



SPECIAL ISSUE

PROGRESS

**IN
COAL,
STEEL
AND
RELATED
SOCIAL
RESEARCH**

FINAL RESEARCH REPORTS

SAFETY IN MINES

INDUSTRIAL HYGIENE
IN MINES

A EUROPEAN JOURNAL
SUPPLEMENT TO EUROABSTRACTS

DECEMBER
1 9 9 3

No **16**

PROGRESS IN
COAL STEEL AND RELATED SOCIAL
RESEARCH
A European Journal

Edited by the
Commission of the European Communities
Directorate-General XIII

In association with
Pouwer & Schretlen B.V., Rotterdam
and



Editorial Board

A. FOUARGE
Secrétaire Comité
consultatif CECA

P.F. SENS
Technical steel research
DG XII
Science, Research and Development

F. KINDERMANN
Coal technologies
DG XVII
Energy

W. OBST
Mines and other extractive industries
and
R. HAIGH
Industrial medicine and hygiene
DG V
Employment, Industrial Relations and Social Affairs

T. CARR
Visiting Professor
Royal School of Mines,
London

Editors

R. RAPPARINI and P. PROMETTI
Dissemination of Scientific and
Technical Knowledge Unit

Publisher

Office for Official Publications
of the European
Communities

Legal notice

Neither the Commission of the European Communities
nor any person acting on behalf of the Commission
is responsible for the use which might be made of
the following information

Avertissement

Ni la Commission des Communautés européennes,
ni aucune personne agissant au nom de la Commission
n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait
des informations ci-après

©ECSC-EEC-EAEC, Brussels - Luxembourg, 1993
CECA-CEE-CEEA, Bruxelles - Luxembourg, 1993

CONTENTS

SPECIAL ISSUE

FORSCHUNGSVERTRÄGE
RESEARCH AGREEMENTS
CONVENTIONS DE RECHERCHE

ZWEITEN PROGRAMM "SICHERHEIT IM BERGWERK"
SECOND PROGRAMME "MINE SAFETY"
DEUXIÈME PROGRAMME "SÉCURITÉ MINIÈRE"

3

FÜNFTEN UND SECHSTEN PROGRAMM "INDUSTRIELLE
HYGIENE IM BERGWERK"
FIFTH AND SIXTH PROGRAMME "INDUSTRIAL
HYGIENE IN MINES"
CINQUIÈME ET SIXIÈME PROGRAMMES "HYGIÈNE
INDUSTRIELLE DANS LES MINES"

25

FÜNFTEN PROGRAMM "UMWELTSVERSCHMUTZUNG IM
STAHLWERK"
FIFTH PROGRAMME "POLLUTION IN THE STEEL INDUSTRY"
CINQUIÈME PROGRAMME DE RECHERCHE "POLLUTION EN
SIDÉRURGIE"

59

GEMEINSCHAFTSNACHRICHTEN
COMMUNITY NEWS
NOUVELLES DE LA COMMUNAUTÉ

RAPPORT DE LA COUR DES COMPTES DES COMMUNAUTÉS
EUROPÉENNES SUR LES ÉTATS FINANCIERS AU
31 DÉCEMBRE 1992
DE LA COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DU CHARBON
ET DE L'ACIER

Journal officiel des Communautés européennes
C 220 du 14 août 1993

73

FORSCHUNGSVERTRÄGE
RESEARCH AGREEMENTS
CONVENTIONS DE RECHERCHE

ZWEITEN PROGRAMM "SICHERHEIT IM BERGWERK"
SECOND PROGRAMME "MINE SAFETY"
DEUXIÈME PROGRAMME "SÉCURITÉ MINIÈRE"

Zeitabhängige Änderungen für das stillsetzen und wiederanlaufen von Luttentlüftern

BRITISH COAL CORPORATION, EASTWOOD, VEREINIGTES KÖNIGREICH

Vertrag Nr.: 7258-05/129/08

Dauer: 1.7.86 - 30.6.89

DAS PROBLEM

Im britischen Bergbau hat die Konzentration und anwachsende Förderleistung besondere Anforderungen an die Bewetterung gestellt, um sichere Umweltbedingungen unter Tage zu erhalten. Die Bewetterungsnetze haben einen hohen Widerstand, und da die für die Bewetterung erforderliche Stromaufnahme proportional zur dritten Potenz des Durchsatzvolumens ist, stieg die Stromaufnahme für die Bewetterung stark an, wobei die Luttentlüfter unter Tage eine Leistungssteigerung von etwa 25% der Gesamtsumme verzeichnen. In vielen Gruben wirkt sich das Stillsetzen oder Wiederanlaufen der Luttentlüfter zu erheblichen Druck- und Volumenänderungen in einem bedeutenden Teil des Netzes aus. Diese haben ihrerseits einen Einfluß auf die Konzentration der Schadstoffe und die Abscheidefähigkeiten des Bewetterungssystems. Auch können Druckänderungen die Eintrittsrate von Schadstoffen in den Luftstrom der Bewetterung ändern. Deshalb kann das Stillsetzen und Wiederanlaufen von Luttentlüftern unter Tage eine wichtige Auswirkung auf die Sicherheit der Umwelt unter Tage haben.

PROJEKTZIELSETZUNG

- Beobachten, Messen und Aufzeichnen der zeitabhängigen Auswirkungen, die beim Stillsetzen oder Wiederanlaufen eines Luttentlüfters unter Tage im Bewetterungssystem entstehen.
- Untersuchung, Analyse und Entwicklung einer stützenden Theorie für das Stillsetzen und Wiederanlaufen von Luttentlüftern.
- Integration dieser Theorie in einer Computersimulation, um die zeitabhängigen Auswirkungen auf ein Bewetterungssystem vorauszusagen, die beim Stillsetzen oder Wiederanlaufen eines Luttentlüfters entstehen, und Vergleich der Aussagen des Computermodells mit den Meßwerten.
- Auswertung der Auswirkung der zeitabhängigen Änderungen, die durch das Stillsetzen und Wiederanlaufen eines Luttentlüfters im Bewetterungs-

system entstehen und ihre Auswirkung auf die Sicherheit der Umwelt unter Tage.

ARBEITSPROGRAMM

- Rezension von früher durchgeführten und berichteten Arbeiten.
- Analyse eines einfachen Zweilüfter-Bewetterungskreislaufs und Entwicklung der Theorie für das Stillsetzen oder Wiederanlaufen eines Lüfters.
- Integration der Theorie in eine Computersimulation und Auswertung der Voraussagen.
- Zusammenbau und Prüfung im Labor einiger alternativen un stetigen Luftmengenmeß- und -aufzeichnungssysteme, die sich für den Einsatz in gas haltigen Gruben eignen. Auswahl eines Systems und Bestätigung seiner Kalibrierung.
- Suche nach geeigneten Prüf orten unter Tage und Erlaubnis des Betriebs direktors für das Durchführen von Messungen. Durchführung von Prüfungen in verschiedenen Bewetterungsnetzen unter Tage beim Stillsetzen und Wiederanlaufen eines Luttentlüfters.
- Vergleich der Voraussagefähigkeit eines einfachen Computerkreislaufmodells gegen die in einem komplizierten Grubenbewetterungsnetz aufgezeichneten Daten. Weitere Entwicklung des Computermodells.
- Erkennung der Einwirkung der zeitabhängigen Änderungen in einem wirklichen Bewetterungssystem durch Stillsetzen und Wiederanlaufen eines Luttentlüfters auf andere Verfahren, die eine Auswirkung auf die Sicherheit der Umwelt unter Tage haben.
- Auswertung der Projekterkenntnisse und Vorschläge von Bereichen für weitere Arbeiten.
- Das Ziehen von Schlußfolgerungen.

FRÜHERE ARBEITEN UND GRUNDSÄTZLICHE THEORIE

Frühere Arbeiten

Die folgende Erklärung ist in einem Bericht des britischen Safety in Mines Research Establishment 1955 (1957 veröffentlicht) über das Stillsetzen von Hauptlüftern abgedruckt:

"Während die anfängliche Auswirkung der Lüfterreglung innerhalb ein paar Sekunden erkannt wurde, wurde die volle Auswirkung nur in 2 bis 3 Minuten in einer Grube und in 5 bis 6 Minuten in der anderen erreicht." Diese Größe des Zeitintervalls wurde auch von Hinsley und Jones 1960 bestätigt. Das für das Modell verwendete Projekt wurde von Litwiniszyn in Polen 1951 eingeleitet und von Trutwin weiterentwickelt. Beide arbeiten an der Wissenschaftlichen Akademie in Krakau. Das Modell verwendet eine nicht zusammendrückbare Flüssigkeit.

Einfacher Wetter führungskreislauf

Dieser besteht aus einem Hauptlüfter über Tage, der durch zwei Schächte und einer einzigen Strecke unter Tage mit einem Luttentlüfter unter Tage in Verbindung steht. In jedem Augenblick herrscht ein einziger gemeinsamer Durchflußmengenwert im Kreislauf. Die Durchflußänderungsgeschwindigkeit nach einem Stillsetzen oder Wiederanlaufen wird ausgedrückt durch:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{B} (h_m + h_b - RIQIQ)$$

wo:

Q = luftdurchflußgeschwindigkeit
t = zeit
B = akustische masse = $\rho \frac{L}{A}$
h_m = hauptlüfterdruck
h_b = luttentlüfterdruck
R = widerstand im kreislauf
Q = luftdichte
L = länge des kreislaufs
A = querschnitt der grubenbaue

Auf seiner Kennlinie kann der Hauptlüfterdruck für jeden Wert von Q abgelesen werden. Die Bestimmung des Luttentlüfterdrucks ist komplizierter, da dieser während des Stillsetzens und Wiederanlaufens des Lüfters seine Drehzahl ändert. Für die Berechnung der Änderungsgeschwindigkeit der Drehzahl wird eine Gleichung verwendet, welche das Ungleichgewicht des Drehmoments der Antriebswelle auf das Trägheitsmoment von

Lüfter und Antrieb um die gleiche Achse bezieht. Auch die anderen beteiligten Drehmomente ändern sich mit der Drehzahl und deshalb sind diese Beziehungen erforderlich. Die Lüftergesetze werden verwendet, um Daten von der Kennlinie des Luttenlüfters bei normaler Betriebsdrehzahl zu übersetzen, um Werte für den Luttenlüfterdruck bei jeder besonderen Drehzahl während eines Stillsetzens oder Wiederanlaufens zu berechnen. B und R sind Konstante. Auf diese Weise sind alle Ausdrücke auf der rechten Seite der Gleichung bekannt und somit kann die Änderungsgeschwindigkeit für Q berechnet werden. Dies ermöglicht die Berechnung von inkrementalen Q-Werten, so daß die zeitlichen Änderungen der instationären Strömung bestimmt werden können.

Der Ausdruck für die Kreislaufreibung in der Gleichung RQ^2/B ist unabhängig von der Länge des Kreislaufes, da sowohl R und B direkt proportional zur Länge sind.

Stillsetzen des Luttenlüfters

Unmittelbar vor dem Stillsetzen des Luttenlüfters herrscht ein Stationärzustand im Kreislauf, wobei der gesamte Lüfterdruck dazu verwendet wird, den durch Reibung erzeugten Druckabfall bei gleichmäßiger Durchflußgeschwindigkeit zu überwinden. Unmittelbar nach dem Abschalten überschreitet die gesamte Reibungskraft im System die zugeführte Leistung und auf diese Weise nimmt die Luftdurchflußgeschwindigkeit im Kreislauf ab. Beim Abschalten wird die durch die Antriebswelle übermittelte Leistung des Lüfters stillgesetzt. Der Lüfter führt dem durchströmenden Luftvolumen jedoch zusätzliche Energie (Druck) mit geminderter Geschwindigkeit durch das Freisetzen von gespeicherter Energie zu. Dies läßt sich jedoch nicht aufrechterhalten und bald wird eine Situation erreicht, wo die Reibungsverluste über den Lüfter die rückgewonnene gespeicherte Energie überschreiten, und dies ist der Punkt, wo der Luttenlüfter dem Luftstrom Energie entnimmt, wodurch ein Druckabfall beim Durchsatz verursacht wird. Der Lüfter läuft wie eine Turbine und seine Drehzahl nimmt weiter ab und nähert sich einem konstanten Wert, während die Übergangsperiode beendet wird. Die Abfallgeschwindigkeit der Luttenlüfterdrehzahl wird durch das Verhältnis der Summe von Antriebsreibung und aerodynamischen Drehmomenten zu dem kombinierten Trägheitsmoment von Lüfter und Antrieb bestimmt.

Wiederanlaufen des Luttenlüfters

Vor dem Wiederanlaufen läuft der Luttenlüfter wie eine Turbine mit kon-

stanter Drehzahl und wird durch den Druck des Hauptlüfters angetrieben, während der Druck der durchströmenden Luft abnimmt. Die gleichen Beziehungen wie beim Stillsetzen des Lüfters gelten jedoch bei umgekehrter Richtung, da beim Wiederanlaufen dem Luftstrom Energie zugeführt wird. Ein weiterer wichtiger Unterschied ist die Geschwindigkeit, mit welcher dem Luttenlüfter durch den Antrieb Energie zugeführt werden kann. Diese Geschwindigkeit überschreitet häufig die Abnahmegeschwindigkeit durch Reibung beim Stillsetzen. Auf diese Weise wird ein Stationärzustand in kürzerer Zeit erreicht und dies ist der Grund, warum die Übergangszeit beim Wiederanlaufen gewöhnlich kürzer als beim Stillsetzen des gleichen Luttenlüfters ist.

MESS- UND AUFZEICHNUNGSSYSTEM FÜR LUFTDURCHFLUSSGESCHWINDIGKEIT

Die meisten für den Einsatz unter Tage erstellten Meßinstrumente für Luftdurchflußgeschwindigkeit wurden für die Handhabung von turbulenten, jedoch stationären Strömungen entworfen. Zu diesem Zweck werden sie häufig mit dämpfenden und integrierenden Einrichtungen versehen, die sie für das Messen der beim Stillsetzen oder Wiederanlaufen eines Luttenlüfters entstehenden instationären Übergangsströmungen ungeeignet machen. Am Anschluß an ausgedehnte Laborprüfungen wurde aufgrund von Leistung und Verfügbarkeit das Meßsystem MSA BA4 gewählt; dies ist ein Luftgeschwindigkeitsmeßwertgeber, der an einen Tinylog-Einkanaltreiber angeschlossen ist. Später wurde ein Megalog-(15-kanal) Schreiber verwendet.

PRÜFUNGEN UNTER TAGE

Gewisse Schwierigkeiten entstanden beim Auffinden eines einfachen Luttenlüfterkreises, der sich für die Durchführung der Vergleiche von vorausgesagten und gemessenen Werten eignete. Außerdem lehnten es die meisten Bergwerksdirektoren ab, Luttenlüfter außerhalb des vorgeschriebenen Wartungsplans stillzusetzen und wiederanlaufen zu lassen. Messungen während des Stillsetzens und Wiederanlaufens für Wartungszwecke wurden in den Gruben Shirebrook und Bolsover erlaubt. In beiden Gruben war die Wetterführung kompliziert und die Luttenlüfteranlagen und Steuergeräte hatten nicht annehmbare Einrichtungen, die jeden direkten Vergleich mit einem einfachen ComputermodeLL ungültig machten.

Dies in der Nähe des Luttenlüfters in

Shirebrook durchgeführten Messungen bestätigten eine kürzere Übergangsdurchsatzperiode für das Wiederanlaufen sowie auch für das Stillsetzen. Es war jedoch nicht einfach, das Ende der Periode genau zu bestimmen, da erhebliche Schwankungen im Luftstrom auftraten. Unmittelbar nach dem Wiederanlaufen wurde eine geringe Abnahme und anschließend eine schnelle Beschleunigung des Luftdurchsatzes aufgezeichnet. Der obere Durchflußwert des Stationärzustands wurde 5 s nach dem Wiederanlaufen erreicht. Anschließend erfolgte ein erhebliches Überschwingen. Dann wurden die Schwingungen in den Stationärzustand etwa 12 s nach dem Wiederanlaufen gedämpft. Die Luftstromübergangskennlinie nach dem Stillsetzen hat die Form einer gut definierten Abfallkennlinie, wobei der untere Stationärzustand des Durchflusses nach etwa 28 s erreicht wurde.

Die Situation in Bolsover war gar nicht ideal, da die Messungen das Stillsetzen und Wiederanlaufen von zwei Luttenlüftern im Füllort erfaßten. Diese beiden waren gegenseitig aus Sicherheitsgründen verriegelt. Ein großer Teil des für die Messungen in Shirebrook abgegebenen Kommentars ist jedoch auch für die Resultate in Bolsover gültig. Beim Wiederanlaufen erfolgte nach dem anfänglichen geringen Abfall eine schnelle Beschleunigung und ein Überschwingen. Die Gesamtzeit bis zum Erreichen eines Stationärzustands war etwa 13 s. Die Beschleunigungsperiode war mit 8 s jedoch etwas länger. Die Kennlinie für das Stillsetzen war keine typische Abfallkennlinie. Ihr Ende war stark abgestumpft und dies ergab das Erreichen des Stationärzustands in etwa 15 s. Dies war sehr ähnlich wie beim Wiederanlaufen. Bei Zugrundelegung der früheren Argumente läßt dies erkennen, daß die Nettozuführgeschwindigkeit von Energie in das System beim Wiederanlaufen mit der Zerstreungsgeschwindigkeit beim Stillsetzen verglichen werden kann.

Die Übergangsperioden für die Durchflußgeschwindigkeit nach dem Stillsetzen und Wiederanlaufen des Lüfters, wie in dieser komplizierten Wetterführung beobachtet, sind erheblich kürzer als die durch das Simulationsmodell für einen einfachen Kreislauf ähnlicher Länge vorausgesagten Werte.

UMWELTSCHUTZFAKTOREN UNTER TAGE

Die dem Umweltschutz unter Tage besonders beeinflussenden Bewertungparameter sind Luftdurchflußgeschwin-

digkeit (Volumen) und Druck. Die vorkommenden Druck- und Volumenänderungsgeschwindigkeiten sind immer in der Nähe des Luttenlüfters am größten und hängen von der Leistung des stillgesetzten oder wiederanlaufenden Luttenlüfters ab.

Das Volumen ist ein Maß, welches die Hauptbewetterungsfunktionen zur Verdünnung und Abfuhr von Schadstoffen bestimmt. Sonderbewetterungssysteme hängen von einer ausreichenden Versorgung mit Frischluft ab, und dies ist besonders wichtig für das Aufrechterhalten der Systemeinrichtungen, welche eine geregelte Luftumwälzung verwenden. Nach einem Stillsetzen/Wiederanlaufen werden die Volumen und Druckänderungen sofort vom Ort des Lüfters durch die Wetterführung übertragen. Je größer der Abstand, um so geringer sind die Auswirkungen fühlbar.

Deshalb treten sofortige Änderungen bei der Abfuhr schädlicher Gase, Staub, oder Erwärmung mit Hinsicht auf die oben genannten Wetterführungsfunktionen ein. Die größte Gefahr bilden entflammare und/oder gesundheitsschädliche Gase in Situationen, wo die Wetterführung schon stark mit diesen Schadstoffen belastet ist, wenn das Stillsetzen eines Lüfters zu einer bedeutenden Abnahme des Luftdurchsatzes führt. Von der Volumenänderungsgeschwindigkeit konnte jedoch keine Abnahme der Sicherheit erkannt werden.

