準化を5分以内で行うことができます。SPECTRO xSORTのiCALサンプルはデュアルポーズの保護シャッターを使用しています。

広い波長範囲

材料、仕様、アプリケーションは変更される可能性があるため、今日または明日、分析したいすべての元素をカバーする装置をお選びください。

適応性

小型金属部品には無数の形状やサイズがあります。どのような部品でも検査できるよう、アダプターキットの種類が最も豊富な分析装置をお探しください。

大規模金属データベース

SPECTROMAXxは、金属分析に必要なすべての元素に対応することができます。
SPECTROMAXxのような分析計は、内蔵の包括的なライブラリに基づいて、今日の金属加工サプライチェーンで見られるすべての元素を扱うことができます。





お問合せ

装置の見積りを依頼

装置のデモを依頼

リソースライブリ

www.spectro.jp

GERMANY
SPECTRO Analytical Instruments GmbH
Boschstrasse 10
D-47533 Kleve
Tel. +49.2821.892.0
spectro.sales@ametek.com

U.S.A.
SPECTRO Analytical Instruments Inc.
50 Fordham Rd
Wilmington 01887, MA
Tel. +1 800 548 5809
+1 201 642 3000
spectro-usa.sales@ametek.com

CHINA
AMETEK Commercial
Enterprise (Shanghai) CO., LTD.
Part A1, A4 2nd Floor Building No. 1 Plot Section
No. 526 Fute 3rd Road East; Pilot Free Trade Zone
200131 Shanghai
Tel. +86.400.022.7699
spectro-china.sales@ametek.com

Subsidiaries:
▶**FRANCE:** Tel. +33.1.3068.8970, spectro-france.sales@ametek.com ▶**GREAT BRITAIN:** Tel. +44.1162.462.950, spectro-uk.sales@ametek.com
▶**INDIA:** Tel. +91.22.6196.8200, sales.spectroindia@ametek.com ▶**ITALY:** Tel. +39.02.94693.1, spectro-italy.sales@ametek.com
▶**JAPAN:** Tel. +81.3.6809.2405, spectro-japan.info@ametek.co.jp ▶**SOUTH AFRICA:** Tel. +27.11.979.4241, spectro-za.sales@ametek.com

SPECTRO operates worldwide and is present in more than 50 countries. For SPECTRO near you, please visit www.spectro.com/worldwide

© 2020 AMETEK Inc., all rights reserved, subject to technical modifications • A-20, Rev. 0 • Photos: SPECTRO, Adobe Stock
Registered trademarks of SPECTRO Analytical Instruments GmbH • SPECTRO: USA (3,645,267); EU (005673694); “SPECTRO”: EU (009693763); “xSORT”: USA (IR 3,767,555); Japan, China (IR 978 588); EU (007058456).