



Bilder und Grafik: LPW

Zwei Begriffe, zig Deutungen

Was genau ist eigentlich Fein- und Feinstreinigung?

Die Begriffe Feinreinigung und Feinstreinigung werden in der Branche unterschiedlichst genutzt und definiert. Daher ist es sinnvoll, einen Blick auf die jeweiligen Sauberkeitsanforderungen, Aufgaben sowie die jeweils geeignete Anlagentechnik zu werfen.

Für den Automobilindustrie-Kunden gehört eine Reinheitsanforderung von rund 100 µm bereits zum Feinstreinigungsprozess. Dies ruft hingegen in der Halbleiterindustrie nur ein müdes Lächeln hervor. Hier taucht dieser Wert nicht einmal bei ungereinigten Bauteilen auf. Diese Diskrepanzen im Verständnis von Fein- und Feinstreinigung sind keine Seltenheit in der Branche und führen immer wieder zu Diskussionen. Daher stellt sich die Frage, was genau ist eigentlich Fein- und Feinstreinigung?

Um sich dem Thema genau widmen zu können, gilt es zunächst die Begrifflichkeiten voneinander zu trennen. Der Einfachheit halber sollte man mit der Feinreinigung beginnen, da sie landläufig eine Abgrenzung zu allgemeinen Verfahren (Grobreinigung) mit nicht genauer spezifizierten Reinheitsanforderungen (zum Beispiel visuell sauber

und trocken) beschreibt. Somit inkludiert dieser Begriff all jene Prozesse, die ein gleichbleibendes, hochwertiges Reinigungsergebnis im Dauerbetrieb nach vorgegebenen Restschmutzmengen und gemeinsam festgelegtem Verfahren zur Restschmutzbestimmung erzielen.

Grobreinigung versus Feinreinigung

Zur allgemeinen oder auch Grobreinigung gehören Verfahren deren Aufgabe darin besteht, Bauteile mit einem hohen Verschmutzungsgrad (partikulär oder filmisch) auf ein undefiniertes, nicht objektiv prüfbares Ergebnis hin zu reinigen und anschließend zu trocknen. Der Fokus liegt also bei gewissenhaftem Vorgehen neben einer robusten, aufgabengerechten Auslegung auf der


Je nach Reinheitsanforderung sowie des eingesetzten Verfahrens, können unterschiedliche Anlagensysteme zur Anwendung kommen.

Leistungsfähigkeit des Gesamtablaufes in Bezug auf die Schmutzaustragsfähigkeit, um eine wirtschaftliche, sinnvolle Standzeit der Bäder gewährleisten zu können. Meist sind hier einstufige, in wenigen Fällen auch zweistufige, Reinigungsprozesse im Einsatz.

Feinreinigungsverfahren dagegen werden grundsätzlich auf einen geringeren Schmutzeintrag ausgelegt. Häufig bilden sie jedoch einen gemeinsamen Prozess mit der Grobreinigung. Diese hat vorgeschaltet die Aufgabe, auf definierte und prüfbare Parameter hin den Hauptanteil der eingetragenen Verunreinigung zu entfernen („95 Prozent Prozess“). Auf Basis dieses erzeugten Zwischenergebnisses (definiert oder undefiniert) erfolgt dann ein auf die eigentliche Sauberkeitsanforderung hin angepasstes Verfahren. Dies schließt auch die Trocknung ein, welche auf den Filtrationsgrad des gasförmigen Mediums anzupassen ist. In Verbindung mit optimierten Behälter- und Rohrleitungsausführungen müssen bei diesem Qualitätslevel Rückverschmutzungen durch Partikelanhaftungen im Medienkreislauf bei flüssigen und gasförmigen Medien vermieden werden. Zur Feinreinigung eignen sich im Besonderen ergänzende prozesssichere waschmechanische Anwendungen wie Ultraschall oder Injektionsfluten/Druckfluten, da diese Varianten höchste Reinheitsgrade erzielen können. Die kombinierte Grob-/Feinreinigung ist in der Regel mehrstufig. Die Qualität der Medientrennung, eine wirksame Verschleppungsreduzierung sowie eine prozessschrittangepasste Medienaufbereitung bilden hier unabdingbare Voraussetzungen. Des Weiteren sind Umgebungseinflüsse mit zu berücksichtigen, auch wenn sie meist eine eher untergeordnete Rolle spielen. Allerdings sind offensichtliche (häufig aktive) externe Partikelquellen mit der Fähigkeit das gewünschte Ergebnis zu beeinflussen, sicher zu eliminieren.

