



Doctoral Thesis

Particle resuspension from a multi-layer deposit by turbulent flow

Author(s):

Fromentin, Antoine

Publication Date:

1989

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000569023> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 8971

Particle Resuspension from a Multi-Layer Deposit by Turbulent Flow

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

For the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by

Antoine FROMENTIN
Dipl. Mec. Eng. EPFL
born 10.2.1960
citizen of Vers-l'Eglise (VD)

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. G. Yadigaroglu, examiner
Prof. Dr. W. Schikarski, co-examiner



Zurich 1989

Résumé

L'objectif de ce travail est l'étude de la resuspension d'un lit de particules exposé à un flux d'air turbulent.

L'expérience PARESS a été conçue de manière à reproduire le phénomène dans des conditions mesurables. Des dépôts multi-couches ont été créés par sédimentation sur des plaques d'aciers d'aérosols similaires à ceux produits lors d'un accident sévère d'un réacteur nucléaire. Ces coupons ont ensuite été exposés à un flux d'air turbulent ($U_\infty = 5 - 25$ m/s), et l'évolution temporelle du flux de resuspension des particules a été mesurée.

L'expérience a montré que le flux de resuspension F_r décroît en fonction du temps d'exposition t selon une relation qui peut au mieux être approchée par une loi en puissance de la forme:

$$F_r = a \cdot t^{-b} \quad [\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}]$$

Ces deux paramètres a et b dépendent de la vitesse du flux d'air et de la nature du dépôt de particules.

Un nouveau modèle semi-empirique, basé sur la comparaison des distributions des forces d'adhésion fixant les particules au substrat et des forces aérodynamiques tendant à les en éloigner, est proposé dans le but de tenir compte de la nature aléatoire du phénomène. Ce modèle permet de prédire la diminution du flux de resuspension en fonction du temps et de la vitesse du flux d'air.

Une relation purement empirique basée sur les différents résultats expérimentaux a été proposée. Il apparaît que le flux de resuspension est sensiblement proportionnel au cube de la vitesse du flux d'air et qu'il existe une pseudo-vitesse critique en-dessous de laquelle aucune resuspension n'a lieu.

Abstract

The aim of this work was to contribute to the understanding and quantification of particle resuspension from a bed exposed to a turbulent flow.

The PARESS experiment has been set up and conducted. Multi-layer deposits of particles were created by allowing aerosols to settle on steel plates under conditions typical of a nuclear reactor containment following a severe accident. These were then exposed to a controlled turbulent airflow ($U_\infty = 5 - 25$ m/s) in a wind tunnel and the evolution of the resuspension flux as a function of time was measured.

The resuspension flux F_r decreased with exposure time to the airflow t , according to a power law:

$$F_r = a \cdot t^{-b} \quad [\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}]$$

The parameters a and b depend on the flow velocity and the nature of the deposit.

A new semi-empirical model, based on the comparison between the distributions of adhesive forces holding the particles on the deposit and aerodynamic forces tending to remove them, has been developed to simulate the stochastic nature of particle resuspension. This model is able to predict the experimentally observed decrease of the resuspension flux as a function of time and its dependence on flow velocity.

Based on the results of the PARESS experiment, an empirical global relationship, which ignores the fine effects due to the nature of the different deposits, has been proposed. It appears that the resuspension flux is approximately proportional to the cube of the flow velocity, and that a pseudo threshold velocity exists below which virtually no resuspension occurs.

Zusammenfassung

Das Ziel der Untersuchung war, ein besseres Verständnis der Teilchenresuspension einer Partikelschicht zu erhalten, die unter dem Einfluss einer turbulenten Gasströmung steht.

Zu diesem Zweck wurde das Experiment PARESS aufgebaut, welches das Phänomen der Resuspension messtechnisch zugänglich machte. Es wurden mehrlagige Schichten hergestellt, die dem Deposit als Folge eines schweren Reaktorunfalles, sehr ähnlich sind. Diese Proben wurden dann einer turbulenten Strömung ($U_\infty = 5 - 25 \text{ m/s}$) ausgesetzt und die Zeitabhängigkeit des Resuspensionsflusses gemessen.

Die Versuche haben gezeigt, dass der Fluss der Resuspension F_r mit zunehmender Expositionszeit t abfällt, gemäss einem Potenzansatz der Form:

$$F_r = a \cdot t^{-b} \quad [\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}]$$

Die beiden Parameter a und b hängen von der Luftströmung und von der Art und Weise des Partikeldepots ab.

Ein neues halbempirisches Modell konnte aufgedeckt werden, das einerseits auf der Adhäsion der Partikel am Substrat, und andererseits auf den aerodynamischen Kräften beruht. Das Modell, welches dem stochastischen Prozess Rechnung trägt, vermag die Abnahme des Resuspensionsflusses in Abhängigkeit der Zeit und der Strömungsgeschwindigkeit vorauszusagen.

In der Folge konnte eine reine empirische Formel auf Grund der erhaltenen Resultate vorgeschlagen werden, die unabhängig von den verschiedenen Probeeigenschaften ist. Es scheint, dass der Resuspensionsfluss in etwa proportional der kubischen Strömungsgeschwindigkeit existiert, unterhalb derer keine Resuspension mehr zu beobachten ist.