



Arbeitsgemeinschaft
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.

Fachausschuss 14: Bauteilreinigung

Übersicht:

Prüfverfahren für Bauteiloberflächen und Reinigungsmittel

Vorwort

Dieses Dokument soll als Hilfestellung für Fragen rund um das Thema „Prüfung von Bauteiloberflächen und Reinigungsmitteln“ insbesondere für Anwender aus dem Bereich der Bauteilreinigung vor und nach der Wärmebehandlung dienen. Diesem Ansatz folgend wurden hier Erfahrungen von Anwendern, Chemikalienherstellern, Meßtechnikern und Laboren zusammengefasst.

Die enthaltenen Informationen zu den Prüfverfahren, sowie die Hinweise zu Vor- und Nachteilen der einzelnen Prüfverfahren, sowie die Abschätzung in Bezug auf Kosten für Anschaffung und Durchführung haben keinen Anspruch auf Absolutheit, sondern sollen einen Überblick und eine Orientierungshilfe bei der Auswahl geeigneter Prüfverfahren geben.

Trotz sorgfältiger Prüfung der dargestellten Informationen kann keinerlei Gewähr dafür übernommen werden, dass die hier zusammengefassten Informationen für alle Prüfanforderungen im Bereich der Bauteilreinigung vollständig und ausreichend sind. Insbesondere bei Schadensuntersuchungen stehen im Einzelfall z.B. weitere spezielle Laboruntersuchungsmethoden zur Verfügung, die nicht Gegenstand dieses Überblicks sein sollen.

Dieses Dokument erhebt somit keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern kann nur eine Grundlage und Hilfestellung darstellen, für den eigenen Anwendungsfall geeignete Prüfmethoden auszuwählen.

Die Verfasser stehen Hinweisen und Anregungen offen gegenüber. Bitte senden Sie diese an folgende Email: info@awt-online.org mit dem Betreff: FA14 - Prüfverfahren.

Prüfverfahren für Bauteiloberflächen / Reinigungsergebnis						
Bezeichnung	Sichtprüfung	Wischtest / Klebebandtest	Fluoreszenzmessung	Wasserablaufprobe / Wasserbruchtest	Testtinte	Kontaktwinkelmessung
	visuelle Kontrolle		optische Prüfung	Kontrolle der Benetzbarkeit		
Prozessnah / Labor	Prozessnah					
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> - visuelle Kontrolle der Oberflächen - ggf. unterstützt durch Weiß- oder UV-Licht bzw. Kamerasysteme 	<ul style="list-style-type: none"> - Abwischen von Oberflächen mit einem Tuch o.ä. oder Aufbringen und Abziehen eines Klebebandstreifens - visuelle Kontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> - Bestrahlung mit UV-Licht (kurzwellig) - Detektion der Fluoreszenz-Antwort - Ortsaufgelöst oder flächig (integral) - Referenziert auf Standards 	<ul style="list-style-type: none"> - einfachste Prüfung der Benetzbarkeit - Oberfläche wird mit Wasser flächig gespült - Kontrolle des geschlossenen Wasserfilms 	<ul style="list-style-type: none"> - Prüfung mit Tinten unterschiedlicher Oberflächenspannung - Kontrolle des geschlossenen Films 	<ul style="list-style-type: none"> - Messung des Kontaktwinkels einer Prüfflüssigkeit auf der Oberfläche
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - einfach durchführbar 	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - einfach durchführbar 	<ul style="list-style-type: none"> - je nach messtechnischer Umsetzung einfach durchführbar - manuell oder in-line - Nachweisgrenze im mg/m²-Bereich - berührungslos 	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - einfach durchführbar 	<ul style="list-style-type: none"> - einfach durchführbar - normiert nach DIN ISO 8296 (Bestimmung der Benetzungsspannung auf Kunststoff-Folien) 	<ul style="list-style-type: none"> - einfach durchführbar - Berechnung der Oberflächenenergie möglich bei Anwendung mehrerer Prüfflüssigkeiten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Nachweis filmischer Verunreinigungen meist nur in schweren Fällen möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - ursprünglich für partikuläre Verunreinigungen gedacht - nur bedingt Unterscheidung filmisch/partikulär möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Spricht nur auf fluoreszierende Verunreinigungen an - z.T. punktuelle Prüfung - Nachweisempfindlichkeit stoffabhängig 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Aussage über Oberflächenenergie des Bauteils, sondern „Tinte mit OFS ... benetzt“ - Anwendung auf Metallen nicht DIN-konform - bei Teststiften Gefahr der Kontamination des Stiftes 	<ul style="list-style-type: none"> - punktuelle Prüfung, - Durchführbarkeit abhängig von Bauteilgeometrie (Messung auf gekrümmten Oberflächen nicht möglich/zulässig) 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Spricht nur auf hydrophobe Verunreinigungen an - Hydrophile Verunreinigungen (z.B. Tenside als Spülrückstand, Kühlschmierstoffe) führen zu falschen Ergebnissen 					
Kosten Anschaffung	€	€	€€	€	€	€€
Kosten Durchführung	-	-	-	-	-	-
Beurteilung Objektivität	Subjektiv	Subjektiv	Objektiv	Subjektiv	Objektiv	Objektiv
Beurteilung Quantität	Qualitativ	Qualitativ	Quantitativ	Qualitativ	Qualitativ	Quantitativ