Zu den üblichen Feinreinigungsaufgaben zählt etwa der Umgang mit Edelstahl-/Aluminiumkomponenten, die beispielsweise in Fluidprozessen der Automobiltechnik eingesetzt werden. Meist geht es um prozesssichere Entfernung von Spänen und Bearbeitungsrückständen nach der mechanischen Bearbeitung zur Vorbereitung für Mess-/Dichtprüfoperationen von Anbaukomponenten in der Motoren-/Getriebefertigung. Die Sauberkeit wird über die akzeptierte

Anforderungen an die Fein-/Feinstreinigungsverfahren



		Unerwünschte Verunreinigung und Grenzwerte (Beispiele*)					Anforderungen an die ...		
		Partikuläre	Filmisch/ Organisch	Anorganisch	Zytotoxizität/ Endotoxizität	Biologisch/ bakteriell	... Sauberkeit der Umgebung	... Sauberkeit der Anlagen- komponenten/ Medien	... Qualität des Gesamt- prozesses
Automobil- industrie	Kraftstoffzuleitungen, ABS, Einspritzsysteme	max. 100-300µm	nur bei Beschichtung	ggf. Fasern	nicht relevant	nicht relevant	mittel/hoch*** (kontrollierte Umgebung)	Industriestandard	hoch
	Fahrzeughydraulik	max. 150 – 600 µm	nur bei Beschichtung	ggf. Fasern	nicht relevant	nicht relevant	Industriestandard	Industriestandard	mittel
	Antriebsstrang	max. 300-700 µm	nur bei Beschichtung	ggf. Fasern	nicht relevant	nicht relevant	Industriestandard	Industriestandard	Industriestandard
	Schweißen, Kleben, Beschichten	bedingt	z.B. mind. 38-42 mN/m	flächige Pigment- verschmutzung	nicht relevant	nicht relevant	mittel/ hoch (Kontrollierte Umgebung)	Industriestandard	Industriestandard
Medizin- technik	Implantate, Invasive Geräte	Bedingt z.B. keine Spitter	z.B. MKW-Index, TOC-Index	z.B. ICP-Wert (= 0) Schwermetalle	keine Zyto/ Endoxizität	Aufgabe der Sterilisation**	hoch/ sehr hoch (Reinraum)	hoch	sehr hoch
	Allgemein	bedingt	z.B. MKW-Index, TOC-Index	z.B. ICP-Wert (= 0) Schwermetalle	keine Zyto/ Endoxizität	Aufgabe der Sterilisation**	hoch (kontrollierte Umgebung)	hoch	hoch
Halbleiter- technik	Halbleiter	z.B. max. 0,2/0,3µm	z.B. max. 10-100 ng/cm²	z.B. 50-5000 E10 Atome/ cm²	nicht relevant	nicht relevant	sehr hoch (Reinraum)	sehr hoch	sehr hoch
	Produktionsmittel i. d. Halbleiterproduktion	z.B. max. 1-5 µm	z.B. ca. 10-100 ng/cm²	je nach Kunden- anwendung	nicht relevant	nicht relevant	sehr hoch (Reinraum)	sehr hoch	hoch
Optische Industrie		bedingt	keine	ggf. gravimetrisch	nicht relevant	nicht relevant	hoch/ sehr hoch (Reinraum)	hoch	hoch/ sehr hoch

hohe Relevanz **mittlere Relevanz** **niedrige Relevanz** **Kriterium Feinstreinigung** **Feinstreinigung**

KBE: Koloniebildende Einheit
ICP-Messung: Massenspektrometrische Messung (z.B. von Schwermetallen)
MKW Index: Kohlenwasserstoffindex
TOC Index: Organischer-Kohlenstoff-Index

* Bei den Werten handelt es sich um Beispiele aus bestimmten Anwendungsbereichen. Diese können je nach Bauteil variieren, bleiben jedoch in Ihrer Charakteristik vergleichbar.
** Die Reinigungstechnik schafft ggf. die Voraussetzungen für dieses Kriterium
*** Erfüllt in Teilbereichen (z.B. bei Einspritzsystemen) die Kriterien an die Feinstreinigung

Reinigungsverfahren unterscheiden sich durch die jeweiligen Reinheitsanforderungen und Aufgaben, die beispielsweise durch die Umgebungseinflüsse gestellt werden. Die Anlagentechnik muss auf diese unterschiedlichen Anforderungen genau abgestimmt sein.

partikuläre (µm oder mg) oder filmische Restschmutzmenge (Oberflächenspannung) definiert.