Die Luftströmung wird durch eine Druckdifferenz angetrieben. Das Stillsetzen/Wiederanlaufen eines Lüfters führt zu einer Neuverteilung der Drücke in der Wetterführung, welche seinerseits zu einer Neuverteilung des Durchflusses führen kann. Außerdem ist das Netz häufig an Gasbehälter angeschlossen, und die Durchflußgeschwindigkeit von Schadstoffen aus diesen wird durch den Differenzdruck geändert. Diese Verfahren sind jedoch langsam im Vergleich mit den Übergangsperioden, die durch das Stillsetzen und Wiederanlaufen entstehen und deshalb treten Änderungen der Schadstoffkonzentration ein, nachdem der Luftstrom wieder den Stationärzustand erreicht hat. Alternativ hat das schnelle Wiederanlaufen eines Luttenlüfters nach einem Stillsetzen nur einen geringen Einfluß auf diese Vorgänge. Kohle- und Flözgasdrücke sind besonders hoch, und die durch das Stillsetzen/Wiederanlaufen eines Lüfters erzeugten Änderungen haben einen kaum spürbaren Effekt auf eine direkte Gasauslösung aus diesen Quellen.

PROJEKTAUSWERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Computersimulation

Die Entwicklung eines Computermodells für eine einfache Wetterführung enthielt das mathematische Nachbilden eines Systems der Vorgänge beim Stillsetzen und Wiederanlaufen des Luttenlüfters und seines Antriebs. Die Prüfungen mit dem Modell haben die Hauptreaktionen des Luftstroms erkennen lassen, wie sie auch in den aufgezeichneten Prüfungsdaten unter Tage vorhanden sind. Das Stillsetzen/Wiederanlaufen eines Luttenlüfters in der Wetterführung erzeugt nicht nur eine Änderung des gesamten Luftdurchsatzes, sondern auch eine Neuverteilung zwischen den verschiedenen Zweigen. Dies läßt sich durch ein einfaches analytisches Modell nicht handhaben. Es sollte jedoch möglich sein, eine Lösung mit Hilfe von numerischen Methoden zu finden. Das Modell eines instationären Durchflusses sollte ausgedehnte Anwendung in anderen manuellen und automatischen Bewetterungsanlagen finden und dies ist ein Gebiet für zukünftige Forschungsarbeiten.

Prüfungen unter Tage

Diese Prüfungen mußten in großen Wetterführungssystemen mit komplizierten Lüfteranlagen durchgeführt werden, und zwar während das Stillsetzen und Wiederanlaufen für Wartungszwecke stattfand. Dies machte jeden direkten Vergleich mit den Voraussagen eines einfachen Computermodells unmöglich. Die Kennlinien der aufgezeichneten Übergangsluftströme sind jedoch den vorausgesagten sehr ähnlich. Es ist bemerkenswert, daß beide gemessene Wiederanlaufkennlinien eine geringe Abnahme des Luftstroms nach dem Einschalten des Luttenlüfters und dann eine sehr schnelle Beschleunigung und ein Überschwingen des oberen Stationärzustands verzeichneten. Dann wurden die Schwingungen auf diesen Wert gedämpft und dies ist mit den vorausgesagten Kennlinien in Übereinstimmung. Die Übergangsperioden für das Wiederanlaufen waren kürzer als diejenigen für das Stillsetzen und auch dies stimmte mit den Voraussagen überein. Die gemessenen Übergangsperioden in Wetterführungen waren kürzer als die Voraussagen für einen einfachen Kreislauf von über Tage bis über Tage durch Haupt- und Luttenlüfter. Die Schwankungen des Luftstroms aus den aufgezeichneten Daten machten es schwierig, das genaue Ende einer Übergangsperiode zu erkennen. Die längste Wiederanlaufperiode in der Nähe eines Luttenlüfters gemessen war 13 s, die Stillsetzperiode 28 s. Die Priorität für weitere Arbeiten wäre die Durchführung

von weiteren Druck-/Volumenmessungen in einer Wetterführung nach dem Stillsetzen und Wiederanlaufen eines Luttenlüfters.

Auswirkung auf den Umweltschutz

Die beim dem Stillsetzen und Wiederanlaufen von Lüftern entstehenden sehr schnellen Druck- und Volumenschwankungen führten zu keinem direkten Anstieg des Sicherheitsrisikos, jedoch zeitabhängige Änderungen werden in anderen Verfahren wie zum Beispiel Gasemission fortgesetzt, auch nachdem Druck und Volumen in der Wetterführung wieder den Stationärzustand erreicht haben. Luttenlüfter üben häufig eine dominierende Steuerung über das Bewetterungsniveau eines großen Teils einer Grube aus, und bei einem Stillsetzen erfolgt eine bedeutende schnelle Abnahme des Volumens für die Verdünnung von Schadstoffen, um auf diese Weise den Umweltschutz zu verringern. Die den Grad der Verschlechterung beeinflussenden Faktoren sind die Größe der Abnahme in der Durchflußmenge, die Dauer des Lüfterstillstands und die Auswirkung der Druckänderungen in der Wetterführung auf die Schadstoffemissionsrate. Luttenlüfter werden normal in Wetterabzugsstrecken von gasenden Gruben eingebaut, so daß bei einem Stillstand des Lüfters, was häufig ein unvorhergesehenes Ereignis ist, der Druck in der Wetterführung ansteigt, um eine temporäre Abnahme der Ausflußgeschwindigkeit von gasförmigen Schadstoffen aus angeschlossenen Behältern in die Wetterführung zu verursachen. Auf diese Weise werden Gaskonzentrationen niedrig gehalten, während die Versuche zum Wiederanlaufen des Luttenlüfters durchgeführt werden. Sobald jedoch der Lüfter wieder anläuft, erfolgt ein temporärer Anstieg der Gasemissionsgeschwindigkeit, obgleich dann das volle Luftvolumen für die Verdünnung zur Verfügung steht. Die größte Gefährdung des Umweltschutzes entsteht aus den hohen Gaskonzentrationen, die bei längeren Stillstandszeiten eines Luttenlüfters entstehen, oder durch den erhöhten Gaseintritt in die Wetterführung beim Wiederanlaufen. Die Simulation von Änderungen der Gaskonzentration in einer Wetterführung durch das Stillsetzen und Wiederanlaufen von Luttenlüftern erfordert die Entwicklung oder Anpassung eines Ganzgasspeicher-Abgabemodells, das mit der Luftdurchflußsimulation der Wetterführung verbunden werden könnte, und dies sollte weiter bei zukünftigen Arbeiten betrachtet werden.

Time-dependent changes associated with the stopping and re-starting of booster fans

BRITISH COAL CORPORATION, EASTWOOD, UNITED KINGDOM

Contract No 7258-05/129/08

Duration: 1.7.86 - 30.6.89

THE PROBLEM

In UK coalmines the concentration and increases in coal production rates have required major increases in airflow-rates in order to maintain safe underground environmental conditions. The ventilation networks are of high resistance and, as the power consumed in ventilation is proportional to the cube of the quantity flowing, ventilating power consumption has escalated, with underground booster fan contribution increasing to around 25% of the total. At many mines the stopping or restarting of a booster fan results in large changes in pressures and quantities around a significant section of the network. These in turn result in changes in the pollutant dilution and removal capability of the ventilation system, also the pressure changes may alter the rate at which pollutants enter the ventilating airstream. Therefore the stopping and restarting of underground booster fans can have an important influence on the safety of underground environmental conditions.

PROJECT OBJECTIVES

- To observe, measure and record the time dependent effects produced in a ventilation system when an underground booster fan is stopped or restarted.
- To investigate, analyse and develop the supporting theory for booster fan stops and restarts.
- To incorporate this theory in a computer simulation to predict the time dependent effects on the ventilation system that would occur if a booster fan is stopped or restarted and to test the computer model predictions against measured data.
- To evaluate the impact of the time dependent changes that are produced in the ventilation system from stopping or restarting a booster fan on the safety of the underground environment.

PROGRAMME OF WORK

- To review previous direct and associated reported work.
- To analyse a simple two fan ventilation circuit and develop the theory for stopping or restarting one fan.
- To incorporate the theory into a computer simulation and to evaluate its predictions.
- To assemble and test in the laboratory some alternative unsteady airflow measuring and recording systems suitable for use in gassy mines; to select a system and confirm its calibration.
- To seek suitable underground test sites and the mine managers' permission to make measurements; to carry out tests in different underground ventilation networks on both stopping and restarting a booster fan.
- To compare the prediction capability of the simple circuit computer model against data recorded from a complex mine ventilation network; to further develop the computer model.
- To identify the impact of the time dependent changes produced in a real ventilation system by stopping and restarting a booster fan on other processes that have influence on the safety of the underground environment.
- To evaluate the Project findings and suggest areas for further work.
- To draw conclusions.

PREVIOUS WORK AND BASIC THEORY

Previous Work

In the UK Safety in Mines Research Establishment Report for 1955 (published in 1957) on the stopping of main fans is the following statement: "Whilst the initial effect of fan-regulation was detectable everywhere within a few seconds, the full effect was only reached in 2 to 3 minutes in one colliery and 5 to 6 minutes in the other." This order of time

interval was also confirmed by Hinsley and Jones in 1960. The model adopted for the Project was initiated by Litwiniszyn in Poland in 1951 and has been further developed by Trutwin, both workers are from the Academy of Sciences in Krakow. The model uses an incompressible fluid medium.

Simple Ventilation Circuit

This consists of a main surface fan connected to an underground booster fan using two shafts and a single underground drive. At any instant in time there is a single, common value of flowrate throughout the circuit. The rate of change of flow following a stop or restart is represented by:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{B} (h_m + h_b - RIQ)$$

where:

Q = airflow-rate

t = time

B = acoustic mass = $\rho \frac{L}{A}$

h_m = main fan pressure

h_b = booster fan pressure

R = circuit resistance

ρ = air density

L = circuit length

A = cross-sectional area of interconnecting airways

The main fan pressure can be read from its characteristic curve for any value of Q. Determining the booster fan pressure is more complex as it is changing its speed during a fan stop or restart. The rate at which it is changing its speed is calculated using an equation which relates the imbalance of torque about the drive shaft to the moment of inertia of the fan and drive about the same axis. The contributing torques also change with speed and so these relationships are required. The Fan Laws are used to translate data from the characteristic curve of the booster fan at its normal operating speed to provide values of booster fan pressure at any particular speed during a stop or restart. Both B and R are constants and so all the terms on the right side of the equation are known and the rate of change in Q can be evaluated. This enables incremental values of Q to be calculated so that the pattern and period of unsteady flow is established.

The circuit friction term in the equation, RQ^2/B , is independent of the length

of the circuit as both R and B are directly proportional to length.

Booster Fan Stop

Immediately before stopping the booster fan, a steady state is present in the circuit in which the total fan pressure supplied is consumed in overcoming the frictional pressure drop created when passing the steady state flow-rate. Immediately following switch off, the total frictional power consumption in the system is in excess of the power supply and so the airflow-rate through the circuit starts to reduce. At switch off, the drive shaft power input to the booster fan stops but the fan continues to add energy (pressure) to the airstream as it passes through it, although at a reduced rate, by releasing stored energy. This cannot be sustained and a situation is soon reached where the frictional losses across the fan are in excess of the stored energy recovery and this is when the booster fan starts to remove energy from the airstream, resulting in a pressure reduction as it passes through it. The fan is said to be 'turbining' and its speed will continue to reduce approaching a constant value as the transient period comes to an end. The rate of decrease in the booster fan speed is determined by the ratio of the summation of the drive friction and aerodynamic torques to the combined moment of inertia of the fan and drive.

Booster Fan Restart

Prior to restarting the booster fan it will be 'turbining' at a steady speed, driven by pressure supplied by the main fan, with a reduction in the airstream pressure occurring as it passes through it. The same relationships hold as for the fan stop but the process direction is reversed, as energy is added to the airstream on restart. Another important difference is in the rate at which energy can be supplied to the booster fan through the drive arrangement as this is often higher than the rate it is removed through friction for the stop. This reduces the time required to attain steady state and is the reason why the transient period for a restart is normally shorter than for the stop on the same booster fan installation.

AIRFLOW-RATE MEASURING AND RECORDING SYSTEM

Most airflow-rate measuring instruments produced for underground use have been designed to handle turbulent but steady flows. To do this they often include damping or integrating features which make them unsuitable for measuring the unsteady, transient type flows that occur following a booster fan stop or

restart. Following extensive laboratory tests the measuring system selected, on performance and availability grounds, was the M.S.A.BA4 air velocity transducer linked to a Tinylog single recorder. Later a Megalog (fifteen channel) recorder was also used.

UNDERGROUND TESTS

Difficulty was experienced in finding a simple booster fan circuit which was suitable for carrying out predicted and measured comparisons. In addition, most mine managers were unwilling to allow booster fans to be stopped and restarted other than as part of the specified maintenance schedule. Agreement was given for measurements to be made whilst stops/restarts were taking place for maintenance purposes at Shirebrook and Bolsover Collieries. These circuits were both in complex networks and included undesirable features in the booster fan installations/control, making any direct comparison with the simple circuit computer model invalid.

The Shirebrook measurements, which were made close to the booster fan, confirmed a shorter transient airflow period for the restart than for the stop but the end of the period was not easy to define exactly because of airflow fluctuations. Immediately following the restart a slight reduction in the flow is recorded followed by a very rapid acceleration. The upper steady state flow value was reached 5 seconds after restart, followed by a significant overshoot and then oscillations which were damped out to the steady state flow some 12 seconds after the restart. The airflow transient curve following the stop takes the form of a well defined decay curve with the lower flow steady state value reached after some 28 seconds.

The Bolsover situation was far from ideal as the measurements are for the stopping and restarting of two booster fans located in the pit bottom area which were interlocked for safety reasons. However, many of the comments made on the Shirebrook measurements are equally valid for the Bolsover results. On restart, there was the initial slight reduction in flow followed by rapid acceleration and overshoot. The total time to reach steady state was approximately 13 seconds but the acceleration period was slightly longer at 8 seconds. The stop curve was not like a typical decay curve as the tail was very truncated and this resulted in the steady state value being attained in around 15 seconds, making it very comparable with the restart. Based on previ-

ous arguments, this suggests that the net rate at which energy is being added to the system in the restart is comparable with the rate it is being dissipated in the stop.

The transient periods for airflow-rate following both fan stops and restarts as observed in these complex network situation are significantly shorter than those predicted by the simulation model for a simple circuit of equivalent length.

UNDERGROUND ENVIRONMENTAL SAFETY FACTORS

The principal ventilation parameters that influence the safety of underground environmental conditions are airflow-rate (quantity) and pressure. The magnitude of the changes in pressure and quantity that occur will be greatest in airways immediate to the booster fan site and will be related to the power of the booster fan which is being stopped or restarted.

Quantity is the property that controls the principal ventilation functions of rate of dilution, level of dilution and rate of removal of pollutants. Auxiliary ventilation systems are dependent on an adequate supply of fresh air and this is particularly important in maintaining the design features of systems that use controlled recirculation of air. Following a stop/restart the changes in both quantity and pressure will be transmitted immediately from the fan site throughout the network but will be felt with diminishing effect as the distance increases. Therefore immediate changes will take place in any pollutant gas, dust or heat dilution process with respect to the ventilation functions mentioned above. The greatest increase in risk is likely to be attached to inflammable and/or noxious gases in situations where the ventilation airstream is already heavily loaded with these pollutants when a fan stoppage occurs which results in a major reduction in the quantity. No reduction in safety was recognised from the rate at which the quantity changed.

Pressure difference is the driving potential for flow processes. Stopping/restarting a fan results in a redistribution of pressure around the ventilation network which in turn produces a redistribution of flow within it. In addition, the network is often connected to gas reservoirs and the pollutant flow-rate from these will change with the differential pressure. These processes are slow compared with the airflow transient period produced by a stop/restart and therefore contaminant concentration changes will be taking

place after the airflow has returned to a steady state. Alternatively, if the booster fan is quickly restarted following a stop then these processes are unlikely to be significantly affected. Coal and strata gas pressures are very high and the changes produced by fan stop/restarts will have a negligible effect on direct gas release from these sources.

PROJECT EVALUATION AND CONCLUSIONS

Computer simulation

The development of the simple circuit computer model has included the mathematical modelling of the booster fan and its drive for stop/restart events. The testing of the model has shown main features of the airflow response which were also present in the recorded underground test data. Stopping/restarting a booster fan located in a ventilation network produces not only a changing total airflow but also its redistribution with time between the various branches. This cannot be handled by the simple analytical model but it is believed that it could be solved using numerical methods. An unsteady flow network model would have wide application to other ventilation control problems, both manual and automatic, and is an area for future research work.

Underground Tests

These tests had to be carried out on large networks, with complex fan arrangement whilst maintenance

stops/restarts were taking place. This ruled out any direct comparison with simple circuit computer predictions but the shapes of the recorded transient airflow curves were very similar to the predicted ones. Notably, both measured restart curves showed a slight airflow reduction following booster fan switch on, very rapid acceleration and overshoot of the upper steady state value and then oscillations damping out to this value, which agreed with the predicted curves. The transient periods for the restarts were shorter than for the stops which agreed with predictions. The transient periods measured in the networks were shorter than those predicted for a simple, single circuit surface to surface route passing through the main and booster fans. Airflow fluctuations on the recorded data made deciding the exact end of a transient period difficult but the longest restart period, as measured close to the booster fan, was 13 seconds and the stop 28 seconds. The priority for further work is to make more measurements of pressures/quantities around the ventilation circuit following a booster fan stop/restart.

Influence on Environmental Safety

No direct increased safety risk has been identified from the very rapid change in pressure and quantity associated with fan stoppage/restart but time dependent changes will continue in other processes, like gas emission, well beyond the time when pressures and quantities around the ventilation circuit have reached a steady state. Booster fans often

have dominant control over the level of ventilation to a large section of a mine and when a stop occurs this will result in a major, rapid reduction in the quantity available to dilute pollutants thus reducing environmental safety. Factors that will determine the degree of deterioration will be the magnitude of the flow reduction, the duration of the fan stoppage and the influence the pressure changes around the circuit have had on the rate of pollutant emission. Booster fans are normally located in return airways of gassy mines so that when a fan stop occurs, which is often an unplanned event, the pressures rise around the circuit resulting in a temporary reduction in gaseous pollutant flow-rates from connecting reservoirs into the ventilation system. This helps to keep gas concentrations down whilst attempts are made to restart the booster fan but when the fan is restarted there will be a temporary increase in gas emission rate, although then there will be the full air quantity available to dilute it. The greatest large scale risk to underground environmental safety is likely to arise from the increase in gas concentration levels resulting from a booster fan remaining stopped for a long period of time, or in connection with the increased gas inflow to the ventilation system on its restart. The simulation of changes in gas concentrations around a ventilation network resulting from booster fan stops/restarts would require the development, or adaptation, of a gas storage/release model which would be linked to the network airflow simulation and this merits consideration for future work.

Variations temporelles associées à l'arrêt et à la remise en marche des ventilateurs auxiliaires

BRITISH COAL CORPORATION, EASTWOOD, ROYAUME-UNI

Contrat n° 7258-05/129/08

Durée: 1.7.86 - 30.6.89

LE PROBLÈME

Dans les mines du Royaume-Uni, la concentration de la production du charbon et l'amélioration des rendements ont nécessité d'importantes augmentations des débits d'air pour maintenir la sécurité des conditions ambiantes. Les réseaux d'aé-
rage ont une résistance élevée et, la consommation en aé-
rage étant proportionnelle au cube de la quantité transitée, les puissances consommées ont monté en flèche. La contribution de l'aé-
rage secondaire en fond de mine est passée à environ 25% du total. Dans de nombreuses mines, l'arrêt ou la remise en marche d'un ventilateur auxiliaire provoque de fortes variations de pression et de quantité d'air sur

une section du réseau. Ces variations entraînent à leur tour des changements de concentration des matières polluantes et des capacités d'extraction du système d'aé-
rage. Les variations de pression peuvent également modifier le débit d'entrée des matières polluantes dans l'écoulement d'aé-
rage. L'arrêt et la remise en marche des ventilateurs auxiliaires peuvent donc influencer de manière significative sur la sécurité des conditions ambiantes.

OBJECTIFS DU PROJET

- Observer, mesurer et enregistrer les effets temporels sur un système d'aé-
rage lors de l'arrêt ou de la remise en

route d'un ventilateur auxiliaire en fond de mine.