Prüfverfahren für Bauteiloberflächen / Reinigungsergebnis						
Bezeichnung	optische Mikroskopie	Phosphatnachweis	myNVR	Restgasanalyse/ VIDAM	TOC-Test	FTIR Spektroskopie
	optische Kontrolle	Nachweis von Phosphat (chemisch)	Gravimetrische Analyse eines extrahierbaren, löslichen Rückstands	Vakuum-induzierte Desorptions-Analyse Messung	Total organic carbon (Gesamtkohlenstoff)	Fourier-Transform-Infrarotspektrometer
Prozessnah / Labor	Labor					
Beschreibung	- visuelle Kontrolle der Oberfläche mittels Mikroskopunterstützung	- chemische Nachweisreaktion	- lokale Extraktion mit Lösemittel-getränktem Tuch - gravimetrische Analyse der nicht-verdampfbaren Rückstände - Aussage in Masse/Flächeneinheit	- Ausgasen unter Vakuum - spektrale Analyse sowie quantitative Restgasanalyse (Gasabgaberate)	- Oxidation der auf dem Bauteil befindlichen Verunreinigungen - Bestimmung des entstehenden CO ₂	- Analyse mittels IR-Licht - nach Extraktion oder direkt auf der Oberfläche
Vorteile	- kostengünstig - genauere Ergebnisse als reine Sichtprüfung - Fotodokumentation standardisiert möglich	- geringe Nachweisgrenze	- integrale Prüfung kleiner Bauteile - niedrige Nachweisgrenze (ab 0,1 µg Probenmenge)	- Identifikation der Verunreinigungen - Nachweisgrenze im µg-Bereich	- niedrige Nachweisgrenze	- Identifikation der Verunreinigungen - niedrige Nachweisgrenze
Nachteile	- Nachweis filmischer Verunreinigungen meist nur in schweren Fällen möglich	- erforderliche Reagenzien müssen frisch hergestellt werden	- lokale Prüfung großer Bauteile, manuelle Extraktion - Verunreinigung muss im Extraktionsmittel löslich sein	- Offline-Kontrolle (Labor) - integrale Kontrolle, erfordert gewisse Größe der Oberflächen bzw. Teilmenge	- Offline-Kontrolle (Labor) - integrale Kontrolle erfordert gewisse Größe der Oberflächen bzw. Teilmenge	- Offline-Kontrolle (Labor) - erfordert u.U. Extraktion der Verunreinigung
Kosten Anschaffung	€€	€	€€	€€€	€€€	€€€
Kosten Durchführung	€	€	€	€	€	€
Beurteilung Objektivität	Subjektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv
Beurteilung Quantität	Qualitativ	Qualitativ	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Qualitativ/Quantitativ

