

Dipl.-Ing. Martin Hottner, Denkendorf

Die Optimierung von Reinraumkleidung im Hinblick auf die Emission von luftgetragenen Partikeln

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **447**

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung	1
2	Problemstellung	3
3	Stand des Wissens und der Technik	6
3.1	Reinraum-Kleidungssysteme, Beurteilungsverfahren und bekannte Zusammenhänge	6
3.2	Textile Filter als Partikelbarriere	24
4	Zielsetzung und Aufgabenstellung	37
5	Lösungsweg	39
6	Erläuterungen und theoretische Betrachtung des Modells von Reinraum-Kleidungssystemen	41
7	Vorgaben und einzuhaltende Randbedingungen	42
7.1	Bekleidungsphysiologische Anforderungen	42
7.2	Mehrwegverwendbarkeit/Dekontaminierbarkeit	42
7.3	Sterilisierbarkeit	43
7.4	Elektrostatisches Verhalten	43
8	Versuchsplan	44
9	Versuchsmaterial	46
10	Ermittlung der Ursachen für die Emission luftgetragener Partikel bei konventionellen Reinraum-Kleidungssystemen	50
10.1	Durch Bewegung induzierter Druck innerhalb der Kleidung	50
10.2	Konvektion in der Kleidung	53
10.2.1	Rechenmodell	53
10.2.2	Berechnung des "aerostatischen Druckes" innerhalb der Kleidung	55
10.2.3	Berechnung der Austrittsgeschwindigkeit	56
10.2.4	Wärmebilanz der zirkulierenden Luft	57
10.2.5	Experimentelle Ergebnisse und Beobachtungen	58
11	Qualitative Ermittlung des Luftaustritts aus Reinraumkleidung	58
11.1	Schlierenoptische Untersuchungen	58
11.1.1	Versuchsdurchführung	59
11.1.2	Ergebnisse und Diskussion	60
11.2	Nebelaufnahmen	61
11.2.1	Versuchsdurchführung	61
11.2.2	Ergebnisse und Diskussion	62
12	Quantitative Ermittlung der aus Reinraumkleidung austretenden Luftmenge	68
12.1	Versuchsdurchführung	68
12.2	Ergebnisse und Diskussion	70
12.2.1	Reinraumstoffe	70

12.2.2	Nähte und Reißverschlüsse	71
12.2.3	Armabschlüsse	71
12.2.4	Halsabschluß	72
13	Messung lokaler Partikelkonzentrationen zur Ermittlung von Partikelleckagen	73
13.1	Versuchsdurchführung	73
13.2	Ergebnisse und Diskussion	75
13.2.1	Einfluß der Stoffporosität und der Bewegung auf die Partikelemission	75
13.2.2	Einfluß des Oberbekleidungsschnittes (Weite)	80
13.2.3	Einfluß des Kopfschutzes	83
14	Bestimmung des Partikel-Durchlaßgrades einzelner Reinraum-Kleidungs-elemente	84
14.1	Versuchsdurchführung	84
14.2	Ergebnisse und Diskussion	89
14.2.1	Partikel-Durchlaßgrad der Reinraumstoffe	89
14.2.2	Partikel-Durchlaßgrad von Nähten und Reißverschlüssen	91
14.2.3	Partikel-Durchlaßgrad der Armabschlüsse	92
14.2.4	Partikel-Durchlaßgrad des Hals- bzw. Gesichtsabschlusses	94
15	Bilanzierung der Partikelemissionen aus konventionellen Reinraum-Kleidungs-systemen und Zusammenfassung der wesentlichen Aspekte	94
16	Entwicklung von alternativen Reinraum-Kleidungs-systemen und Erprobung aussichtsreich erscheinender Varianten	97
16.1	Maßnahmen zur Reduzierung der Partikelkonzentration innerhalb der Kleidung	97
16.1.1	Versuchsdurchführung	97
16.1.2	Ergebnisse und Diskussion	97
16.2	Möglichkeiten zur Reduzierung der Ursachen für Luftemissionen	99
16.2.1	Thermik/Konvektion	99
16.2.2	Bewegungsinduzierter Kleidungsinnendruck	99
16.3	Möglichkeiten und Grenzen der Verbesserung der textilen Partikelbarriere von Reinraumstoffen und Kleidungs-elementen	100
16.4	Reduzierung des Luft- und Partikeldurchlasses und des Produkt-Gefährdungspotentials durch konfektionstechnische Maßnahmen	100
16.4.1	Möglichkeiten zur Verbesserung des Armabschlusses	101
16.4.1.2	Ergebnisse und Diskussion	102
16.4.2	Halsabschluß	104
16.4.2.1	Versuchsdurchführung	104
16.4.2.2	Ergebnisse und Interpretation	105
16.4.3	Nähte und Reißverschluß	106
16.4.4	Gesichtsbereich, Haube	106

VII

16.5	Herstellung und Erprobung eines verbesserten Reinraum-Kleidungssystems	106
16.6.1	Versuchsdurchführung	106
16.6.2	Ergebnisse und Interpretation	107
17	Zusammenfassung	108
18	Literaturverzeichnis	114