- Rechercher, analyser et mettre au point les aspects théoriques gouvernant les arrêts et les remises en marche des ventilateurs auxiliaires.
- Incorporer cette théorie dans une simulation sur ordinateur pour prévoir les effets temporels sur le système d'aé-
rage lors d'un arrêt ou d'une remise en marche d'un ventilateur auxiliaire et tester les prévisions du modèle sur des observations in situ.
- Évaluer l'impact des variations temporelles générées dans le système

d'aéragé par l'arrêt ou la remise en marche d'un ventilateur auxiliaire, sur la sécurité de l'environnement minier.

PROGRAMME DES TRAVAUX

- Revue des travaux préalables effectués dans ce domaine ou dans des domaines connexes.
- Analyse d'un circuit d'aéragé simple à deux ventilateurs et mise au point des principes gouvernant l'arrêt ou la remise en route d'un ventilateur.
- Incorporation de ces principes dans un modèle de simulation sur ordinateur et évaluation des prévisions.
- Élaboration et essais en laboratoire de quelques autres systèmes d'enregistrement et de mesure d'écoulement d'air instable adaptés aux mines à grisou : sélection d'un système et confirmation de son calibrage.
- Recherche de sites d'essai en fond de mine convenables et de l'autorisation des responsables pour effectuer les mesures. Conduite des essais dans différents réseaux d'aéragé en fond de mine à l'arrêt et remise en route d'un ventilateur auxiliaire.
- Comparaison des prévisions générées par le modèle avec les données observées dans un réseau d'aéragé minier complexe : affinement du modèle informatique.
- Identification de l'impact des variations temporelles générées dans un système d'aéragé réel par l'arrêt et la remise en route d'un ventilateur auxiliaire, sur les autres processus intervenant dans la sécurité de l'environnement minier.
- Évaluation des résultats du projet et recommandations méritant de plus amples recherches.
- Élaboration des conclusions.

TRAVAUX PRÉALABLES ET PRINCIPES DE BASE

Travaux préalables

Au Royaume-Uni, le rapport de 1955 du Centre de Recherche sur la Sécurité dans les Mines (publié en 1957) sur la question de l'arrêt des ventilateurs principaux s'exprime en ces termes : "Alors que l'effet initial de la régulation d'aéragé est décelable partout au bout de

quelques secondes, l'impact complet ne se produisait qu'après 2 à 3 minutes dans une houillère et 5 à 6 minutes dans une autre". L'ordre de grandeur de cet intervalle de temps était aussi confirmé par Hinsley et Jones en 1960. Le modèle adopté pour le projet a repris les travaux de Litwiniszyn en Pologne en 1951, perfectionnés par Trutwin, tous deux chercheurs à l'Académie des Sciences de Cracovie. Le modèle utilise un milieu fluide incompressible.

Circuit d'aéragé simple

Il consiste en un ventilateur principal de surface relié à un ventilateur auxiliaire en fond de mine par deux puits et une seule galerie. À un instant donné, il y a une seule valeur commune du débit d'air dans le circuit. La variation du débit à la suite d'un arrêt ou d'une remise en marche est définie par la formule :

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{B} (h_m + h_b - RIQ)$$

où :

Q = débit d'air

t = temps

B = masse acoustique = $\rho \frac{L}{A}$

h_m = pression du ventilateur principal

h_b = pression du ventilateur auxiliaire

R = résistance de circuit

ρ = densité de l'air

L = longueur de circuit

A = superficie de la section des voies d'air connectées

La pression du ventilateur principal peut être déduite de sa courbe caractéristique pour toutes les valeurs de Q. La détermination de la pression du ventilateur auxiliaire est plus complexe puisque sa vitesse varie lors de l'arrêt ou de la remise en marche. La variation de la vitesse est calculée au moyen d'une équation qui relie le déséquilibre du couple par rapport à l'axe d'entraînement, au moment d'inertie du ventilateur et de l'entraînement par rapport au même axe. Les couples intervenant varient également en fonction de la vitesse si bien que ces relations sont requises. Les principes gouvernant les ventilateurs permettent de fournir, à partir de la courbe caractéristique du ventilateur auxiliaire à son régime d'exploitation normale, les valeurs de la pression de ce ventilateur à une vitesse donnée lors d'un arrêt ou d'une remise en marche. B et R sont des constantes si bien que tous les termes à droite de l'équation sont connus et la variation de débit Q peut être calculée. On peut ainsi obtenir les valeurs des variations infinitésimales de Q et définir le mode et la période de l'écoulement instable.

Le terme représentant la friction du circuit dans l'équation, RQ^2/B , est indé-

pendant de la longueur du circuit puisque R et B sont directement proportionnels à la longueur.

Arrêt du ventilateur auxiliaire

Juste avant l'arrêt du ventilateur auxiliaire, c'est un régime permanent qui existe dans le circuit, dans lequel la pression totale fournie par le ventilateur est utilisée pour compenser les pertes de charge par friction créées lors du passage à un débit permanent. Tout de suite après l'arrêt, la puissance totale consommée par friction dans le système dépasse la puissance fournie si bien que le débit d'air dans le circuit commence à baisser. L'arbre d'entraînement du ventilateur auxiliaire s'arrête mais ce dernier continue à fournir de l'énergie, sous forme de pression, à l'écoulement d'air qui le traverse, mais à un débit réduit, ceci en libérant l'énergie emmagasinée. Cette situation est instable et bientôt les pertes de charge de part et d'autre du ventilateur deviennent supérieures à la récupération d'énergie emmagasinée et c'est à ce moment-là que le ventilateur commence à retirer de l'énergie de l'écoulement d'air, résultant en une baisse de pression au travers du ventilateur. Celui-ci est alors dit en état de "turbinage" et sa vitesse continue de tomber pour approcher une valeur constante en fin de période transitoire. La diminution de vitesse du ventilateur auxiliaire est définie par le rapport de la somme des couples aérodynamique et de frottement d'entraînement d'une part, et du moment d'inertie cumulé du ventilateur et de l'entraînement d'autre part.

Remise en marche du ventilateur auxiliaire

Avant la remise en marche, le ventilateur auxiliaire est en "turbinage" à un régime permanent, entraîné par la pression provenant du ventilateur principal, avec une baisse de pression de l'air au passage du ventilateur. Le phénomène est semblable à ce qui se produit quand le ventilateur est arrêté mais en sens inverse, puisque au redémarrage, de l'énergie est ajoutée à l'écoulement d'air. Une autre différence importante se situe au niveau de la quantité d'énergie fournie au ventilateur auxiliaire par l'entraînement, souvent beaucoup plus élevée que la quantité extraite par friction à l'arrêt. Ceci explique que la durée d'atteinte du régime permanent à la remise en route est normalement plus courte qu'à l'arrêt.

SYSTÈME D'ENREGISTREMENT ET DE MESURE DES DÉBITS D'AIR

La plupart des instruments de mesure de débit d'air réalisés pour des applications en fond de mine ont été conçus pour

la mesure de débits turbulents mais stables. Ils incorporent à cette fin des fonctions d'amortissement et d'intégration qui les rendent impropres à la mesure des écoulements instables transitoires qui ont lieu après l'arrêt ou la remise en route d'un ventilateur auxiliaire. À la suite d'essais poussés en laboratoire, c'est le capteur de vitesse d'air M.S.A. BA4 relié à l'enregistreur à une seule voie Tinylog qui a été choisi pour des raisons de performances et de disponibilité. Plus tard, c'est l'enregistreur Mégalog à quinze voies qui a été employé.

ESSAIS EN FOND DE MINE

Il n'a pas été facile de trouver un circuit simple à ventilateur auxiliaire permettant d'établir des comparaisons entre les prévisions du modèle et les valeurs mesurées. En outre, la majorité des responsables des mines n'étaient pas disposés à autoriser l'arrêt et la remise en route des ventilateurs auxiliaires dans des circonstances autres que celles des programmes de maintenance. Des accords ont été passés pour effectuer des mesures lors des arrêts et remises en marche des ventilateurs auxiliaires à des fins de maintenance dans les houillères de Shirebrook et de Bolsover. Ces circuits étaient tous deux dans des réseaux complexes et comportaient des éléments indésirables sur le plan installation/commande du ventilateur auxiliaire, rendant invalide toute comparaison avec le modèle de circuit simple sur ordinateur.

Les mesures de Shirebrook, effectuées à proximité du ventilateur auxiliaire, ont confirmé que la période d'écoulement d'air transitoire est plus brève à la remise en route qu'à l'arrêt mais il n'a pas été facile de définir exactement la fin de cette période en raison des fluctuations d'air. Dès la remise en route, on a observé une légère baisse du débit suivie d'une rapide accélération. La valeur supérieure du débit en régime permanent était atteinte 5 secondes après la remise en route, suivi d'un dépassement important puis d'oscillations, amorties pour aboutir à un écoulement permanent quelque 12 secondes après la remise en route. La courbe de l'écoulement transitoire après l'arrêt ressemble à une courbe d'amortissement bien définie, la valeur inférieure d'écoulement permanent étant atteinte après quelque 28 secondes.

La situation à Bolsover était loin d'être parfaite puisque les mesures se faisaient à l'arrêt et à la remise en marche de deux ventilateurs auxiliaires situés dans l'accrochage et connectés par mesure de

sécurité. Malgré tout, la plupart des observations de Shirebrook s'appliquent également aux résultats de Bolsover. Au redémarrage, on observait la même légère baisse du débit suivie d'une rapide accélération et d'un dépassement. La durée totale d'atteinte du régime permanent était d'environ 13 secondes avec une période d'accélération légèrement plus longue, 8 secondes. La courbe d'arrêt ne ressemblait pas à une courbe d'amortissement type puisque son extrémité était fortement tronquée, ce qui résultait en un régime permanent après environ 15 secondes, valeur comparable à celle de la remise en route. En s'appuyant sur les résultats préalables, ces travaux laissent penser que la variation nette d'énergie ajoutée au système au redémarrage est comparable à celle qui est dissipée à l'arrêt. Les périodes transitoires d'écoulement d'air suivant l'arrêt et le redémarrage du ventilateur auxiliaire, observées dans ces réseaux complexes, sont nettement plus faibles que celles qui ont été calculées par le modèle pour un circuit simple de longueur équivalente.

FACTEURS DE SÉCURITÉ DU MILIEU AMBIANT

Les paramètres d'aéragé principaux qui influent sur la sécurité de l'environnement minier sont le débit d'air (quantité) et la pression. L'amplitude des variations de pression et de quantité sera la plus forte dans les voies d'air proches du ventilateur auxiliaire et sera liée à la puissance de celui-ci.

La quantité est le paramètre qui contrôle les fonctions d'aéragé principal du taux de dilution, du niveau de dilution et du taux d'élimination des matières polluantes. Les systèmes d'aéragé secondaire dépendent d'une alimentation en air frais adéquate, ce qui est particulièrement important si l'on veut maintenir aux valeurs nominales le fonctionnement des systèmes faisant appel à une recirculation forcée de l'air. À la suite d'un arrêt ou d'un redémarrage les variations de quantité et de pression seront transmises immédiatement depuis l'emplacement du ventilateur sur tout le réseau bien que l'effet diminuera avec la distance.

Il s'ensuit donc que le processus de dilution de chaleur, de poussière ou de gaz polluant subira des modifications immédiates en rapport avec les variations d'aéragé mentionnées plus haut. La plus forte augmentation du risque est susceptible d'être reliée aux gaz inflammables ou nocifs aux endroits où l'air d'aéragé contient déjà une forte concentration de ces sub-

stances polluantes lorsqu'un arrêt de ventilateur a lieu et résulte en une baisse importante de la quantité d'air. La variation de quantité n'a pas donné lieu à une réduction reconnaissable de la sécurité.

C'est la différence de pression qui assure l'écoulement et l'arrêt ou la mise en marche d'un ventilateur conduit à une nouvelle répartition de la pression dans le réseau d'aéragé qui à son tour modifie la distribution de l'écoulement. Qui plus est, le réseau est souvent relié à des réservoirs de gaz et le débit de matière polluante qui s'en échappe change avec la pression. Ces processus sont lents par rapport à la période d'écoulement transitoire générée par un arrêt ou un redémarrage si bien que les variations de concentration des matières polluantes auront lieu quand l'écoulement est déjà revenu en régime permanent. Par contre, si le ventilateur auxiliaire est rapidement remis en route après un arrêt, il est fort peu probable que ces processus soient sérieusement affectés. Les pressions de gaz dans les couches de charbon et autres sont très élevées et les modifications entraînées par l'arrêt ou le redémarrage des ventilateurs auront un effet négligeable sur les émissions de gaz depuis ces sources.

ÉVALUATION DU PROJET ET CONCLUSION

Simulation sur ordinateur

Le modèle de circuit simple mis au point sur ordinateur a compris la modélisation mathématique du ventilateur auxiliaire et de son entraînement pour les événements d'arrêt et de redémarrage. Les essais du modèle ont mis en évidence les principales caractéristiques de la réponse de l'écoulement d'air, également visibles dans les données d'essais en fond de mine. L'arrêt et la remise en marche d'un ventilateur auxiliaire d'un réseau d'aéragé provoque non seulement une modification de l'écoulement d'air total mais également sa redistribution dans le temps entre les diverses branches du réseau. Un tel phénomène ne peut pas être traité par un simple modèle analytique mais on pense qu'il peut être résolu par des méthodes numériques. Un modèle de réseau d'écoulement instable aurait de nombreuses applications dans le domaine de la régulation de l'aéragé, tant manuelle qu'automatique, et constitue un axe de recherche futur.

Essais en fond de mine

Ces essais ont dû être conduits sur de grands réseaux, avec des configurations de ventilateurs complexes au moment où les arrêts et les remises en route de maintenance avaient lieu. Cette situation n'a

pas permis d'effectuer des comparaisons directes avec les prévisions du modèle de circuit simple mais la forme des courbes d'écoulement d'air transitoire observée était très proche de celle des courbes prévues. En particulier, on a noté que les deux courbes de redémarrage provenant des mesures montraient une légère baisse du débit d'air à la suite de la mise en marche du ventilateur auxiliaire, puis une accélération très rapide et un dépassement de la valeur supérieure de régime permanent suivi d'oscillations amorties qui revenaient à cette valeur, ce qui était conforme aux courbes du modèle. Les périodes transitoires des remises en route étaient plus courtes que celles des arrêts, ce qui là encore correspondait aux résultats du modèle. Les périodes transitoires mesurées dans le réseau étaient plus brèves que celles qui étaient calculées pour un seul circuit simple surface-surface traversant les ventilateurs principaux et auxiliaires. Il a été difficile de définir exactement la fin de la période transitoire d'après les valeurs des fluctuations d'air observées mais on a pu établir que la plus longue période de redémarrage, mesurée à proximité du ventilateur auxiliaire, était de 13 secondes et de 28 à l'arrêt. Les travaux à venir doivent être axés en priorité

sur l'acquisition de plus de mesures de pression/quantité autour du circuit d'aé-
rage à la suite d'un arrêt ou d'une remise
en marche d'un ventilateur auxiliaire.

Influence sur la sécurité ambiante

La variation très rapide de pression et de quantité associée à l'arrêt ou à la remise en route de ventilateur auxiliaire n'a occasionné, d'après les résultats, aucun risque supplémentaire, mais il faut signaler que les variations temporelles se poursuivront dans d'autres processus, comme l'émission de gaz, bien au-delà du temps mis par les pressions et les quantités du circuit d'aé-
rage pour atteindre un régime permanent. Les ventilateurs auxiliaires jouent souvent un rôle régulateur prédominant sur l'aé-
rage d'une grande section de la mine et lorsqu'un arrêt se produit, il résulte en une baisse importante et rapide de la quantité d'air disponible pour diluer les substances polluantes, entraînant ainsi une réduction de la sécurité ambiante. Les facteurs qui détermineront le degré de détérioration seront l'amplitude de la baisse du débit, la durée de l'arrêt du ventilateur et l'influence que les variations de pression dans le circuit ont eu sur le débit de dégagement des matières

polluantes. Les ventilateurs auxiliaires sont en général situés dans des voies de retour d'air de mines à grisou si bien que lorsqu'ils s'arrêtent, ce qui est souvent imprévu, la pression augmente dans le circuit et résulte en une baisse temporaire des débits des substances polluantes gazeuses émises dans le système d'aé-
rage depuis les réservoirs reliés. Un tel phénomène empêche l'augmentation des concentrations de gaz pendant que le redémarrage du ventilateur est tenté, mais au moment de la remise en marche il y aura une élévation temporaire du débit gazeux dégagé malgré la disponibilité maximale de la quantité d'air pour le diluer. Le plus grand risque posé à la sécurité ambiante en fond de mine est susceptible de provenir de l'augmentation des concentrations de gaz résultant d'un arrêt prolongé d'un ventilateur auxiliaire ou d'une arrivée de gaz accrue dans le système d'aé-
rage lors de son redémarrage. La simulation des variations des concentrations de gaz dans le réseau d'aé-
rage à la suite des arrêts ou des remises en route de ventilateur auxiliaire devrait faire l'objet d'études s'appuyant sur la mise au point ou l'adaptation d'un modèle d'emmagasinage et de dégagement de gaz, relié au modèle de simulation d'écoulement d'air du réseau.

Versuchsstand "Harmonisierte Entflammbarkeitsprüfung für Flüssigkeiten zur hydraulischen Kraftübertragung"

D.M.T., DORTMUND, DEUTSCHLAND

Vertrag Nr.: 7258-02/141/01

Dauer: 1.10.87 - 30.9.89

Zusätzlich zu den brandtechnischen Eigenschaften von unter Tage verwendeten Hydraulikflüssigkeiten wird in zunehmendem Maße auch ihr Umweltverhalten, das heißt ihre biologische Abbaubarkeit in Betracht gezogen. Da in Zukunft einerseits mit einem geringeren Einsatz von HFD-Flüssigkeiten zu rechnen ist, andererseits vorerst wohl nicht vollständig auf sie verzichtet werden kann, wird angestrebt, unter Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit nur solche Flüssigkeiten zu verwenden, deren brandtechnische Eigenschaften in jedem Fall besser sind, als die von Mineralöl. Zur Diskussion stehen Polyethylenglycole, Phosphorsäureester und Fettsäureester. Wie die Versuche zeigten, ist mit dem seit 25 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland unverändert angewendeten praxisnahen, aber mit Mängeln behafteten Sprühstrahlprüfverfahren eine Differenzierung von Mineralölen, Polyethylenglycolen, Phosphorsäureestern und Fettsäu-

reestern nicht möglich, da die genannten Flüssigkeiten jeweils die Wertnote 3 erhielten. Das trifft auch dann zu, wenn bestimmte Versuchsparameter, wie z.B. eine abgeschwächte Brennerflamme oder eine erhöhte Luftgeschwindigkeit im Stollen, modifiziert werden.

Das Sprühstrahlverfahren des Vereinigten Königreichs läßt zwar eine brandtechnische Unterscheidung zwischen Polyethylenglycolen und Phosphorsäureestern zu, diese wird - bis auf eine Ausnahme - jedoch zwischen Mineralöl und Polyethylenglycolen nicht erreicht. Damit dürfte auch dieses Verfahren die gestellten Anforderungen nicht erfüllen, ganz abgesehen von seiner unzulänglichen (meßtechnischen) Ausstattung, die den heutigen Ansprüchen nicht gerecht wird.

Auch das dritte im 6. Luxemburger Bericht genannte Sprühstrahlprüfverfah-

ren, die in Erprobung befindliche Flammenlängen-Durchsatzprüfung, scheint für den Zweck der brandtechnischen Beurteilung und Differenzierung von Hydraulikflüssigkeiten nicht geeignet zu sein. Zwar unterscheiden sich die Ergebnisse des Flammenlängen-Durchsatzes für Mineralöl (0,45) einerseits von denen für Polyethylenglycole (0,24 bis 0,32) und Phosphorsäureestern (0,30 bis 0,34) andererseits, aber auch dieses Prüfverfahren ist mit erheblichen verfahrensbedingten und meßtechnischen Mängeln behaftet, die sich zum Beispiel auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse auswirken.