Prüfverfahren für Bauteiloberflächen / Reinigungsergebnis			
Bezeichnung	Thermodesorptions- Gaschromatographie- Massenspektroskopie	REM/EDX	Analyse nach VDA 19 / ISO 16232
	TD-GC-MS	Rasterelektronenmikroskop/ Energiedispersive Röntgenspektroskopie	Nachweis von Partikeln mittels Mikroskopie
Prozessnah / Labor	Labor		
Beschreibung	- thermisch abgelöste Verunreinigungen werden chromatografisch getrennt und massenspektrometrisch analysiert.	- die elementare Zusammensetzung wird über die charakteristische Röntgenfluoreszenz- strahlung bestimmt	- Partikel werden mit Eluenten vom Bauteil auf Filter übertragen - der Filter wird mittels Mikroskop (meist auto- matisiert) ausgewertet
Vorteile	- Identifikation der Verunreinigungen - niedrige Nachweisgrenze	- für filmische und partikuläre Verunreinigungen anwendbar - chemische Information; - kritische Elemente (P, Zn, S,..) können identifiziert werden	- Identifikation von reflektierenden und nicht reflektierenden Partikeln, sowie Fasern nach Größenklasse und Anzahl - Verfahren genormt
Nachteile	- Offline-Kontrolle (Labor) - erfordert bei größeren Bauteilen Extraktion der Verunreinigung	- Offline-Kontrolle (Labor) - bei größeren Proben Extraktion/Abklatschproben	- Offline-Kontrolle (Labor) - Keine Charakterisierung der genauen Art der Partikel/ Fasern
Kosten Anschaffung	€€€	€€€	€€
Kosten Durchführung	€	€	€€
Beurteilung Objektivität	Objektiv	Objektiv	Objektiv
Beurteilung Quantität	Quantitativ	Semi-Quantitativ	Quantitativ

Prüfverfahren für wässrige Reinigungsmittel							
Bezeichnung	Konzentrations- / Builder-Kontrolle				Verfahren zur Tensid-Kontrolle		Kontrolle Korrosionsschutz
	Säure-Base-Titration	Leitfähigkeitsmessung	Ultraschallmessung	Photometrie	Tensiometrie	Photometrie	Grauguss-Spänetest
Prozessnah/Labor	Prozessnah/Labor	Prozessnah/Labor	Prozessnah/Labor	Labor	Prozessnah/Labor	Labor	Prozessnah/Labor
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> - nass-chemische Neutralisationsreaktion - Bestimmung der Alkalität bzw. Acidität - Durchführung meist nach Vorschrift des Chemikalienherstellers 	<ul style="list-style-type: none"> - physikalische Messung der Leitfähigkeit der Lösung - erfasst gelöste Salze (Phosphate, Hydroxide, ...) - Konzentrationsermittlung basierend auf Referenzkennlinie 	<ul style="list-style-type: none"> - für salzhaltige und salzfreie Produkte - Konzentrationsermittlung basierend auf Referenzkennfeld (vom Gerätehersteller) 	<ul style="list-style-type: none"> - Küvettentests für verschiedene Bestandteile, z.B. Phosphate - Zielsubstanz bildet mit Reagenzien Farbkomplexe - Messung der Lichtabsorption zur Konzentrationsermittlung 	<ul style="list-style-type: none"> - physikalische Messung der Oberflächenspannung - direkt abhängig von der Tensidkonzentration - Konzentrationsberechnung über Referenzkennlinie 	<ul style="list-style-type: none"> - Küvettentests für verschiedene Tensidarten, z.B. nicht-ionisch, kat-ion. - Zielsubstanz bildet mit Reagenzien Farbkomplexe - Messung der Lichtabsorption zur Konzentrationsermittlung 	<ul style="list-style-type: none"> - einfache Methode zur Bestimmung der Korrosionsanfälligkeit - reagiert u.a. auf Chloride und Korrosionsschutzadditive
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - direkte Bestimmung der Stoffmenge - niedriger Aufwand - schnelle Einarbeitung - universelle Methode 	<ul style="list-style-type: none"> - geringer Bedienerinfluss - quantitativ ablesbares Messergebnis - inline einsetzbar 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatureinfluss kompensierbar - durch Variation der Schallwellen sind mehrere Komponenten messbar, z.B. auch Verunreinigung - inline einsetzbar 	<ul style="list-style-type: none"> - gebrauchsfertige Tests mit vordosierten Reagenzien - einfache Handhabung - geringer Bedienerinfluss 	<ul style="list-style-type: none"> - einfache Handhabung - inline einsetzbar - erfasst nur freie, oberflächenaktive Tenside 	<ul style="list-style-type: none"> - spezifisch für Ionität des Tensids 	<ul style="list-style-type: none"> - einfache Handhabung
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - manueller Test - geübtes Personal und / oder pH--Meter /Titrator - Ergebnis stets Summenparameter - anfällig für saure/alkalische Verunreinigungen (KSS) - temperaturabhängig - nicht inline einsetzbar - keine Aussage über Tensid-Gehalt 	<ul style="list-style-type: none"> indirekte, physikalische Bestimmung abhängig von - Wasserqualität - Produkt - Konzentration - ionischen Verunreinigungen - Temperatur 	<ul style="list-style-type: none"> - indirekte, physikalische Bestimmung - Verfälschung des Meßergebnisses durch Fremdstoffe, Öle, Luftblasen, ... - Nicht für alle Reiniger einsetzbar 	<ul style="list-style-type: none"> - nicht inline einsetzbar - nur für rel. klare Lösungen, ggf. filtrieren notwendig - Küvetten sind Einwegmaterial 	<ul style="list-style-type: none"> - nicht tensidspezifisch (für jedes Tensid neue Kalibrierung nötig) - temperaturabhängig - tensidhaltige Verunreinigungen beeinflussen das Ergebnis (z.B. KSS) 	<ul style="list-style-type: none"> - erfasst auch in Emulsion gebundene Tenside - nicht inline einsetzbar - nur für rel. klare Lösungen, ggf. filtrieren notwendig - Küvetten sind Einwegmaterial 	<ul style="list-style-type: none"> - relativ grobe Bewertungsskala, - begrenzte Aussagekraft bei Spüllösungen mit geringer Konzentration
Anschaffung	€	€€	€€	€€	€€	€€	€
Durchführung	€	€	€	€€	€	€€	€
Beurteilung Objektivität	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Subjektiv
Beurteilung Quantität	Quantitativ	Qualitativ/Quantitativ	Qualitativ/Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Qualitativ