Was ist nun Feinstreinigung?

Feinstreinigungsverfahren definieren sich grundsätzlich nach denselben Kriterien wie die Feinstreinigung. Üblicherweise erfolgen die Vorreinigungsabläufe (grob oder fein), wenn erforderlich, im Rahmen von räumlich getrennten Zwischenreinigungsprozessen.

Charakteristischerweise verfügt die Feinstreinigung über Anforderungen, die entweder ein hohes Risiko bezüglich Kreuzkontamination mit vor-/nachgelagerten Prozessen, Handlings- oder Umgebungseinflüssen haben. Außerdem kommen die Nachweisverfahren in puncto unerwünschte Verunreinigung gern an ihre Grenzen.

Adaptiert auf die Anlagentechnik bedeutet das eine hohe Gewichtung der mechanischen und verfahrenstechnischen Ausführung sowie der Medien-Qualität (flüssige Trägermedien, eingesetzte Chemie und Prozessgase). Außerdem gilt es, Verunreinigungen durch verfahrenstechnische und mechanische Komponenten (partikulärer und filmischer Schmutzeintrag durch Ventile, Drehbewegungen, Toträume usw.) zu vermeiden. Daher

müssen die üblichen Medien-Kreislaufsysteme kritisch hinterfragt werden. Das gilt nicht nur für die Reinigungs- und Spülabläufe. Gerade auch die Trocknungsprozesse mit ihrer thermodynamischen Beanspruchung von Teilkomponenten (zum Beispiel Lufterhitzer und Filterkomponenten) sowie starken Druckwechselln (zum Beispiel Druckausgleich bei Vakuum) müssen in der Auslegung des Feinstreinigungsprozesses berücksichtigt werden, da diese sonst als deutlich spürbare Partikelquellen in Frage kommen können.

Sonderverfahren der Feinstreinigung

Sonderverfahren der Feinstreinigung sind schwerpunktmäßig an der Beseitigung von Kontaminationen mit Partikel- oder Strukturgröße im sub-µm-Bereich orientiert, die jene unerwünschten Substanzen oder Materialstrukturen entfernen, die beispielsweise die Rauigkeit, Benetzungseigenschaften, chemischen, elektrischen oder optischen Eigenschaften von Oberflächen unerwünscht verändern. Hierbei handelt es sich dann um physikalische oder physikalische/chemische Verfahren – zum Beispiel mittels Plasmaätzen, Laserabtrag, Elektropolieren und CO₂-Granulatstrahlen.

Fazit

Die Abgrenzung nach der Art der unerwünschten Verunreinigung der geforderten Zielgröße allein reicht nicht aus. Die Auslegung einer Reinigungsanlage auf die Feinstreinigungsanforderungen der Automobilindustrie, etwa bei Einspritzsystemen, erfordert dieselbe Sorgfalt und denselben Aufwand, wie die Planung und Erstellung einer Reinigungsanlage für die Medizintechnik oder optische Industrie. In puncto Umwelt- und Rahmenbedingungen in Relation zu den notwendigen Reinheitsanforderungen ist eine unterschiedliche Herangehensweise gefragt, da physikalische und chemische Grenzen von Komponenten, Fluiden, Gasen und Zusatzstoffen gegebenenfalls anders Einfluss nehmen. Basis aller Feinstreinigungsthemen ist jedoch, dass sie ohne direkte Zusammenarbeit zwischen dem Anlagenbauer und dem Kunden wenig Aussicht auf Erfolg haben. Der Aspekt Technische Sauberkeit ist bei all diesen Projekten eine Aufgabenstellung an die gesamte Prozesskette. 🟡

1 Gerhard Koblenzer
Geschäftsführer LPW Reinigungssysteme GmbH
info@lpw-reinigungssysteme.de