Mit dem neuen HSE-Verfahren "Wärmeabgabe einer stabilisierten Flamme" wurde eine Prüfmethode entwickelt, die die baulichen, meßtechnischen und handhabungsmäßigen Anforderungen als Voraussetzung für reproduzierbare Ergebnisse erfüllen könnte. Weiterhin scheint

es möglich, mit ihm eine Differenzierung der brandtechnischen Eigenschaften wasserfreier Hydraulikflüssigkeiten vorzunehmen, wie erste Versuche zeigten:

Von den wasserfreien HFD-Flüssigkeiten besitzt Mineralöl den geringsten, die PCDM-Flüssigkeit VG-Nr. 14/176 den größten RI-Quotienten. Die Werte für Polyethylenglycole und Phosphorsäureester liegen dazwischen und sind etwa gleich groß, unterscheiden sich von dem für Mineralöl jedoch um den Faktor 3. Einzusehen ist, daß für die wasserhaltigen HFC-Flüssigkeiten sehr große RI-Quotienten festgestellt wurden. Dieses Verfahren läßt einerseits eine objektive Beurteilung der Flüssigkeiten durch reproduzierbare Meßwerte zu, andererseits können RI-Quotienten innerhalb eines weiten Skalenbereiches ermittelt werden, so daß die gewünschte Differenzierbarkeit vorgenommen werden kann. Nachdem weitere Erfahrungen mit diesem Prüfverfahren gesammelt worden sind, könnte es aus deutscher Sicht möglicherweise nach Vorschlag durch den Sachverständigenausschuß "Schwerentflammbarer Hydraulikflüssigkeiten" durch die Arbeitsgruppe "Grubenrettungswesen und Grubenbrände" bestätigt und schließlich von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften als harmonisiertes Sprühstrahlverfahren angenommen werden. Vorher müssen jedoch die brandtechnischen Prüfkriterien für die unter Tage einzusetzenden Hydraulikflüssigkeiten festgelegt werden. Dabei sollten einerseits der größtmögliche Sicherheitsstandard für die im Bergbau Beschäftigten erreicht, andererseits auch die biologische Abbaubarkeit der Flüssigkeiten berücksichtigt werden.

Die durchgeführten Untersuchungen (Tabelle 2) haben weiterhin gezeigt, daß auch die Prüfverfahren zur Bestimmung der Flammenausbreitung in der Form harmonisiert werden können, daß EG-einheitlich zukünftig nur noch die "Dochtprüfung", d.h. das Verfahren zur Bestimmung der Nachbrennzeit an einem flüssigkeitsgetränkten Docht angewendet wird. Hierdurch könnte ein Beitrag zur Vereinheitlichung der Prüfverfahren von schwerentflammaren Flüssigkeiten geleistet werden, ohne daß sicherheitliche Aspekte vernachlässigt würden.

Tabelle 1

Versuchsergebnisse unterschiedlicher Hydraulikflüssigkeiten nach dem Sprühstrahlprüfverfahren "Wärmeabgabe einer stabilisierten Flamme"

| VG-Nr. | Art. | Gruppe | RI-Quotient (Propanmenge 0,13 ± 0,01 m ³ /h) |
|--------|--|--------|---|
| 14/173 | Mineralöl | | 11 |
| 14/174 | Fettsäureester | | 11 |
| 14/185 | Fettsäureester | | 49 |
| 14/163 | Polyethylenglycol | HFD | 33 |
| 14/164 | Polyethylenglycol | HFD | 36 |
| 14/166 | Polyethylenglycol | HFD | 28 |
| 14/171 | Polyethylenglycol | HFD | 22 |
| 14/160 | Phosphorsäureester | HFD | 36 |
| 14/161 | Phosphorsäureester | HFD | 38 |
| 14/165 | Phosphorsäureester | HFD | 32 |
| 14/169 | Phosphorsäureester | HFD | 39 |
| 14/176 | PCDM-Basis (Tetrachlorbenzyltoluol) | HFD | 55 |
| 14/177 | Polyethylenglycol + Wasser | HFC | 73 |
| 14/178 | Polyethylenglycol + Wasser | HFC | 105 |
| 14/172 | Wasser-in-Öl-Emulsion | HFB | 42 |

Tabelle 2

Vergleich der Beurteilungen von Hydraulikflüssigkeiten nach dem "Kohlenstaub-Verfahren" und dem "Docht-Verfahren"

| VG-Nr. | Art. | Gruppe | "Kohlenstaub- Verfahren" | "Docht- Verfahren" |
|--------|--|--------|-----------------------------|-----------------------|
| 14/173 | Mineralöl | | - | - |
| 14/174 | Fettsäureester | | - | - |
| 14/163 | Polyethylenglycol | HFD | - | -*) |
| 14/164 | Polyethylenglycol | HFD | - | - |
| 14/166 | Polyethylenglycol | HFD | - | - |
| 14/171 | Polyethylenglycol | HFD | - | - |
| 14/160 | Phosphorsäureester | HFD | + | + |
| 14/161 | Phosphorsäureester | HFD | + | + |
| 14/165 | Phosphorsäureester | HFD | + | + |
| 14/169 | Phosphorsäureester | HFD | + | + |
| 14/176 | PCDM-Basis (Tetrachlorbenzyltoluol) | HFD | + | + |
| 14/177 | Polyethylenglycol + Wasser | HFC | + | + |
| 14/178 | Polyethylenglycol + Wasser | HFC | + | + |
| 14/172 | Wasser-in-Öl-Emulsion | HFB | + | - +*) |

*) Versuche bei INERIS

Test Rig "Harmonized Flammability Testing for Fluids used for Hydraulic Power Transmission"

D.M.T., DORTMUND, GERMANY

Contract No 7258-02/141/01

Duration: 1.10.87 - 30.9.89

In addition to the fire properties of hydraulic fluids used underground also their environmental behaviour, i.e. their biologic degradability, is given increased consideration. As in future a lesser use of HFD fluids can be expected on the one hand whereas it is unlikely that these fluids can be dispensed with on the other it is intended to use only those fluids whose fire properties are in any case better than those of mineral oil under consideration of environmental compatibility aspects. Polyethylene glycoles, phosphoric esters and fatty acid esters are under discussion. As the test showed a differentiation of mineral oil, polyethylene glycoles, phosphoric esters and fatty acid esters is impossible by the practise-related but in some aspects deficient spray jet test method which has been applied in unmodified form for 25 years in the Federal Republic of Germany as each of the listed fluids received the mark 3. This also applies if specific test parameters like a reduced burner flame or an increased air velocity in the underground roadway are modified.

Although the spray jet method of the United Kingdom provides for a fire-related distinction between polyethylene glycoles and phosphoric esters it is not achieved, with one exception, between mineral oil and polyethylene glycoles. Thus, also this method is unlikely to meet the specified requirements apart from its inadequate (measuring) equipment not meeting the present requirements.

Also the third spray jet test method stated in the 6th Luxembourg Report the flame length throughput test which is in the testing phase does not seem to be suitable for the fire-related assessment and differentiation of hydraulic fluids. It is true that the results of the flame length throughput for mineral oil (0.45) on the one hand are different from those for polyethylene glycoles (0.24 to 0.32) and phosphoric esters (0.30 to 0.34) on the other, but also this test method has considerable process and measuring deficiencies affecting e.g. the reproducibility of the results.

With the new HSE method "Heat Emission of a Stabilized Flame" a test

Table 1

Test results of different hydraulic fluids according to the spray jet test method "Heat Emission of a Stabilized Flame"

| Nr. | Name | Group | RI-Quotient (propane quantity 0,13 ± 0,01 m ³ /h) |
|--------|--|-------|--|
| 14/173 | Mineral Oil | | 11 |
| 14/174 | Fatty acid esters | | 11 |
| 14/185 | Fatty acid esters | | 49 |
| 14/163 | Polyethylene Glycole | HFD | 33 |
| 14/164 | Polyethylene Glycole | HFD | 36 |
| 14/166 | Polyethylene Glycole | HFD | 28 |
| 14/171 | Polyethylene Glycole | HFD | 22 |
| 14/160 | Phosphoric esters | HFD | 36 |
| 14/161 | Phosphoric esters | HFD | 38 |
| 14/165 | Phosphoric esters | HFD | 32 |
| 14/169 | Phosphoric esters | HFD | 39 |
| 14/176 | PCDM-Basis (Tetrachlorbenzyltoluol) | HFD | 55 |
| 14/177 | Polyethylene Glycole and Water | HFC | 73 |
| 14/178 | Polyethylene Glycole and Water | HFC | 105 |
| 14/172 | Water in Oil Emulsion | HFB | 42 |

Table 2

Comparison of the assessments of hydraulic fluids according to the "Coal Dust Method" and the "Wick Method"

| Nr. | Name | Group | Coal Dust Method | Wick Method |
|--------|--|-------|------------------|-------------|
| 14/173 | Mineral Oil | | - | - |
| 14/174 | Fatty acid esters | | - | - |
| 14/163 | Polyethylene Glycole | HFD | - | -*) |
| 14/164 | Polyethylene Glycole | HFD | - | - |
| 14/166 | Polyethylene Glycole | HFD | - | - |
| 14/171 | Polyethylene Glycole | HFD | - | - |
| 14/160 | Phosphoric esters | HFD | + | + |
| 14/161 | Phosphoric esters | HFD | + | + |
| 14/165 | Phosphoric esters | HFD | + | + |
| 14/169 | Phosphoric esters | HFD | + | + |
| 14/176 | PCDM-Basis (Tetrachlorbenzyltoluol) | HFD | + | + |
| 14/177 | Polyethylene Glycole and Water | HFC | + | + |
| 14/178 | Polyethylene Glycole and Water | HFC | + | + |
| 14/172 | Water in Oil Emulsion | HFB | + | -+* |

*) Tests at INERIS

method was developed which could meet the constructional, measuring and handling requirements as prerequisites for reproducible results. Moreover, it seems to provide for a differentiation of the fire properties of water-free hydraulic fluids as first tests showed:

Of the water-free HFD fluids mineral oil has the lowest, the PCDM fluid VG no. 14/176 the highest RI ratio. The values for polyethylene glycoles and phosphoric esters range between these ratios and are approximately identical. However, they differ by the factor 3 from those for mineral oil. It is understandable that for the water-containing HFC fluids very high RI ratios were stated. On one

hand this method provides for an objective assessment of fluids by reproducible measuring values, on the other RI ratios can be determined within a wide range so that the desired differentiability can be carried out. After gathering further experience with this test method it could be confirmed by the "Mine Rescue and Mine Fire" working group from the German viewpoint after a proposal of the "Fire Retardant in Hydraulic Fluids" expert committee and finally accepted as harmonized spray jet method by the Commission of the European Communities. Prior to this, however, the fire test criteria for the hydraulic fluids to be used underground will have to be specified. In this context the maximum safety stan-

dards for people employed in the mining industry should be achieved on the one hand, but on the other also the biological degradability of the fluids should be considered.

Moreover, the implemented investigations (table 2) showed that also the test methods for the determination of the flame propagation can be harmonized so that only the "wick" test, i.e. the method for the determination of the after-flame time using a fluid saturated wick will be applied in future as standard method in the EC. This could contribute to a harmonization of the test methods for fire-retardant fluids without neglecting safety aspects.

Développement d'une "Méthode harmonisée d'essai de résistance à l'inflammation des liquides de transmission hydraulique"

D.M.T., DORTMUND, ALLEMAGNE

Contrat n° 7258-02/141/01

Durée: 1.10.87 - 30.9.89

Outre leurs propriétés de résistance à l'inflammation, le comportement polluant des liquides hydrauliques prévus pour être utilisés au fond, c'est-à-dire leur biodégradabilité, entre de plus en plus souvent en ligne de compte dans leur évaluation. Étant donné qu'à l'avenir, on utilisera de moins en moins de liquides de type HFD, mais que d'autre part il est impossible pour l'instant d'y renoncer complètement, on s'efforce de n'utiliser que des liquides dont les propriétés de résistance à l'inflammation sont en tous cas meilleures que celles de l'huile minérale, tout en prenant en compte aussi leur compatibilité avec l'environnement. Entrent donc en ligne de compte les polyéthylèneglycols, les esters phosphoriques et les esters d'acide gras. La méthode d'essai au jet pulvérisé utilisée depuis 25 ans en république fédérale d'Allemagne sans avoir été modifiée présente certaines imperfections, et notamment ne permet pas la différenciation des propriétés de résistance à l'inflammation des huiles minérales, des polyéthylèneglycols, des esters phosphoriques et des esters d'acide gras, puisque ces trois liquides obtiennent chacun la note 3 à l'issue des essais.

Cet inconvénient ne peut pas être surmonté, même en modifiant certains paramètres d'essai, par exemple en diminuant la puissance de la flamme du brûleur ou en augmentant la vitesse de l'air dans la galerie.

La méthode d'essai au jet pulvérisé version "Royaume-Uni" permet certes d'opérer une différenciation entre les caractéristiques d'inflammabilité des polyéthylèneglycols et celles des esters phosphoriques, mais pas entre celles de l'huile minérale et des polyéthylèneglycols (à une exception près). Cette méthode ne pourrait donc pas remplir les conditions prescrites, sans parler de son équipement méthodologique, non conforme aux spécifications actuelles.

La troisième méthode citée dans le sixième rapport de Luxembourg, dite "Essai au jet pulvérisé, longueur de la flamme/débit", actuellement en cours d'expérimentation, ne paraît pas non plus convenir à l'évaluation et à la différenciation des propriétés de résistance à l'inflammation des liquides hydrauliques. Certes, les valeurs du rapport longueur de flamme/débit obtenues pour l'huile minérale (0,45) diffèrent de celles obtenues pour les polyéthylèneglycols (de 0,24 à

Tableau 1:

Résultats d'essai de divers liquides hydrauliques selon la méthode au jet pulvérisé "dégagement de chaleur d'une flamme stabilisée"

| N° réf. | Type de liquide | Classe | Quotient RI (débit propane 0,13 ± 0,01 m³/h) |
|---------|---|--------|--|
| 14/173 | Huile minérale | | 11 |
| 14/174 | Ester d'acide gras | | 11 |
| 14/185 | Ester d'acide gras | | 49 |
| 14/163 | Polyéthylèneglycol | HFD | 33 |
| 14/164 | Polyéthylèneglycol | HFD | 36 |
| 14/166 | Polyéthylèneglycol | HFD | 28 |
| 14/171 | Polyéthylèneglycol | HFD | 22 |
| 14/160 | Ester phosphorique | HFD | 36 |
| 14/161 | Ester phosphorique | HFD | 38 |
| 14/165 | Ester phosphorique | HFD | 32 |
| 14/169 | Ester phosphorique | HFD | 39 |
| 14/176 | Base PCDM (toluène de tétrachlorobenzène) | HFD | 55 |
| 14/177 | Polyéthylèneglycol + eau | HFC | 73 |
| 14/178 | Polyéthylèneglycol + eau | HFC | 105 |
| 14/172 | Émulsion eau dans huile + eau | HFB | 42 |
| | | HFC | 105 |

0,32) et les esters phosphoriques (de 0,30 à 0,34), mais l'essai présente, tant du point de vue méthodologique que technique, des défauts considérables qui se répercutent, entre autres, sur la reproductibilité des résultats.

La nouvelle méthode développée par le Health and Safety Executive "Dégagement de chaleur d'une flamme stabilisée", présente du point de vue de la construction de l'appareillage, du système de mesure et du mode opératoire, des caractéristiques qui devraient permettre l'obtention de résultats reproductibles. Cette méthode semble en outre se prêter à la différenciation des propriétés de résistance à l'inflammation de divers liquides anhydres, comme l'ont montré les premiers essais effectués.

L'huile minérale est celui des liquides anhydres de type HFD qui possède le quotient RI le moins élevé, le liquide PDCM (n° réf. 14/176) celui qui possède le quotient RI le plus élevé. Les valeurs correspondantes des polyéthylèneglycols et des esters phosphoriques se situent entre ces deux extrêmes et sont à peu près équivalentes, mais représentent tout de même le triple environ du quotient de l'huile minérale. Enfin, il faut noter que les liquides HFC aqueux enregistrent des quotients RI très élevés. Cette méthode permet donc d'une part, d'évaluer objectivement les liquides grâce à des valeurs de mesure reproductibles, et d'autre part d'obtenir des quotients RI compris dans une large gamme, si bien que l'on peut opérer la différenciation souhaitée. Lorsqu'elle aura fait l'objet d'un complément d'évaluation, cette méthode devrait donc, du point de vue allemand, pouvoir être proposée par le comité d'experts "Liquides difficilement inflammables", être entérinée par le groupe de travail "Sauve-

Tableau 2:
Comparaison de l'évaluation des liquides hydrauliques selon la "méthode à la poussière de charbon" et selon la "méthode à la mèche"

| N° réf. | Type de liquide | Classe | Méthode à la poussière de charbon | Méthode à la mèche |
|---------|---|--------|-----------------------------------|--------------------|
| 14/173 | Huile minérale | | - | - |
| 14/174 | Ester d'acide gras | | - | - |
| 14/163 | Polyéthylèneglycol | HFD | - | - *) |
| 14/164 | Polyéthylèneglycol | HFD | - | - |
| 14/166 | Polyéthylèneglycol | HFD | - | - |
| 14/171 | Polyéthylèneglycol | HFD | - | - |
| 14/160 | Ester phosphorique | HFD | + | + |
| 14/161 | Ester phosphorique | HFD | + | + |
| 14/165 | Ester phosphorique | HFD | + | + |
| 14/169 | Ester phosphorique | HFD | + | + |
| 14/176 | Base PDCM (toluène de tétrachlorobenzène) | HFD | + | + |
| 14/177 | Polyéthylèneglycol + eau | HFC | + | + |
| 14/178 | Polyéthylèneglycol + eau | HFC | + | + |
| 14/172 | Émulsion eau dans huile | HFB | + | - + *) |

*) Essais réalisés à l'INERIS

tage, incendies et feux de mine", et finalement adoptée par la Commission des Communautés européennes comme méthode harmonisée d'essai au jet pulvérisé. Il faudra cependant définir au préalable les critères d'essai de résistance à l'inflammation des liquides hydrauliques prévus pour être utilisés au fond. La définition de ces critères devrait d'une part, viser la marge de sécurité la plus grande possible pour le personnel minier, d'autre part prendre aussi en compte la biodégradabilité des liquides.

Les essais ont également démontré (tableau 2) que les méthodes de détermination de la propagation de la flamme pourraient elles aussi être harmonisées, au sens où la méthode unique utilisée dans l'ensemble de la Communauté serait "l'essai à la mèche", qui consiste à déterminer la persistance de la flamme sur une mèche trempée dans un liquide. Ainsi ferait-on un pas dans la voie de l'harmonisation des méthodes d'essai des liquides difficilement inflammables, sans pour autant négliger les impératifs de sécurité.

Entwicklung und Erprobung von neuartigen Löschmittelbehältern mit beliebigen Einbau für Explosionssperren unter Tage

DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH, DORTMUND, DEUTSCHLAND

Vertrag Nr.: 7258-03/143/01

Dauer: 1.1.88 - 31.12.90

Im Rahmen der Entwicklung und Erprobung von neuartigen Löschmittelbehältern mit beliebigem Einbau für Explosionssperren unter Tage wurden bei der DMT-Versuchsgrube Tremonia rd. 200 Versuche unter und über Tage durchgeführt.

Für die Versuche stand über Tage

eine rd. 18 m² große Experimentierstrecke ("DEMO-Strecke") zur Verfügung. Die Versuche unter Tage wurden in der rd. 20 m² großen Explosionsstrecke R 4 durchgeführt, die im Bereich des Sperrenstandortes zusätzliche Streckeneinbauten in Form einer Sonderbewetterung (Stahl-lutten) und eines Förderbandes (1400 mm Breite) aufweist.