Prüfverfahren für wässrige Reinigungsmittel						
Bezeichnung	Verfahren zur Kontrolle von Verschmutzung / Öl / Fremdstoffen					
	visuelle Beurteilung	Ölabscheidung (Babcock-Test)	Bestimmung der Wasserhärte	Chloridgehalt	Ultraschallmessung	Fluoreszenzmessung zur Kontrolle der Badverschmutzung
Prozessnah/Labor	Prozessnah/Labor	Labor	Prozessnah/Labor	Labor	Prozessnah/Labor	Prozessnah
Beschreibung	- Färbung - Trübung - Partikel	- basiert auf dem Prinzip der Säurespaltung (Phasentrennung einer Emulsion) - Ansäuern mit konz. HCl (1:1) und Erhitzen	Verschiedene Verfahren - Teststreifen - komplexometrische Titration (EDTA komplexiert Härtebildner Ca ²⁺ und Mg ²⁺) - Salzsäure-Bindungsvermögen (Carbonathärte)	Verschiedene Verfahren - Schnelltest-Sets - Photometrie - Ionenchromatographie: verschiedene Ionen werden auf Basis unterschiedlicher Wechselwirkung mit der Trennsäule aufgetrennt	- Messung der Schallgeschwindigkeit	- Bestrahlung mit UV-Licht (kurzwellig) und Detektion der Fluoreszenz - Referenziert auf Standards
Vorteile	- einfach & universell	- Anschaffung Messzubehör günstig - einfaches Messprinzip - quantitative Bestimmung des Ölgehalts	- einfaches Messprinzip - quantitative Bestimmung	- quantitative, direkte Bestimmung	- einfache Handhabung - robust - inline einsetzbar	- je nach messtechnischer Umsetzung einfach durchführbar
Nachteile	- nicht quantitativ - Art der Verschmutzung nicht genau definierbar	- Ölgehalt teils schwierig ablesbar - Personal muss im Umgang mit gefährlichen Chemikalien geschult sein (konz. HCl)	- bei Titration: geübtes Personal erforderlich	- Fachpersonal nötig - Ergebnis der Schnelltest-Sets anfällig gegen Verfälschungen durch Fremdstoffe	- indirekte, physikalische Bestimmung - anfällig für Störungen (Luftblasen, Erschütterungen) - Quantitative Bestimmung schwierig - nur sinnvoll, wenn Verunreinigung bekannt	- erfordert Abschirmung des Umgebungslichts - erfordert Reinigung der Messsonde von Emulsionsrückständen - nur sinnvoll, wenn Verunreinigung bekannt
Kosten Anschaffung	€	€	€	€€	€€	€€€
Kosten Durchführung	€	€	€	€	€	€
Beurteilung Objektivität	Subjektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv
Beurteilung Quantität	Qualitativ	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Semi-Quantitativ	Semi-Quantitativ