Die Explosionsversuche zur Erprobung der neuen Behälter wurden vorrangig mit Methan-Explosionen durchgeführt, die in ihren Druckauswirkungen anlaufenden Explosionen entsprachen.

Bei der Entwicklung neuer Löschmittelbehälter wurden sowohl solche für passive als auch für aktive Explosionssperren

erprobt. Als Behältermaterial wurden unterschiedliche Kunststoffe und Stahl eingesetzt.

Die Entwicklung von neuen passiven Löschmittelbehältern gestaltete sich schwieriger als voraussehbar. Der neue Behälter sollte explosionstechnisch so gut sein wie der konventionelle Wassertrog, aber die betrieblichen Nachteile nicht aufweisen. Der Einstieg in die Entwicklung erfolgte mit einem erprobten PVC-Material. Aus zwei Halbschalen konnte mit Hilfe eines Stahlrahmens ein Rundbehälter geschaffen werden. Dieser war wartungsfrei, wurde aber durch Explosionsdrücke ≤ 50 kPa zerstört. Modifizierungen in der Konstruktion führten zwar zu Verbesserungen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnte die Entwicklung aber nicht zu einem befriedigenden Ende geführt werden.

Die Erprobung eines Behälters aus Polystyrol-Material führte auch noch nicht zu den erwarteten Erfolgen. Auch hier sind in Zusammenarbeit mit der Kunststoff-Industrie weitere Verbesserungen zu erwarten.

Ein ganz anderer Weg wurde bei der Entwicklung eines Stahlklappbehälters beschritten. Während bei Kunststoff-Behältern des Material zur Löschmittel-freigabe zerstört werden muß, erfolgte

hier die Wasserverteilung durch mechanisches Umklappen der vier Seitenwände. Die Wasserverteilung, die sich hierbei ergab, war durchaus mit der eines Wassertroges vergleichbar. Allerdings sind auch hier noch Verbesserungen möglich, die im Rahmen des hier vorliegenden Forschungsvorhabens nicht abgeschlossen werden konnten. Es wäre daher notwendig, um die Entwicklungen nicht einfrieren zu lassen, im Rahmen eines Anschlußvorhabens die Arbeiten unverzüglich fortzusetzen.

Parallel zu der Entwicklung neuer passiver Löschmittelbehälter erfolgte die Entwicklung von aktiven Behältern für sogenannte Auslösesperren. Die Auslösesperre System "Versuchsgrube Tremonia" hat als Löschbehälter einen Wassertrog mit einem mittig eingebauten Zündsystem als Fremdenergie für die Wasserverteilung. Auch hier galt es, den Löschbehälter "Wassertrog" in Richtung "wartungsfrei" und "lageunabhängig" zu entwickeln.

Dadurch, daß der aktive Behälter durch die eingebaute Fremdenergie im Falle einer Explosion zerstört wird und nicht durch den Winddruck, spielten Materialstärke und Behälterform in Bezug auf die Wasserverteilung keine solche dominierende Rolle wie bei den passiven Behältern.

Es gelang im Rahmen des Forschungsvorhabens einen aktiven Behälter zu entwickeln der:

- Mechanisch stabil ist
- Optimale Wasserverteilung aufweist
- Wartungsfrei ist
- Beliebig im Streckenquerschnitt in Ketten oder Seilen aufgehängt werden kann
- Raumsparend ist
- Einen Splitterschutz hat, ohne die Löschmittelverteilung zu beeinflussen
- Kostengünstig in Serie gefertigt werden kann
- Als konzentrierte oder aufgeteilte Explosionsperre eingesetzt werden kann

In der vorliegenden Untersuchung konnte die Entwicklung neuer aktiver Behälter abgeschlossen werden. Sie können nun den Betrieben zum Einsatz im Bergbau Tage angeboten werden.

Die Entwicklung neuer passiver Behälter, die sich als schwieriger erwies als voraussehbar, konnte noch nicht abgeschlossen werden. Lösungswege wurden bereits aufgezeigt. Hier wären weitere Forschungsarbeiten notwendig. Ein Anschluß-Forschungsvorhaben ist beantragt, um kontinuierlich die bisherigen Arbeiten fortsetzen zu können.

Development and testing of novel extinction agent containers for arbitrary positioning within explosion barriers underground

DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH. DORTMUND, GERMANY

Contract No 7258-03/143/01

Duration: 1.1.88 - 31.12.90

Within the framework of development and testing of novel extinction agent containers for arbitrary positioning within explosion barriers underground, round about 200 tests were run underground and on the surface on DMT's experimental mine Tremonia.

For the surface tests a demonstration roadway of approx. 18 m² roadway section was available. The tests underground were run in the explosion test roadway R 4 with approx. 20 m² cross-section. In the zone of the barrier the roadway was additionally fitted with auxiliary ventilation ducts (steel) and a conveyor (1400 mm belt width).

The explosion tests for the new containers were run predominantly on

methane which, as to the respective pressure wave development, corresponds best to normal firedamp explosions.

When developing new extinction agent containers, the respective work covered not only passive but also triggered explosion barriers. A variety of plastics and steel qualities was used as container material.

The development of novel passive extinction agent containers turned out to be more difficult than originally envisaged. From the explosion-technical viewpoint, the novel containers had to be as good as the conventional water troughs, however, without exhibiting the latter's drawbacks for normal operation. The development was started with a well-proven PVC ma-

terial. A round container was made from a steel frame and two shell halves. This container was maintenance-free, however, was destroyed by explosion pressures ≤ 50 kPa. Design modifications brought about some progress, however, within the framework of this research project the development work could not be concluded satisfactorily.

The testing of a container from a polystyrene quality did not yield the intended success. Further improvement can be expected in this field by cooperation with plastics industries.

A completely other approach was the development of a steel flap-open container. While plastic containers are destroyed for releasing the extinction agent,

said release (of water) is arrived at by mechanical flapping-down of the four side walls. The resulting water distribution is quite well comparable to the one of a water trough, however, further improvement is possible, even though this improvement could not be arrived at within the framework of this project. In order not to delay development, it is recommended to continue the work described above within the framework of a follow-up project.

In parallel to the development of new passive extinction agent containers, development work was done on triggered barrier containers. The triggered barrier system "Versuchsgrube Tremonia" comprises a water trough as extinction agent container with a centrally fitted firing system to supply induced energy for water distribution. In this field too, the water trough

was to be further developed in order to have available a maintenance-free container which could be mounted in any position.

Since the container of a triggered barrier is destroyed by induced energy (in case of explosion) and not by the explosion's pressure wave, wall thicknesses, material strength, and shape were not of as much of importance for the water distribution as in case of containers for passive barriers. Within the framework of the research project an "active" container could be developed which:

- is mechanically stable
- assures optimized water distribution
- is maintenance free
- can be positioned over the roadway cross section in any configuration by chain or rope suspensions
- economizes space

- offers protection against fragmentation without affecting the extinction agent's distribution
- can be produced cheaply
- can be used with concentrated or divided explosion barriers.

Within the investigations here described, the development of new containers for triggered barriers could be concluded. The containers are now available for use in underground mining.

The development of new containers for passive barriers which turned out to be more difficult than expected could not be concluded as yet. Approaches to solutions were found. Further research work is necessary. A follow-up research project is applied for in order to continue the work done up to present.

Développement de nouveaux disperseurs universels pour arrêts-barrages déclenchés au fond

DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH. DORTMUND, ALLEMAGNE

Contrat n° 7258-03/143/01

Durée: 1.1.88 - 31.12.90

Plus de 200 essais au fond et au jour ont été réalisés à la mine expérimentale Tremonia dans le cadre du développement de nouveaux disperseurs universels pour arrêts-barrages déclenchés au fond.

La galerie d'essai au jour avait une section d'environ 18 m² ("DEMO-Strecke"). Les essais au fond ont eu lieu à la galerie R4, d'une section de 20 m² env., et qui comporte dans la zone d'implantation de l'arrêt-barrage d'autres équipements, à savoir un dispositif spécial d'aérage (canars métalliques) et un convoyeur à bande (largeur 1400 mm).

Les essais d'explosion ont été effectués essentiellement avec du méthane, afin que la pression du souffle corresponde aux explosions réelles.

Les travaux de développement ont porté sur des disperseurs pour arrêts-barrages passifs aussi bien qu'actifs. Différents matériaux ont été mis en œuvre, dont le métal et divers matériaux de synthèse.

Le développement de disperseurs passifs s'est avéré plus difficile que prévu. En effet les nouveaux disperseurs devaient présenter les mêmes caractéristiques anti-explosion que les augets d'eau, sans en avoir les inconvénients. Les travaux ont commencé avec un matériau éprouvé, le PVC. Un disperseur a été réalisé à partir de deux demi-couques et d'un cadre métallique. Il ne nécessitait

aucun entretien, mais une pression d'explosion ≤ 50 kPa le détruisait. Des modifications ont permis de réduire ce défaut, mais il n'a pas été possible de parvenir à un résultat satisfaisant dans le cadre du projet.

Les essais avec un disperseur en polystyrène n'ont pas davantage été concluants. On compte là aussi améliorer ces résultats par un travail de coopération avec le fabricant du matériau.

Une toute autre voie de recherche a consisté à développer un disperseur métallique ouvrant. Alors que dans le cas des disperseurs en matériaux de synthèse, la dispersion s'effectue par la destruction des récipients, elle est réalisée avec ce disperseur métallique par l'ouverture de ses quatre parois. La dispersion obtenue est comparable à celle de l'auget d'eau. Toutefois le système est encore perfectible, mais les améliorations n'ont pu être réalisées dans le cadre du projet. Il y a donc lieu, afin de ne pas stopper le développement de ce dispositif, de poursuivre sans attendre les travaux dans le cadre d'un nouveau projet.

Parallèlement aux travaux sur des disperseurs passifs, le projet a comporté un volet consacré aux disperseurs actifs. Dans l'arrêt-barrage déclenché "système Tremonia", le disperseur est un auget d'eau comportant un détonateur intérieur qui déclenche la dispersion. Il s'agissait là aussi de concevoir un disperseur de type universel et

ne nécessitant pas d'entretien.

Les disperseurs actifs étant déclenchés par une source d'énergie propre et non par le souffle de l'explosion, la résistance du matériau et la forme du disperseur ne jouent pas un rôle aussi important pour la dispersion que dans le cas des disperseurs passifs.

Dans le cadre du projet, il a été possible de mettre au point un disperseur actif dont les caractéristiques sont les suivantes :

- stabilité mécanique
- dispersion optimale de l'eau
- pas d'entretien nécessaire
- implantable en galerie par chaînes ou câbles
- faible encombrement
- protection contre les éclats sans diminution de la dispersion
- réalisable en série de façon rentable
- utilisable pour une implantation concentrée ou répartie.

Les essais ont permis de mener à son terme le développement de ce nouveau type de disperseur, qui est actuellement proposé aux exploitations minières souterraines.

Il n'a par contre pas été possible d'obtenir un tel résultat dans le cas des disperseurs passifs. Des voies pour aboutir à une solution ont cependant été identifiées, et il y a lieu de les explorer. Un nouveau projet de recherche permettrait de poursuivre le travail déjà réalisé.

Labortechnische Untersuchungen, praktische Erprobung und Weiterentwicklung von Kurzzeit-Sauerstoffseltrettern

DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH, BOCHUM, DEUTSCHLAND

Vertrag Nr.: 7258-04/145/01

Dauer: 1.10.87 - 30.9.91

Im Bergbau besteht der Wunsch nach Sauerstoffseltrettern, die ständig am Mann mitgeführt werden können. Diese Kurzzeit-Sauerstoffseltretter mit einer Haltezeit von 15 - 30 Minuten sind für die Flucht vom Arbeitsplatz bis zum Sauerstoffseltretterdepot gedacht. Das Vorhaben hatte das Ziel Kurzzeit-Sauerstoffseltretter zu erproben und zur Serienreife weiterzuentwickeln. Ein weiteres Ziel des Vorhabens war die Erprobung und Entwicklung ständig mitführbarer Sauerstoffseltretter mit einer größeren Haltezeit, die die Flucht der Bergleute ohne Gerätewechsel ermöglichen.

Im Rahmen des Vorhabens wurden nachfolgende Sauerstoffseltretter (SSR) an der künstlichen Lunge im Prüflaboratorium sowie von Probanden über und unter Tage beatmet:

| | |
|------------------------------|------------|
| - Sch SM 1 | Rußland |
| - Fenzy Biocell 1 | Frankreich |
| - Fenzy Biocell/Biocell Plus | Frankreich |
| - CSE SR-100 | USA |
| - Auer SSR 30/100 | BRD |
| - Auer SSR 30/100 B | BRD |
| - Auer S 15 | BRD |
| - Auer SSR 16 N | BRD |
| - Dräger Oxyboks K | BRD |
| - Dräger Oxyboks D | BRD |
| - Dräger Oxy K Plus | BRD |

Die Ergebnisse der Erprobung unter Berücksichtigung der im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Weiterentwicklung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Sch SM 1

- Haltezeit rd. 25 Minuten bei einem Atemminutenvolumen (AMV) von 35 l/min.
 - CO₂-Gehalt der Einatemluft unzumutbar hoch (8%)
 - Einatemlufttemperatur unzumutbar hoch (95 °C)
- Der SSR ist als Fluchtgerät nicht geeignet.

Fenzy Biocell 1

- Günstige Formgebung, angenehmes Mitführen
- Haltezeit rd. 30 Minuten bei einem AMV von 35 l/min

- Hoher CO₂-Gehalt während der letzten 5 Minuten der Beatmung (5%)
- Hoher Ausatemwiderstand während des letzten Drittels der Beatmung

Der SSR ist als Fluchtgerät geeignet; einer Zulassung entsprechend der "SSR-Richtlinien" des Deutschen Ausschusses für das Grubenrettungswesen steht die Überschreitung der o. g. physiologischen Grenzwerte z. Zt. entgegen.

Fenzy Biocell/Biocell Plus

- Überzeugendes Gerätekonzept durch Aufsetzen der Relaispatrone Biocell Plus nach Ablauf der Haltezeit des Fenzy Biocell
- Haltezeit rd. 30 + 80 Minuten
- Hoher CO₂-Gehalt sowie Ausatemwiderstand wie Fenzy Biocell 1

Die Kombination, bestehend aus mitgeführtem Biocell sowie der Wechselpatrone Biocell Plus, ist als Gerätesystem zur Flucht geeignet; einer Zulassung entsprechend der "SSR-Richtlinien" des Deutschen Ausschusses für das Grubenrettungswesen steht die Überschreitung der o. g. physiologischen Grenzwerte z. Zt. entgegen.

CSE SR-100

- Haltezeit entsprechend "SSR-Richtlinien" lediglich rd. 45 Minuten (US-Niosh-Test 60 Minuten)
- Hoher Atemwiderstand
- Große Schwankungen beim CO₂-Gehalt sowie bei der Einatemlufttemperatur zwischen verschiedenen Geräten

Der SSR ist als Fluchtgerät für die Dauer von 45 Minuten geeignet; einer Zulassung entsprechend der "SSR-Richtlinien" des Deutschen Ausschusses für das Grubenrettungswesen steht die Überschreitung der o. g. physiologischen Grenzwerte z. Zt. entgegen.

Auer SSR 30/100

- Vergleichsweise angenehmes Mitführen während der Arbeit
- Haltezeit rd. 25 Minuten bei einem AMV von 35 l/min
- Hohe jedoch noch erträgliche Einatemlufttemperatur

Der Auer SSR 30/100 hat inzwischen die Zulassung des Landesoberbergamtes NW als Fluchtgerät im Bergbau über und unter Tage für Fluchtzeiten bis 15 Minuten Dauer erhalten.

Auer SSR 30/100 B

- Bequemes Mitführen während der Arbeit durch Brusttrageweise
- Sehr schnelle Inbetriebnahme im Ernstfall (innerhalb 10 Sekunden), daher idealer SSR für Betriebe mit Gasausbruchsgefahr
- Atemphysiologische Kennwerte wie Auer SSR 30/100

Der Auer SSR 30/100 hat inzwischen die Zulassung des Landesoberbergamtes NW als Fluchtgerät im Bergbau über und unter Tage für Fluchtzeiten bis 15 Minuten Dauer erhalten.

Auer S 15

- Atemphysiologische Kennwerte wie Auer SSR 30/100
- Durch die erweiterte Ausrüstung (Funkenschutzüberzug des Atembeutels, Gasschutzbrille, automatisches Rückzugssignal) Verwendung des Gerätes über die Flucht hinaus auch für Kontrolleinsätze

Der Auer S 15 ist für die Flucht sowie für Kontrolleinsätze bis zu einer Dauer von 10 Minuten im Übertagebereich geeignet.

Auer SSR 16 N

- Vergleichsweise angenehmes Mitführen während der Arbeit in der neu entwickelten Tragetasche
- Haltezeit knapp 30 Minuten bei einem AMV von 35 l/min
- Atemphysiologische Kennwerte erfüllen die "SSR-Richtlinien"

Trotz seiner grundsätzlichen Eignung als Fluchtgerät für die Dauer von rd. 30 Minuten wird die Zulassung des Gerätes im deutschen Bergbau nicht weiterbetrieben, da das Gerät aufgrund der begrenzten Haltezeit keine befriedigende Alternative zu den bereits vorhandenen Kurzzeit-Sauerstoffseltrettern darstellt

Dräger Oxyboks K

- Vergleichsweise umständliches Anlegen sowie unangenehme Trageweise während der Beatmung
- Haltezeit knapp 30 Minuten bei einem AMV von 35 l/min
- Hohe, jedoch noch erträgliche Einatemlufttemperatur

Der SSR hat inzwischen die Zulassung des Landesoberbergamtes NW als Flucht-

gerät im Bergbau über und unter Tage für Fluchtzeiten bis 15 Minuten Dauer erhalten; Zulassungsbeschränkung über Tage auf den Bereich der Temperaturklassen T1 en T2 aufgrund der Chloratkerze im Starter. Einer stärkeren Verbreitung des Gerätes stehen voraussichtlich die insgesamt überzeugenderen Eigenschaften des ebenfalls zugelassenen Auer SSR 30/100 entgegen.

Dräger Oxyboks D

- Haltezeit rd. 25 Minuten bei einem AMV von 35 l/min
- Hoher CO₂-Gehalt der Einatemluft (rd. 5 %)
- Handhabungsfehler bei der Inbetriebnahme (Anatmen des Gerätes) können zu Sauerstoffmangel führen

Aufgrund des nicht auszuschließenden Sauerstoffmangels, der zur Bewußtlosigkeit des Gerätträgers beim Anatmen des Gerätes führen kann, ist der Dräger Oxyboks D für die Flucht nicht geeignet. Auf

die Weiterentwicklung des Gerätes wurde verzichtet.

Dräger Oxy K Plus

- Vergleichsweise angenehme Trageeigenschaften beim Mitführen während der Arbeit sowie bei der Beatmung
- Haltezeit beim jetzigen Entwicklungsstand rd. 50 Minuten bei einem AMV von 35 l/min
- Angenehme atemphysiologische Eigenschaften

Obwohl der Dräger Oxy K Plus zur Zeit noch nicht serienreif ist, stellt er ein überzeugendes Fluchtgerät dar, das bei Erreichen der angestrebten Haltezeit von 60 Minuten Dauer für viele Bergbaubetriebe die sichere Flucht ohne Gerätewechsel ermöglicht.

Nach Abschluß des Forschungsvorhabens stehen somit ständig mitführbare Kurzzeit-Sauerstoffselbstretter serienreif

zur Verfügung, die als sogenannte Zubringer-Geräte zum Sauerstoffselbretter-Depot die Fluchtzeit für eine Dauer von 15 bis 30 Minuten überdecken. Darüber hinaus bietet die SSR-Kombination Fenzy Biocell/Biocell Plus die Möglichkeit des schnellen Aufsetzens einer zusätzlichen Relaispatrone auf den Kurzzeit-Sauerstoffselbretter und deckt hiermit Gesamtluchtzeiten von über 90 Minuten Dauer ab.