Prüfverfahren für lösemittelbasierte Reinigungsmittel							
Bezeichnung	visuelle Beurteilung	pH-Wert	Chloridgehalt	Säuregehalt, Alkalität, Säureaufnahmefähigkeit	Fluoreszenzmessung zur Kontrolle der Badverschmutzung	Ölgehalt	Wassergehalt
Prozessnah/Labor	Prozessnah/Labor	Prozessnah	Prozessnah/Labor	Prozessnah/Labor	Prozessnah/Labor	Labor	Labor
Beschreibung	- Färbung - Trübung - Partikel	- Einfache Bestimmung des pH-Wertes vor-Ort mittels Farbindikator oder pH-Papier	Verschiedene Verfahren - Schnelltest-Sets - Photometrie - Ionenchromatographie: verschiedene Ionen werden auf Basis unterschiedlicher Wechselwirkung mit einer Trennsäule aufgetrennt	- Einfach Bestimmung des Säuregehalts, der Alkalität und/oder der Säureaufnahmefähigkeit mittels Titration - z.T. mit Testkoffer	- Bestrahlung mit UV-Licht (kurzweilig) und Detektion der Fluoreszenz - Referenziert auf Standards	- Bestimmung des Ölgehalts mittels Abdampfrückstand	- Bestimmung des Wassergehalts mittels Karl-Fischer-Titration
Vorteile	- einfach & universell	- Durchführung nach Vorschrift des Chemikalienherstellers - niedriger Aufwand - schnelle Einarbeitung	- quantitative, direkte Bestimmung	- Durchführung nach Vorschrift des Chemikalienherstellers - niedriger Aufwand - schnelle Einarbeitung	- je nach messtechnischer Umsetzung einfach durchführbar	- einfache Durchführung	- quantitative, direkte Bestimmung
Nachteile	- nicht quantitativ - Art der Verschmutzung nicht genau definierbar	- bedingte Aussagefähigkeit, Meßwert kann stark verfälscht werden - keine Aussage über die Pufferkapazität	- Fachpersonal nötig - Ergebnis der Schnelltest-Sets anfällig gegen Verfälschungen durch Fremdstoffe	- manueller Test - keine Information über Säureart	- erfordert Abschirmung des Umgebungslichts - erfordert Reinigung der Messsonde von Emulsionsrückständen - nur sinnvoll, wenn Verunreinigung bekannt	- indirekte Messung über Massenbestimmung - Fachpersonal nötig	- Fachpersonal nötig
Kosten Anschaffung	€	€	€ / €€€	€/€€	€€€	€€	€€
Kosten Durchführung	€	€	€	€	€	€	€
Beurteilung Objektivität	Subjektiv	Subjektiv	Objektiv	Subjektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv
Beurteilung Quantität	Qualitativ	Semi-Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ

Prüfverfahren für lösemittelbasierte Reinigungsmittel						
Bezeichnung	Flammpunkt	Stabilisatorgehalt	Säureart und -Menge	Reinheit	Bestimmung korrodierter Bestandteile	Identifikation flüchtiger Verunreinigungen
Prozessnah/Labor	Labor	Labor	Labor	Labor	Prozessnah/Labor	Labor
Beschreibung	- Bestimmung des Flammpunktes häufig nach Pensky-Martens (DIN EN ISO 2719/ ASTM D93)	- Bestimmung des Stabilisatorgehalts mittels Gaschromatographie	- Bestimmung der Säureart und -Menge mittels Ionenchromatographie	- Bestimmung der Reinheit mittels Gaschromatographie	- Bestimmung korrodierter Bestandteile mittels Metallionen-Schnelltest	- Identifikation der flüchtigen Verunreinigungen mittels GC/MS
Vorteile	- quantitative, direkte Bestimmung	- quantitative, direkte Bestimmung	- quantitative, direkte Bestimmung	- quantitative, direkte Bestimmung	- einfach, schnell	- qualitative und quantitative Bestimmung der Verunreinigungen
Nachteile	- Streuung der Messwerte möglich	- Analyse nur durch Fachpersonal möglich	- Analyse nur durch Fachpersonal möglich	- Analyse nur durch Fachpersonal möglich	-	- Analyse nur durch Fachpersonal möglich
Kosten Anschaffung	€€	€€€	€€€	€€€	€	€€€
Kosten Durchführung	€	€€	€	€€	€	€€
Beurteilung Objektivität	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv	Objektiv
Beurteilung Quantität	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Semi-Quantitativ	Qualitativ/Quantitativ