Vorrangiges Ziel bleibt die Ausrüstung der Belegschaft im Bergbau unter Tage mit einem ständig mitführbaren Sauerstoffselbretter, der über eine Haltezeit von mindestens 60 Minuten Dauer verfügt und damit den Gerätewechsel in vielen Bergbaubetrieben überflüssig macht. Der Dräger Oxy K Plus bietet - obwohl noch nicht serienreif - hier einen vielversprechenden Ansatz. Das Gerät wird gemeinsam mit dem Hersteller im Rahmen zukünftiger Forschungsarbeiten weiterentwickelt.

Laboratory tests, practical trials and further development of short-term oxygen self-rescuers

D.M.T. - GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH, BOCHUM, GERMANY

Contract No 7258-04/145/01

Duration: 1.10.87 - 30.9.91

Mines need oxygen self-rescue equipment which can be worn by miners at all times. These short-term oxygen self-rescuers, which have a duration of 15-30 minutes, are intended in an emergency to enable miners to get from the worksite to the oxygen self-rescue depot. The aim of the project was to test short-term oxygen self-rescuers and further develop them for series production. Another aim was to test and develop permanently wearable oxygen self-rescuers with a longer duration, which would enable miners to escape without the need to change equipment.

As part of the project, the following oxygen self-rescuers (OSR) were tested on an artificial lung in the laboratory and by volunteers above and below ground:

| | |
|------------------------------|--------|
| - Sch SM 1 | Russia |
| - Fenzy Biocell I | France |
| - Fenzy Biocell/Biocell Plus | France |
| - CSE SR-100 | USA |
| - Auer SSR 30/100 | FRG |
| - Auer SSR 30/100 B | FRG |
| - Auer S 15 | FRG |
| - Auer SSR 16 N | FRG |
| - Dräger Oxyboks K | FRG |
| - Dräger Oxyboks D | FRG |
| - Dräger Oxy K Plus | FRG |

The test results, which take account of further development carried out during the project, may be summarised as follows:

Sch SM 1

- Duration approx. 25 minutes at 35 l/min;
- CO₂-content of inhaled air unacceptably high (8%);
- Inhaled air temperature unacceptably high (95 °C).

This OSR is unsuitable for use as escape equipment.

Fenzy Biocell I

- Convenient shape, convenient to carry;
- Duration approx. 30 minutes at 35 l/min;
- High CO₂-content during final 5 minutes of use (5%);
- High exhalation resistance during final third of duration.

This OSR is suitable for use as escape equipment; authorisation in accordance with the OSR Directives of the German Mine Rescue Committee (Ausschuss für das Grubenrettungswesen) is currently hindered by the fact that the physiological limit values referred to above are exceeded.

Fenzy Biocell/Biocell Plus

- Good design: the Biocell Plus relay cartridge can be fitted when the Fenzy Biocell is exhausted;
- Duration approx. 30 + 80 minutes;
- High CO₂-content and exhalation resistance as with Fenzy Biocell I.

The combination of Biocell and replacement cartridge Biocell Plus is suitable for use as escape equipment; authorisation in accordance with the OSR Directives of the Ausschuss für das Grubenrettungswesen is currently hindered by the fact that the physiological limit values referred to above are exceeded.

CSE SR-100

- Duration as measured in accordance with OSR Directives only approx. 45 minutes (US Niosh test 60 minutes);
- High breathing resistance;
- Wide variations in CO₂-content and inhaled air temperature between various units.

The OSR is suitable for use as escape equipment for a duration of 45 minutes; authorisation in accordance with the OSR Directives is currently hindered by the fact that the physiological limit values referred to above are exceeded.

Auer SSR 30/100

- Comparatively convenient to carry during work;
- Duration approx. 25 minutes at 35 l/min;
- Inhaled air temperature high but acceptable.

The Auer SSR 30/100 has since been authorised by the Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen for use as escape equipment above and below ground for durations of up to 15 minutes.

Auer SSR 30/100 B

- Chest-mounted, therefore comfortable to carry during work;
- Rapid operation in an emergency (within 10 seconds), therefore ideal OSR for workings where there is a danger of gas outbursts;
- Respiratory values identical to Auer SSR 30/100.

The Auer SSR 30/100 has since been authorised by the Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen for use as escape equipment above and below ground for durations of up to 15 minutes.

Auer S 15

- Respiratory values identical to Auer SSR 30/100;
- Due to higher standard of equipment (safety covering on breathing bag, eye protectors, automatic retreat signal), also suitable for use in inspection tasks.

The Auer S 15 is suitable for use as escape equipment and for inspection tasks, with a maximum duration of 10 minutes above ground.

Auer SSR 16 N

- Comparatively comfortable to wear during work in newly-developed carrying case;

- Duration just under 30 minutes at 35 l/min;
- Respiratory values conform to OSR Directives.

Despite being basically suitable for use as escape equipment for a duration of approximately 30 minutes, authorisation in German mines is not being pursued since, due to the limited duration, the equipment is not a satisfactory alternative to short-term oxygen self-rescuers already available.

Dräger Oxyboks K

- Comparatively inconvenient to put on, and uncomfortable to wear while in operation;
- Duration just under 30 minutes at 35 l/min;
- Inhaled air temperature high though acceptable.

The OSR has since been authorised by the Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen for use as escape equipment above and below ground for up to 15 minutes; authorisation on the surface is limited to temperature categories T1 and T2 due to the chlorate in the starter. Wider use of the equipment is hindered by the superior characteristics of the Auer SSR 30/100, which has also been authorised.

Dräger Oxyboks D

- Duration approx. 25 minutes at 35 l/min;
- High CO₂-content in inhaled air (approx. 5%);
- Errors in starting up the equipment may lead to lack of oxygen (breathing into the apparatus to activate the chemical).

Due to the possibility of lack of oxygen, which may lead to the wearer becoming

unconscious on starting up the equipment, the Dräger Oxyboks D is not suitable for use as escape equipment. No further development has been undertaken.

Dräger Oxy K Plus

- Comparatively comfortable to wear while working and while in operation;
 - Duration at current state of development approx. 50 minutes at 35 l/min;
 - Favourable respiratory characteristics.
- Although the Dräger Oxy K Plus is not yet ready for series production, it is very suitable for use as escape equipment which, if the goal of a 60-minute duration is achieved, will make escape without changing equipment possible in many mines.

Now that the research project is completed, there are permanently wearable short-term oxygen self-rescuers available in series production which will provide 15 - 30 minutes cover to enable miners to escape to a self-rescuer depot. Over and above this, the combined Fenzy Biocell/Biocell Plus OSR offers the possibility of quickly inserting an additional cartridge into the short-term oxygen self-rescuer, thereby providing over 90 minutes escape cover.

Equipping miners below ground with permanently portable oxygen self-rescuers with a duration of at least 60 minutes, thereby making the changing of equipment unnecessary in many mines, remains a priority. Although not yet ready for series production, the Dräger Oxy K Plus appears very promising in this respect. There will be further research and development on this equipment in cooperation with the manufacturer.

Études en laboratoire, expérimentation pratique et perfectionnement des appareils autosauveteurs à oxygène à autonomie réduite

DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH, BOCHUM, ALLEMAGNE

Contrat n° 7258-04/145/01

Durée: 1.10.87 - 30.9.91

L'industrie minière souhaite que soient mis au point des appareils autosauveteurs à oxygène pouvant être portés en permanence par le mineur. De tels appareils à autonomie réduite (autonomie de 15 à 30 mn) seraient conçus pour la fuite depuis le poste de travail jusqu'au dépôt d'autosauveteurs. Il s'agissait donc, dans le cadre de ce projet, de tester un certain nombre d'autosauveteurs de ce type et de les perfectionner jusqu'à les rendre opéra-

tionnels. Un autre objectif était l'expérimentation et le développement d'autosauveteurs à oxygène ayant une plus grande autonomie et permettant aux mineurs d'évacuer les lieux sans devoir changer d'appareil.

Dans le cadre du projet, les appareils suivants ont été soumis à des essais en laboratoire sur machine respiratoire et à des essais sur l'homme au fond et au jour:

| | |
|------------------------------|------------|
| - Sch SM 1 | Russie |
| - Fenzy Biocell I | France |
| - Fenzy Biocell/Biocell Plus | France |
| - CSE SR-100 | États-Unis |
| - Auer SSR 30/100 | RFA |
| - Auer SSR 30/100 B | RFA |
| - Auer S 15 | RFA |
| - Auer SSR 16 N | RFA |
| - Dräger Oxyboks K | RFA |
| - Dräger Oxyboks D | RFA |
| - Dräger Oxy K Plus | RFA. |

Les résultats des essais, qui tiennent compte des perfectionnements apportés aux appareils en cours de projet, peuvent être résumés comme suit:

Sch SM 1

- Autonomie: environ 25 mn pour un volume respiratoire de 35 l/mn
- Teneur en CO₂ de l'air inhalé exagérément élevée (8%)
- Température de l'air inhalé exagérément élevée (95°)

Le Sch SM 1 ne convient pas pour une utilisation en tant qu'appareil de fuite.

Fenzy Biocell 1

- Appareil bien conçu et commode à transporter
- Autonomie: environ 30 mn pour un volume respiratoire de 35 l/mn
- Teneur en CO₂ élevée pendant les 5 dernières minutes de respiration (5%)
- Résistance expiratoire élevée pendant le dernier tiers de la durée de respiration

Le Fenzy Biocell 1 convient pour une utilisation en tant qu'appareil de fuite; l'octroi de l'agrément de conformité aux "spécifications SSR" (spécifications applicables aux autosauveteurs à oxygène) du Comité allemand de sauvetage dans les mines est pour le moment exclu en raison du dépassement des valeurs limites physiologiques.

Fenzy Biocell/Biocell Plus

- Le principe de l'appareil, basé sur la mise en place de la cartouche de rechange Biocell Plus lorsque la durée d'utilisation de Fenzy Biocell est épuisée, nous a convaincu
- Autonomie: 30 + 80 mn
- Teneur en CO₂ et résistance expiratoire élevées, comme pour Fenzy Biocell 1

L'ensemble constitué de l'appareil Biocell porté par le mineur et de la cartouche de rechange Biocell Plus se prête à une utilisation comme appareil de fuite; l'octroi de l'agrément de conformité aux "spécifications SSR" du Comité allemand de sauvetage dans les mines est pour le moment exclu en raison du dépassement des valeurs limites physiologiques.

CSE SR-100

- Autonomie: seulement 45 mn d'après les "spécifications SSR" et 60 mn d'après le test américain NIOSH
- Résistance respiratoire élevée
- Importantes variations de la teneur en CO₂ et de la température de l'air inhalé d'un appareil à l'autre

Cet appareil convient pour une utilisation en tant qu'appareil de fuite assurant une autonomie de 45 mn; le dépassement des valeurs limites physiologiques précitées

s'oppose actuellement à ce que l'appareil soit jugé conforme aux "spécifications SSR" du Comité allemand de sauvetage dans les mines.

Auer SSR 30/100

- Bonne commodité de port pendant le travail
- Autonomie: environ 25 mn pour un volume respiratoire de 35 l/mn
- Température de l'air inhalé relativement élevée mais supportable

L'appareil Auer SSR 30/100 a entre-temps été agréé par le Landersoberbergamt NW (Service du contrôle des mines du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie) comme appareil de fuite pouvant être utilisé dans les mines, au fond et au jour, pour une durée de fuite de 15 mn maximum.

Auer SSR 30/100 B

- Système de fixation de l'appareil sur la poitrine assurant une bonne commodité de port pendant de travail
- Mise en service très rapide en cas de danger (en l'espace de 10 s), l'appareil est donc idéal pour les chantiers présentant des risques de dégagement instantané
- Caractéristiques physiologiques respiratoires comme pour Auer SSR 30/100

L'appareil Auer SSR 30/100 a entre-temps été agréé par le Landersoberbergamt NW comme appareil de fuite pouvant être utilisé dans les mines, au fond et au jour, pour une durée de fuite de 15 mn maximum.

Auer S 15

- Caractéristiques physiologiques respiratoires comme pour Auer SSR 30/100
- Grâce aux accessoires supplémentaires dont il est doté (sac respiratoire protégé contre les étincelles, lunettes de protection contre les gaz, signal de retraite automatique), l'appareil convient à la fois pour la fuite et pour les interventions de contrôle

L'appareil Auer S 15 est adapté pour la fuite ainsi que pour des interventions de contrôle en surface d'une durée ne pouvant excéder 10 mn.

Auer SSR 16 N

- Port de l'appareil pendant le travail relativement aisé grâce au nouveau sac de transport
- Autonomie: à peine 30 mn pour un volume respiratoire de 35 l/mn
- Caractéristiques physiologiques respiratoires conformes aux "spécifications SSR"

Bien qu'il convienne pour une utilisation en tant qu'appareil de fuite assurant une

autonomie de 30 mn environ, l'appareil ne constitue pas, compte tenu de son autonomie limitée, une alternative satisfaisante aux autres modèles d'autosauveteurs à oxygène à autonomie réduite disponibles, et son utilisation dans les mines allemandes ne sera donc plus autorisée.

Dräger Oxyboks K

- Appareil embarrassant et d'utilisation inconfortable comparativement à d'autres modèles
- Autonomie: à peine 30 mn pour un volume respiratoire de 35 l/mn
- Température de l'air inhalé élevée mais encore supportable

L'appareil a entre-temps été agréé par le Landersoberbergamt NW comme appareil de fuite pouvant être utilisé dans les mines, au fond et au jour, pour une durée maximale de 15 mn; le démarreur contenant une bougie au chlorate, l'utilisation de l'appareil au jour n'est autorisée que dans les classes de températures T1 et T2. La percée de cet appareil devrait être stoppée du fait des caractéristiques plus intéressantes présentées par le modèle Auer SSR 30/100, lui aussi agréé.

Dräger Oxyboks D

- Autonomie: environ 25 mn pour un volume respiratoire de 35 l/mn
- Forte concentration de CO₂ dans l'air inhalé (environ 5 %)
- Une erreur de manipulation lors de la mise en service peut entraîner un défaut d'oxygène

Étant donné qu'un défaut d'oxygène pouvant entraîner la perte de conscience de l'utilisateur ne peut être exclu en cas de mauvaise utilisation de l'appareil, le Dräger Oxyboks D n'est pas adapté à une utilisation en cas de fuite. Le perfectionnement de l'appareil a été abandonné.

Dräger Oxy K Plus

- Bonne commodité de port pendant le travail et confort d'utilisation satisfaisant
- Autonomie: sous sa forme actuelle, l'appareil assure une autonomie d'environ 50 mn pour un volume respiratoire de 35 l/mn
- Bonnes caractéristiques physiologiques respiratoires

Bien que le Dräger Oxy K Plus ne soit pas encore opérationnel, il se présente déjà comme un appareil de fuite performant qui, si l'on parvient à porter son autonomie à 60 mn, pourra être utilisé dans de nombreux travaux miniers pour une évacuation sûre sans changement d'appareil.

Aux termes de nos travaux, nous nous trouvons en présence d'un certain nombre d'autosauveteurs à oxygène à autonomie réduite pouvant être portés en perma-

nence par le mineur et qui, utilisés comme "appareils relais" permettant la fuite jusqu'au dépôt d'autosauveteurs, procurent une autonomie comprise entre 15 et 30 mn. En outre, l'ensemble Fenzy Biocell/Biocell Plus offre la possibilité d'adapter rapidement une cartouche de recharge à l'autosauveteur à autonomie ré-

duite, portant ainsi la durée totale d'utilisation de l'appareil à plus de 90 mn.

Notre objectif prioritaire reste d'équiper le personnel de fond d'un autosauveteur à oxygène pouvant être porté en permanence et ayant une autonomie d'au moins 60 mn, ce qui supprimerait dans de

nombreux cas la nécessité de changer d'appareil. Le Dräger Oxy K Plus, bien qu'il ne soit pas encore opérationnel, offre des perspectives très prometteuses. Son développement sera poursuivi en collaboration avec le fabricant dans le cadre de futurs projets de recherche.



Europäische Gemeinschaften – Kommission

EUR 14841 – Abschlußbericht zum Fünften Forschungsprogramm „Gesundheitsschutz im Bergbau“ 1983 – 1987

L. Le Bouffant

Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften

1993 – X, 124 S. – 21,0 × 29,7 cm

Serie: Gesundheit und Sicherheit

ISBN 92-826-5586-5

Preis in Luxemburg (ohne MwSt.): ECU 15

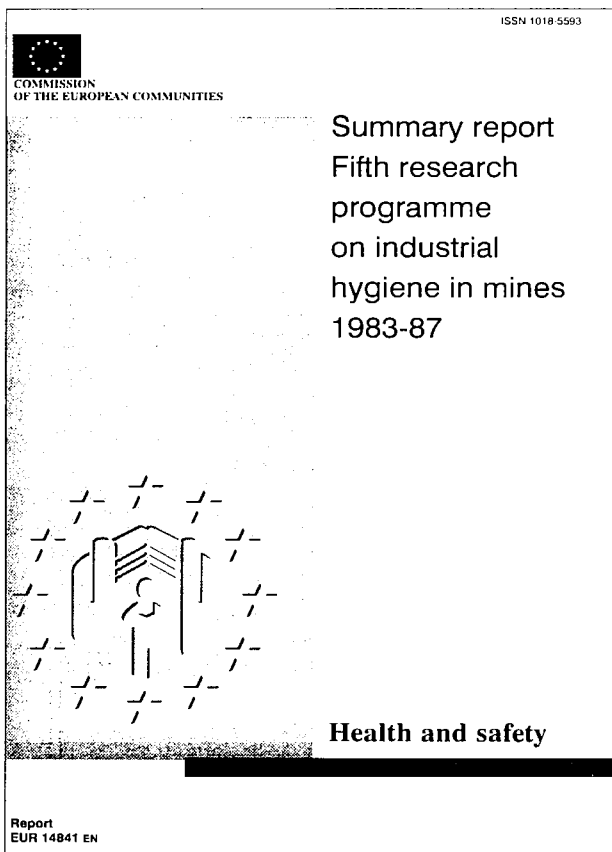
Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften beschloß, 11 Millionen ECU, auf mindestens fünf Jahre ab 1983 verteilt, für das Forschungsprogramm „Gesundheitsschutz im Bergbau“ bereitzustellen.

65 Forschungsvorhaben wurden finanziell unterstützt.

Im vorliegenden Abschlußbericht sollen die Ergebnisse der im Rahmen des Forschungsprogramms durchgeführten Arbeiten und die für die verschiedenen Probleme gefundenen Lösungen dargestellt werden.

Das Forschungsprogramm war nach vier Themen unterteilt: Staubbekämpfung, Staubmessung und Ermittlung der Staubeigenschaften, Pneumokoniose und Umgebungsfaktoren, Lärm und Vibrationen.

Nach Ansicht der technischen Experten, der Produzenten und der Arbeitnehmer waren die Forschungsergebnisse äußerst aufschlußreich und ermutigend, insbesondere was die technische Staubbekämpfung angeht.



European Communities – Commission

EUR 14841 – **Summary report – Fifth research programme on industrial hygiene in mines 1983-87**

L. Le Bouffant

Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

1993 – X, 113 pp., num. tab., fig. – 21.0 x 29.7 cm

Health and safety series

ISBN 92-826-5587-3

Price (excluding VAT) in Luxembourg: ECU 15

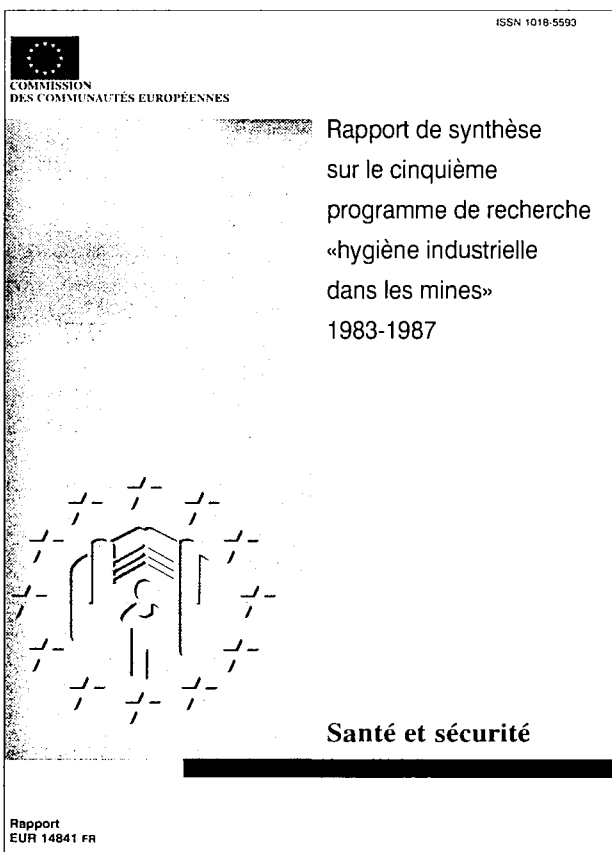
The Commission of the European Communities allocated a total of ECU 11 million, distributed over at least five years beginning in 1983, for the research programme on industrial hygiene in mines.

Sixty-five research projects received financial assistance.

The aim of this summary report is to set out the results of the work carried out and give details of solutions found.

The programme was divided into four sections: dust control, dust measurement and determination of dust properties, pneumoconiosis and environmental factors, and noise and vibration.

Technical supervisors, producers and workers consider the results to be very interesting and encouraging, particularly with regard to dust control and suppression.



Communautés européennes – Commission

EUR 14841 – **Rapport de synthèse sur le cinquième programme de recherche «hygiène industrielle dans les mines» 1983 – 1987**

L. Le Bouffant

Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes

1993 – X, 122 p. – 21 x 29,7 cm

Série: Santé et sécurité

ISBN 92-826-5588-1

Prix au Luxembourg, TVA exclue: ECU 15

La Commission des Communautés européennes a décidé d'allouer un montant de 11 millions d'écus, répartis sur au moins cinq années à compter de 1983, pour le programme de recherche «hygiène industrielle dans les mines».

Une aide financière a été accordée à 65 projets de recherche.

Le but de ce rapport de synthèse est de présenter les résultats des travaux menés dans le cadre du programme et les solutions apportées aux problèmes posés.

Ce programme était divisé en quatre thèmes: lutte technique contre les pollutions, mesures des poussières et détermination de leurs caractéristiques, pneumoconioses et facteurs d'ambiance, bruit et vibration.

Les résultats ont été très intéressants et encourageants d'après les responsables techniques, les producteurs et les travailleurs, spécialement en ce qui concerne la lutte technique contre les poussières et leur abat-tage.

FORSCHUNGSVERTRÄGE
RESEARCH AGREEMENTS
CONVENTIONS DE RECHERCHE

FÜNFTEN UND SECHSTEN PROGRAMM "INDUSTRIELLE
HYGIENE IM BERGWERK"
FIFTH AND SIXTH PROGRAMME "INDUSTRIAL
HYGIENE IN MINES"
CINQUIÈME ET SIXIÈME PROGRAMMES "HYGIÈNE
INDUSTRIELLE DANS LES MINES"

Minderung der Lärmabstrahlung von Maschinen

NATIONAL COAL BOARD, LONDON, VEREINIGTES KÖNIGREICH

Vertrag Nr.: 7260-05/037/08

Dauer: 1.7.86 - 30.6.89

Das Gesamtziel dieser Forschungsarbeiten ist eine geringere Geräuschbelastigung der Arbeitskräfte. Während der Laufzeit des Projekts wurden Gesetze verabschiedet (CEC-Direktive 86/188), die eine geringere Geräuschbelastigung der Arbeitskräfte in den Mitgliedsländern fordern und die Notwendigkeit der Geräuschbekämpfung an der Quelle herausstellen.

Die hauptsächliche Zielsetzung des Forschungsprojektes war eine Erkennung der mechanischen und aerodynamischen Schallquellen in schweren Bergwerksmaschinen, eine Untersuchung der für die Schallemission verantwortlichen schwankenden mechanischen Kräfte und die Erstellung von Empfehlungen für Konstruktionsverbesserungen. Die Untersuchung der mechanischen Kräfte während des Projektes machte die Realisation von Konstruktionsverbesserungen möglich, welche zu einer geminderten Geräuschabstrahlung von verschiedenen Maschinenteilen führten.

SCHALLQUELLEN IN EINER VORTRIEBSMASCHINE

Umfangreiche Untersuchungen wurde an einer Anderson Strathclyde RH22 Vortriebsmaschine durchgeführt. In dieser Maschine wurden die nachstehenden Hauptschallquellen erkannt: Elektromotorantrieb, Schneidgeräusch und Schrappkettengeräusch. Zunächst stellte sich bei einer eingehenden Prüfung der Hydraulik mit Hilfe von Geräusch- und Schwingungsmessungen heraus, daß gewisse Stromteiler unter gewissen betriebsbedingungen im Hydraulikaggregat eine Schallemission bis zu 108 dB(A) verursachten. Nach umfangreichen Versuchen war es möglich, durch Änderung des Hydraulikkreises den Pegel zu verringern. Für die Analyse der restlichen hydraulischen Geräuschemission dienten zwei Druckgeber in den Druckleitungen der Pumpe. Durch Messungen der in der Flüssigkeit auftretenden maximalen Wellen wurden die Beiträge von Wasserschall und Körperschall bestimmt. Die anschließend durchgeführte Analyse der Meßwerte ließ die Komplexität der Schallquellen einer Hydraulik erkennen. Im Bereich der ersten fünf Oberwellen der Pumpe hatte der Wasserschall die gleiche Bedeutung wie

der direkte Luftschall oder Körperschall. Im Bereich der ersten beiden Oberwellen war jedoch die Ausbreitung in der Flüssigkeit um 12 dB höher als in den anderen Medien. Durch ein Schallschutzgehäuse über dem Hydraulikaggregat wurde die Belastigung der Arbeitskräfte durch Hydraulikschall um weitere 13 dB(A) reduziert.

Der elektrische Antriebsmotor des Hydraulikaggregats erzeugte in einem Abstand von 1 m einen Schalldruckpegel von 96 dB(A). Dieser wurde hauptsächlich durch den Lüfter des Motors verursacht. Derartige Lüfter haben gewöhnlich einen niedrigen Wirkungsgrad, da sie entsprechend der British-Coal-Vorschriften in beiden Richtungen wirken müssen. Forschungsarbeiten suchten eine Verbesserung der Aerodynamik dieser Lüfter, um eine ungestörte Strömung durch das Laufrad zu erzielen. Ein neu konstruierter Lüfter mit geringerem Durchmesser reduzierte die turbulente Luftströmung und erreichte eine Verringerung der Schallemission um 10 dB(A) am Lufteintritt und 8 dB(A) am Luftaustritt des Lüfters. Entsprechend der neuen Vorschrift 625 von British Coal werden jetzt Elektromotoren mit geräuscharmen Lüftern ausgerüstet, denen diese Prototypkonstruktion zugrundeliegt.

Versuche mit Gasdämpfung wurden fortgesetzt, um die Schallemission von den Platten bügel- und kastenförmiger Strukturen zu mindern. Nach vielversprechenden Laborversuchen wurde ein gedämpfter Kettenförderer in eine Vortriebsmaschine RH22 eingebaut.

Im Vergleich mit dem Rinnenboden eines normalen Kettenförderers konnte die Schallemission um 5 bis 10 dB(A) gemindert werden. Die an der Schrämwälze der Vortriebsmaschine entstehenden Geräusche wurden als wichtig erkannt. Die Schnittgeräuschpegel herrschten jedoch während eines Ausbauzyklus nicht vor. Die Untersuchungen der Schnittgeräusche ergaben, daß der Schallpegel bei ansteigender Schnitttiefe abnahm. Mit Hilfe von Zeigerfrequenz-Reaktionsfunktionen in einem Modaltestpaket konnten einige modale Parameter für Schrämköpfe abgeleitet werden. Dabei wurde beobachtet, daß die Reaktion des Schrämkopfes bis mindestens 1200 Hz ganz

modal verläuft. Dies läßt darauf schließen, daß eine geringe Minderung der Schallemission durch eine Schwingungsdämpfung eines Schrämkopfes erzielt werden könnte.

KÜHLGEBLÄSE IN GLEISLOSEN FAHRZEUGEN

Sowohl in gleislosen Fahrzeugen als auch in Lokomotiven verwendet das Kühlsystem einen durch die Kurbelwelle angetriebenen und neben einem Kühler angebrachten Ventilator mit Grobblechflügeln. Die Luft wird durch den Kühler gedrückt. Der Gesamtwirkungsgrad des Lüfters beträgt häufig nicht mehr als 20 %. Die Konstruktion eines neuen nichtmetallischen Gebläses mit aerodynamischen Flügeln verbesserte die aerodynamische Nutzleistung und führte die mögliche niedrigere Drehzahl des Lüfters zu einer Minderung der Schallemission. Die Bauweise des Lüfters entsprach den British-Coal-Anforderungen über nichtmetallische Werkstoffe. Ein weiteres Vorhaben war die Neukonstruktion des Luftkreislaufs, um Druckluftverluste im System zu minimieren. Die Prüfung des anfänglichen Prototyp Lüfters mit einer Drehzahl von 1600 U/min im Vergleich zu der normalen Drehzahl von 3000 U/min erreichte eine Minderung des Schallpegels von bis zu 12 dB(A). Aufgrund des schnell wachsenden Einsatzes von gleislosen Fahrzeugen in der Industrie im Laufe des Projektes wurde es jedoch erforderlich, daß ein neuer Lüfter in den vorhandenen Kühlkreislauf nachgerüstet werden konnte. Deshalb wurde ein weiterer Lüfter für höheren Druck und größere Förderleistung konstruiert. Am Ende des Projektes waren die Konstruktions- und Prüfarbeiten beendet. Die Flügel waren jedoch noch nicht gefertigt.

BOHRGERAUSCH

Um das Ausmaß von Auspuffgeräuschen, Bohrmaschinengeräuschen und Bohrstangengeräuschen zu bewerten, wurden Druckluftbohrhämmer und insbesondere die für den Ankerabau verwendeten untersucht. Es wurden schon erhebliche Verringerungen der Schallemission erzielt (7 dB(A) bzw. 13 dB(A)) und die Untersuchungen der Schallquel-

len werden fortgesetzt. In beiden Arten der Bohrgeräte scheinen die Bohrstan-
geräusche eine wichtige Rolle zu
spielen. Es waren sowohl Längs- als
auch Biegeschwingungen im Gesamtbe-
reich der Schallemission dB(A) von Be-
deutung. Eine provisorische Dämpfung
von Motor und Getriebe der Bohrgeräte
für den Ankerausbau erreichte Minde-
rungen von 3 bis 5 dB(A). Bei Abluft-
schalldämmung wurden zunächst unter-
schiedliche Geräuschquellen beim
Anschnitten des Loches im Ankeraus-
bau festgestellt, die von der Art des
Bohrmeißels und der Bohrstange abhin-
gen. Eine genauere Untersuchung stellte
fest, daß nur der Bohrmeißel zu Unter-
chieden beiträgt; die größeren Bohr-
meißel erzeugten gewöhnlich die höhe-
ren Schallpegel. Im Labor wurden
Versuche mit gut abgedichteten konzen-
trischen Zylindern durchgeführt. Diese
simulieren die Bohrstange und die Ver-
suche sollten feststellen, ob eine Gas-
dämpfung die Schwingungen der
Bohrstange verringern würde. Biege-
schwingungen der höheren Ordnung
wurden wahrnehmbar gemindert. An
Längswellen der ersten Ordnung oder
den ersten beiden Biegewellen konnte
jedoch keine Minderung erreicht
werden.

REFLEXIONSSCHALLDÄMPFER

Absorptionsschalldämpfer werden
ausgedehnt im Bergbau verwendet, da
sie eine wirkungsvolle Schalldämmung
erheben, sich leicht einbauen lassen
und verhältnismäßig billig sind. Sie
sind jedoch besonders auf Verschmut-
zungen und Wasser empfindlich, wo-
durch ihre Leistung erheblich gemin-
dert werden kann. Theoretische
Berechnungen und praktische Versuche
wurden mit einem neuartigen Refle-
xionsschalldämpfer durchgeführt, der
die Lärmstärke über einen ausgedehnten
Frequenzbereich vermindert. Impe-
danzrohrmessungen ließen erkennen,
daß Absorptionskoeffizienten von mehr
als 0,8 im Bereich von 400 bis 100 Hz
möglich waren. Am Ende des Projektes
wurden einige Prototypgeräte zwecks
Versuche gefertigt.

GERÄUSCHDÄMPFUNG FÜR GETRIEBE

Theoretische und praktische Ver-
suche wurden mit einem Fördererge-
triebe durchgeführt, um Schallquellen
zu erkennen und Konstruktionsparame-
ter für die Änderung des Getriebegehäu-
ses zu erstellen, die zu verringerten
Schwingungen und Geräuschemission
führten. Aus den durch den Zahneingriff

entstehenden Kräften wurden die durch
die Lagergehäuse übertragenen Kräfte
errechnet. Es wurde bewiesen, daß im
Bereich der Lager übertragene statische
Kräfte in einem begrenzten Winkelsek-
tor auftraten. Dieser Sektor war für je-
des Lager verschieden. Außerdem be-
stand für jedes Lager ein oberer
Grenzwert für diesen Winkel der über-
tragenen Kraft, der während der
normalen Drehmomentwandlung er-
reicht wurde. Begrenztes Elementver-
fahren und Analysemodelle wurden ein-
gesetzt, um zu zeigen, daß die
Schwingungen der oberen und unteren
Getriebewände auf Richtung und Größe
der Kräfte in den Lagergehäusen anspre-
chen. Es stellte sich im untersuchten Ge-
triebe heraus, daß die Schwingungsei-
genschaften besonders empfindlich auf
Steifheitsänderungen in der Nähe der
Lagergehäuse waren. Mit dem Modell
war es möglich zu beweisen, daß Schall-
minderungen auf zwei Weisen erreicht
werden konnten: durch eine neue Form-
gebung des Gehäuses, um die Ein-
schnürung zwischen den Lagergehäusen
zu eliminieren, oder als Nachrüstlösung
durch das Anschrauben von zwei star-
ken Trägern über die drei Lagergehäuse
auf einer Seite des Getriebes, um eine
Art von Bügel zu bilden.

Reduction of noise emission from machines

NATIONAL COAL BOARD, LONDON, UNITED KINGDOM

Contract No 7260-05/037/08

Duration: 1.7.86 - 30.6.89

The overall objective of the research
is to reduce the exposure of workers to
noise. Statutory regulations came into op-
eration during the course of the project
(CEC Directive 86/188), which require
member countries to reduce workers' ex-
posure to noise and which emphasise the
need for engineering noise control at
source.

The principal aims of the research
project were to identify the major sources
of mechanical and aerodynamic noise
within heavy duty mining machinery, to
study the fluctuating mechanical forces
causing the noise and to provide recom-
mendations for design improvements.
Within the process of investigating the
mechanical forces, it was possible during
the project to implement design improv-
ements which resulted in reduced emitted
noise from a number of machine compo-
nents.

ROADHEADER NOISE SOURCES

Extensive studies were undertaken on
an Anderson Strathclyde RH22 road-
header. Principal noise sources were iden-
tified as the machine hydraulics, the elec-
tric motor drive, cutting noise and scraper
conveyor noise. Initially, detailed investi-
gation of the hydraulic circuit, using both
noise and vibration measurements, showed
that particular flow dividers generated
high noise levels, up to 108dB(A) within
the hydraulic compartment, under certain
operating conditions. Following exten-
sive trials, levels were reduced by re-
design of the hydraulic circuit. Analysis
of the residual hydraulic noise used two
in-duct pressure transducers, within the
pump discharge lines. Measurements of
maximum liquid pressure ripple levels
were used to determine the contributions
of fluid-borne and structure-borne noise.
During subsequent analysis of the mea-

surements, the complexity of hydraulic
noise generation was demonstrated. Over
the first 5 harmonics of the pump, fluid
borne noise was as important as the direct
airborne or structural transmission noise.
However, at the first two harmonics the
fluid borne path was some 12dB higher
than other transmission paths. The expo-
sure of workers to the hydraulic noise
was further reduced, by 13dB(A), by
acoustic enclosure of the hydraulic cir-
cuit.

The electric motor drive to the hy-
draulic circuit generated levels of
96dB(A) at 1 metre, shown to be due to
the motor cooling fan. Such fans are in-
herently inefficient since they must be
capable of bi-directional operation, a
British Coal requirement. Research was
undertaken to improve the overall aero-
dynamics of these fans by smoothing the
airflow through the impeller. A new fan

design, of smaller diameter, reduced levels of turbulence in the airflow and resulted in noise reductions of 10dB(A) at the fan inlet and 8dB(A) at outlet. All new British Coal specification 625 electric motors are now fitted with low noise impellers based on the prototype design.

Trials continued on gas film damping to reduce noise emitted from plate surfaces, using U and Box-section structures. Following encouraging laboratory experiments a damped scraper conveyor was installed on an RH22 roadheader.

Compared to standard scraper conveyor deckplates, emitted noise was reduced by 5 to 10dB(A). Noise generated at the cutting drum on roadheaders was shown to be important, although cutting noise levels did not dominate throughout a full arch-setting cycle. Preliminary studies of cutting noise were undertaken which showed that noise levels decreased with increasing depth of cut. Using point frequency response functions in a Modal testing package, some modal parameters for cutting heads were derived. It was shown that cutting head response is quite modal at least up to 1200Hz, indicating that some noise reduction could be achieved by damping of the cutting head, thus reducing its vibrational response.

FREE-STEERED VEHICLE COOLING FAN

Conventional cooling systems for both free-steered vehicles and locomotives employ a plate metal bladed fan, direct crankshaft driven, adjacent to a radiator. Air is blown through the radiator, in a 'pushing' mode. The overall fan efficiency is often as low as 20%. A new, non-metallic fan was designed, with aerofoil section blading, to improve the overall aerodynamic efficiency and hence reduce noise by lowering the driven fan speed. The fan was specifically designed to be well away from the stall line and to comply with British Coal requirements concerning non-metallic materials. It was also intended to redesign the airflow circuit, to minimise pressure losses in the system. Tests on an initial prototype fan, running at 1600rpm, compared to the conven-

tional 3000rpm gave noise level reductions of up to 12dB(A). However, due to the rapid deployment of free-steered vehicles within the industry during the course of the project, it became necessary for any new fan to be retrofittable within the existing cooling circuit. A second fan design was undertaken, therefore, with a higher pressure development and flow capacity. At the end of the project, the design and stressing had been completed but the blading had not been manufactured.

DRILLING NOISE

Research to assess the contributions of exhaust noise, drill body noise and drill rod noise was undertaken on pneumatic rotary percussive (RP) drills and, more particularly, on roofbolting drills. Significant reductions of exhaust noise were achieved, 7dB(A) and 13dB(A) respectively, and studies then continued on the residual sources. For both types of drilling, drill rod noise was shown to be significant. For RP drills, both longitudinal and bending vibration was shown to be significant within the frequency range governing the overall emitted dB(A). Temporary lagging of the motor and transmission of roofbolting drills gave reductions of 3 to 5dB(A) with the exhaust silenced. Initially, significantly different noise signatures were obtained as the roofbolting drill cut the hole, dependent upon the type of drill bit and rod, but more detailed study showed this difference to be attributed solely to the drill bit; larger bits generated higher noise levels. Laboratory experiments were undertaken on close-fitting concentric cylinders, simulating a drill rod, to determine whether this novel use of gas-film damping might be applied to reducing drill rod vibration. Higher order bending modes were noticeably damped, but no reductions were achieved on the first longitudinal mode or the first two bending modes.

REACTIVE SILENCER

Absorptive silencers are extensively used within the mining industry since

they give effective noise attenuation, are easy to install and are relatively inexpensive. However, they are susceptible to contamination from dirt and water, which can dramatically reduce performance. Theoretical and experimental studies were undertaken on a novel type of reactive silencer which was designed to attenuate noise over a relatively wide frequency range. Impedance tube measurements showed that absorption coefficients of 0.8 and above could be achieved from 400Hz to 1000Hz. Sample prototype elements for testing had been manufactured by the end of the project.

NOISE REDUCTION FROM GEARBOXES

Theoretical and experimental studies of gearbox noise were undertaken on a conveyor drive gearbox with the objective of defining design parameters for modifying the gearbox casing and hence reducing casing vibrations and emitted noise. From the forces resulting from gear tooth meshing, the forces transmitted to the bearing housings were computed. It was shown that the transmitted static forces, in the plane of the bearings, acted in a confined angular sector; this sector was different for each bearing. Furthermore, for each bearing, there was an upper limit to this angle of transmitted force, which was reached under normal operating torques. Finite element modelling and modal analysis were used to show that vibration of the top and bottom panels of the gearbox casing were sensitive to both the direction and magnitude of forces at the bearing housings. It was found that, on the gearbox studied, the vibrational response was very sensitive to stiffness changes in the vicinity of the bearing housings. The model was used to show that noise reductions could be achieved by one of two methods, by re-casting the casing to eliminate the 'waisting' between the bearing housings, or, as a retrofit solution, by bolting two substantial beams across the 3 bearing housings on one side of the gearbox to provide a type of yoke.

Réduction du bruit émis par les machines

NATIONAL COAL BOARD, LONDON, ROYAUME-UNI

Contrat n° 7260-05/037/08

Durée: 1.7.86 - 30.6.89

L'objectif global attribué à ce projet de recherche est de réduire les situations dans lesquelles le personnel est exposé au bruit. En effet, les réglementations statutaires, qui sont entrées en vigueur au cours du projet (directive CEE 86/188), obligent les pays membres à réduire le degré d'exposition des ouvriers au bruit, d'une part, et insistent sur la nécessité de maîtriser à la source les bruits d'ordre technique, d'autre part.

Pour ce projet de recherche on a retenu plusieurs objectifs fondamentaux, à savoir: identifier les principales sources de bruit mécanique et aérodynamique dans le cas des équipements de mine lourds de service intensif; étudier les forces mécaniques fluctuantes qui sont à l'origine du bruit et mettre en avant des recommandations visant à apporter des améliorations au niveau de la conception. Lors de l'étude des forces mécaniques, il a été possible, au cours du déroulement du projet, de mettre en œuvre des perfectionnements qui ont effectivement abouti à une réduction du bruit émis par un certain nombre de composants de la machine.

SOURCES DE BRUIT SUR LES MACHINES DE CREUSEMENT

Des études approfondies ont été réalisées sur une machine de creusement Anderson Strathclyde RH22. On a identifié les principales sources de bruit comme étant les suivantes: la section hydraulique de la machine, l'entraînement du moteur électrique, le bruit du havage et le bruit du convoyeur blindé. Initialement, une enquête détaillée effectuée sur le circuit hydraulique, grâce à des mesures de vibration et du bruit, ont permis de révéler que des diviseurs de flux spécifiques produisaient des niveaux de bruit élevés jusqu'à 108 dB(A) dans le compartiment hydraulique, sous certaines conditions d'exploitation. À la suite d'essais exhaustifs, il a été possible de réduire les niveaux de bruit en procédant à une nouvelle conception du circuit hydraulique. Signalons que l'analyse des bruits hydrauliques résiduels a fait appel à deux transducteurs de pression montés en gaine, dans les conduites de décharge de la pompe. À cet effet, on a utilisé les niveaux d'ondulation de pression liquide maximale pour déterminer

l'incidence qu'avaient le bruit acheminé par le fluide et le bruit transmis par la structure. C'est ainsi que l'on a pu démontrer la complexité avec laquelle se produit le bruit hydraulique, grâce à des analyses effectuées ultérieurement sur les mesures. On a constaté, sur les cinq premières harmoniques de la pompe, que le bruit acheminé par le fluide jouait un rôle tout aussi important que le bruit direct porté par l'air et le bruit transmis par la structure. Sur les deux premières harmoniques, on a toutefois remarqué que la trajectoire, relative au bruit acheminé par le fluide, était supérieure de quelque 12 dB aux autres parcours de transmission. Il faut également préciser que l'exposition des ouvriers au bruit hydraulique a encore été réduite davantage, de 13 dB(A), par l'installation d'un capot acoustique sur le circuit hydraulique.

Quant à l'entraînement du moteur électrique au circuit hydraulique, il générerait des niveaux de bruit équivalents à 96 dB(A) à 1 mètre, que l'on a pu attribuer au ventilateur de refroidissement du moteur. On sait d'ailleurs que de tels ventilateurs présentent une inefficacité intrinsèque, étant donné qu'ils doivent être aptes à une exploitation bidirectionnelle (exigence British Coal). Des travaux de recherche ont donc été engagés afin d'améliorer le profil aérodynamique général de ces ventilateurs, et à lisser le flux d'air traversant la roue mobile. Un nouveau modèle de ventilateur, se distinguant par un diamètre plus petit, a permis d'obtenir une réduction des niveaux de turbulence dans le flux d'air, qui s'est traduite par un amoindrissement des niveaux de bruit de l'ordre de 10 dB(A) sur l'aspiration du ventilateur et de 8 dB(A) sur la sortie. Ajoutons, qu'à l'heure actuelle, tous les moteurs électriques neufs de British Coal de la spécification 625 sont dotés de rotors faible bruit qui sont dérivés du modèle prototype.

Les essais se sont ensuite poursuivis sur l'amortissement par pellicule gazeuse en vue de réduire le bruit émis par les surfaces des plaques, en faisant intervenir des structures à section en U et à section en caisson. C'est à la suite d'expériences encourageantes réalisées en laboratoire que l'on a installé un convoyeur blindé, muni d'un dispositif d'amortissement, sur une machine de creusement RH22. Par rapport aux plaques de couverture d'un

convoyeur blindé standard, on a constaté que le bruit émis accusait une réduction de 5 dB(A) à 10 dB(A). En revanche, le bruit généré par le tambour de coupe monté sur les machines de creusement, s'est révélé très important bien que les niveaux de bruit dus à la coupe n'aient pas été dominants durant la totalité du cycle de pose des cadres. Des études préliminaires sur le bruit de coupe ont fait apparaître un rapport de proportionnalité: les niveaux de bruit diminuaient en effet avec l'augmentation de la profondeur de la coupe. En utilisant des fonctions de réponse en fréquence ponctuelles, intégrées à un progiciel d'essais modal, il a été possible de dériver quelques paramètres modaux pour les têtes de coupe. Ces essais ont montré que la réponse de la tête de coupe suit une courbe modale jusqu'à 1 200 Hz au moins, ce qui semble indiquer que l'amortissement de la tête de coupe est susceptible d'entraîner une certaine réduction du bruit, atténuant de ce fait sa réponse vibratoire.

VENTILATEUR DE REFROIDISSEMENT DES ENGINES SUR PNEUS

Dans le cas des systèmes de refroidissement conventionnels, montés à la fois sur les engins et sur les locomotives, le ventilateur à pales en métal, entraîné directement par le vilebrequin, est positionné à côté du radiateur. L'air, qui est soufflé à travers le radiateur, est en mode "pulsé". En réalité, le degré d'efficacité générale du ventilateur est souvent aussi faible que 20%. C'est pour cette raison que l'on a conçu un nouveau ventilateur, de type non métallique, avec des pales à surface portante, en vue d'améliorer l'efficacité générale, et de ce fait, de réduire la vitesse d'entraînement du moteur. Il faut dire aussi que le ventilateur a été spécifiquement étudié pour être positionné à une bonne distance de la ligne de taille, et pour satisfaire aux exigences de British Coal concernant les matériaux non métalliques. On avait également envisagé de remanier complètement le circuit du flux d'air, en vue de minimiser les pertes de pression se produisant dans le système. Lors des essais, effectués sur le ventilateur prototype initial, tournant à une vitesse de 1 600 tr/mn par rapport aux régimes conventionnels de 3 000 tr/mn, il a été possible de parvenir à des réductions

du niveau de bruit allant jusqu'à 12 dB(A). Toutefois, en raison du développement rapide des engins sur pneus au sein de l'industrie, durant le déroulement du projet, il a fallu prévoir des possibilités de rattrapage sur les nouveaux ventilateurs installés sur les circuits de refroidissement existants. On a donc élaboré un deuxième modèle de ventilateur, capable de développer une pression plus élevée et de donner une capacité de flux supérieure. Au terme du projet, les ingénieurs avaient terminé la conception et les études de contraintes ; par contre, on n'était pas encore arrivé au stade de la fabrication des pales.

BRUIT DE PERCEMENT

Dans un premier temps, on a engagé des travaux de recherche, visant à évaluer les contributions faites par le bruit de l'échappement, le bruit du corps du fleuret et le bruit de la tige de forage sur les perforatrices à rotation et percussion (RP) pneumatiques, et en particulier, sur les perforatrices d'ancrage. On est parvenu à réaliser des réductions significatives du bruit dû à l'échappement, à savoir 7 dB(A) et 13 dB(A) respectivement, et, dans un deuxième temps, les études ont porté sur les sources de bruit résiduelles. Dans les deux types de perçement, le bruit de la tige de forage s'est révélé être significatif. En ce qui concerne les perforatrices RP, on a constaté que les vibrations longitudinales et de flexion étaient très importantes au sein de la plage de fréquences s'appliquant au niveau global des dB(A) émis. Sur les perforatrices d'ancrage, le garnissage temporaire du moteur et de la transmission ont donné des réductions allant de 3 à 5 dB(A), l'échappement étant muni d'un silencieux. Au départ, on avait enregistré des signatures de bruit extrêmement diffé-

rentes, au fur et à mesure que la perforatrice d'ancrage perçait le trou, mais ce phénomène variait selon le type de couronne et de tige utilisées. Une étude plus approfondie a toutefois permis d'attribuer exclusivement cette différence à la couronne, en ce sens que les couronnes plus grandes produisent des niveaux de bruit plus élevés. Lors d'expériences en laboratoire réalisées sur des cylindres concentriques montés selon un ajustage serré, et censés simuler une tige de forage, on a tenté de savoir si l'usage novateur de l'amortissement par pellicule gazeuse pouvait servir à réduire les vibrations de la tige de forage. On a ainsi remarqué un amortissement significatif sur les modes de flexion d'ordre élevé ; en revanche, aucune réduction n'a été enregistrée sur le premier mode longitudinal ni sur les deux premiers modes de flexion.

SILENCIEUX RÉACTIFS

L'industrie minière fait largement appel aux silencieux d'absorption du fait qu'ils offrent une atténuation efficace du bruit, qu'ils sont faciles à installer et sont relativement peu onéreux. Ils souffrent toutefois de problèmes de contamination provoqués par la saleté et l'eau, facteurs susceptibles de réduire considérablement leur performance. Des études théoriques et expérimentales ont été entreprises sur un nouveau type de silencieux réactif qui, de par sa conception, visait à atténuer le bruit sur une gamme de fréquences relativement étendue. Des mesures, réalisées par tube d'impédance, ont montré qu'il était possible d'obtenir des coefficients d'absorption de 0,8, voire supérieurs, dans une fourchette de 400 à 1 000 Hz. Au moment de l'achèvement du projet, des échantillons d'éléments prototypes avaient été fabriqués à des fins d'essais.

RÉDUCTION DU BRUIT SUR LES BOÎTES DE VITESSES

Des études théoriques et expérimentales concernant le bruit engendré par les boîtes de vitesses ont été entreprises sur une boîte assurant l'entraînement d'un convoyeur. Ces études avaient pour objectif de définir les paramètres d'étude qui permettraient de modifier le carter de la boîte, et par conséquent, de réduire les vibrations et le bruit émis. On a commencé par calculer les forces résultant de l'engrènement des pignons, ainsi que les forces transmises aux logements des paliers. En fonction des résultats, on a pu constater que les forces statiques, transmises dans le plan des paliers, s'exerçaient dans un secteur angulaire confiné secteur qui était différent pour chaque palier. En outre, on a remarqué qu'en présence de couples d'exploitation normaux, l'angle de la force transmise atteignait une limite maximale différente pour chaque palier. C'est en faisant intervenir la modélisation par éléments finis, et l'analyse modale, que l'on a réussi à montrer que les vibrations s'exerçant sur les panneaux supérieurs et inférieurs du carter de la boîte étaient sensibles à la fois à la direction et à l'ampleur des forces présentes au niveau des logements de palier. Sur la boîte de vitesses soumise à l'étude, on a constaté que la réponse vibratoire était extrêmement sensible aux changements de rigidité se manifestant à proximité des logements de paliers. Ce modèle a servi à démontrer le fait que des réductions de bruit étaient réalisables grâce à l'une des méthodes suivantes : une nouvelle refonte du carter destinée à éliminer l'effet "d'épaulement" entre les logements de paliers, ou bien, à titre de solution de rattrapage, le boulonnage de deux traverses épaisses sur les trois logements de paliers situés d'un côté de la boîte, pour constituer un genre d'étrier.

Lärmbekämpfung für schnelle Personenfahrzeuge

NATIONAL COAL BOARD, LONDON, VEREINIGTES KÖNIGREICH

Vertrag Nr.: 7260-05/038/08

Dauer: 1.7.86 - 30.6.89

Das Projekt zielte auf Untersuchung und Definition der Konstruktionsgrundsätze für die Verminderung von Schall der unter Tage eingesetzten Schienenbeförderungssysteme, die Studie der Mechanik der zwischen Rad und Schiene entstehenden Geräusche sowie die Entwicklung einer in Gruben einsatzfähigen Technik für die Lärmbekämpfung von

Personenfahrzeugen. Zunächst wurden grundsätzliche Betrachtungen über die von vielen öffentlichen Verkehrsmitteln durchgeführten Untersuchungen eingeleitet, um ihre Auswirkung auf den Rollgeräuschpegel der langsamen U-Bahnen zu bewerten.

Für die Grundstudien wurde eine Ab-

rollvorrichtung im Maßstab 1 : 5 verwendet. Diese bestand aus einem Zweiachsen-Drehgestell mit Federung, das auf vier mit einem Schienenprofil versehenen Scheiben rollte. Der Antrieb der Rollen sah ein Regelgetriebe vor. Die vorderen Rollen konnten etwas versetzt eingestellt werden, um eine Kurvenfahrt zu simulieren.

Unter Tage durchgeführte Messungen der Rollgeräusche an Personenzugfahrzeugen haben ergeben, daß bei einem schnellen Überfahren von tangierenden Schienen hauptsächlich ein Geräusch mit Breitbandfrequenz auftrat. Aus diesem Grund wurden die Daten der Vorrichtung, die aufgrund der verhältnismäßig ungedämpften Scheibenräder und Rollen tonale Eigenschaften aufwies, neu berechnet, um den "Breitband-dB(A)"-Pegel zu bestimmen, und diese Werte wurden an allen späteren Korrelationen verwendet.

Der Breitbandgeräuschpegel nahm linear mit Geschwindigkeit zu und war proportional zum simulierten Gleisbogen. Die Proportionalitätskonstante bei Geschwindigkeit wurde mit Bezug auf die Federungssteifheit invariant gefunden, stieg jedoch in Gleisböden mit höherer Federungssteife an.

Im Laufe späterer Prüfungen sollte bestimmt werden, ob diese Steigerung aufgrund einer Änderung der vertikalen oder seitlichen Federungssteife beruhte, und zu diesem Zweck wurden beide Größen unabhängig verändert. Die Ergebnisse bestätigten, daß die seitliche Federungssteife der maßgebende Parameter war und Änderungen der vertikalen Steife keine Auswirkung auf die Breitbandrollgeräusche hatten. Änderungen der seitlichen Steife hatten jedoch nur auf Gleisbogen eine Auswirkung auf den Geräuschpegel. Auf tangierendem Gleis blieb der Pegel innerhalb 1 dB(A). Die Folgerung, daß seitliche Federungssteife einen Einfluß auf die seitliche Reaktion des Rades hat, wurde durch Informationen über die modale Reaktion des Rades unterstützt.

Innerhalb des auf der Vorrichtung geprüften begrenzten Lastbereichs hatte das Drehstellgewicht nur eine minimale Auswirkung auf das erzeugte Breitbandgeräusch (weniger als 1 dB(A)). Die Durchführung von Schallintensitätsmessungen sollte bestimmen, welche Radbereiche für den maximalen Schallpegel verantwortlich waren. Oktavschallintensitäten wurden durch Abtasten eines der Räder bei zwei Rollgeschwindigkeiten bestimmt. Diese Prüfungen ergaben, daß die hauptsächlichste Geräuschquelle nicht der Berührungspunkt zwischen Rad und Schiene war, sondern eine Zone zwischen Mittelpunkt (Nabe) und Umfang des Rades in einem Winkel zum Berührungspunkt senkrecht zur Drehrichtung. Die Prüfungen ließen erkennen, daß die Schallstrahlung eine Funktion der Kraft am Berührungspunkt zwischen Rad und Schiene und der seitlichen Reaktion des Rades ist.

Während einer Schmalband-Schallemissionsanalyse wurde, langfristig eine regelmäßige Änderung der Schallintensität festgestellt. Diese bewegte sich in der Größe von ein paar Sekunden und wurde in den zufälligen Schwankungen überlagert. Die wahrscheinliche Ursache hierfür war eine seitliche Verschiebung der Berührungsstelle beim Rollen auf geraden Gleis.

Eine Anzahl von Prüfungen sollte die Auswirkung der Oberflächengüte auf den Geräuschpegel feststellen. Vor diesen Prüfungen wurde die Vorrichtung auf viele Stunden betrieben, so daß die Profile von Räder und Rollen glatt und glänzend waren.

Die Oberflächenrauheit der glatten Räder wurde in der glänzenden Spur am Umfang mit einer Tallysurf-Maschine gemessen. Anschließend wurden die Laufflächen der Räder durch trockenes Strahlen mit einer Mischung von Aluminiumoxyd und Kieselerde aufgeraut, bis beide Räder eine gleichmäßige matte Oberfläche hatten.

Während des anfänglichen Betriebs des Prüfstands wurden die beiden glatten Räder gegen die hinteren Rollen angelegt. Das Drehgestell wurde dann gewendet, so daß die aufgerauten Räder Kontakt hatten. Es stellte sich während dieser Prüfungen heraus, daß die Schallemission von der genauen Position der Räder auf den Rollen abhängig war. Ein geringes seitliches Verschieben der festen Räder bewirkte eine Änderung des Schallpegels. Die Prüfungen wurden dann mit zwei aufgerauten Rädern fortgesetzt, um festzustellen, wie sich bei konstanter Rollengeschwindigkeit die Schallemission mit der Zeit änderte. Während einer Zeitperiode von 37 Minuten stieg die Schallemission langsam um etwa 2 bis 3 dB(A) an. Während einer Kontrolle der Räder und Rollen nach dieser Prüfung stellte es sich heraus, daß ein regelmäßiges Laufbild am Umfang der Räder sichtbar war; dagegen erschien auf den Rollen kein derartiges Laufbild. Es wurde gefolgert, daß dieses Laufbild eine Beziehung zu dem langsamen geringen Anstieg der Schallemission hatte.

Weiterhin wurde am Anfang dieser zweirädrigen Prüfungen beobachtet, daß die Änderung der Schallemission mit der Positionsänderung der drehenden Räder auf den Rollen zusammenhängt. Eine geringe Verschiebung aus der zentralen Position bewirkte einen Anstieg von 5 dB(A). Ein weiteres Verschieben zum Spurkranz bewirkte eine noch stärkere Schallemission - ein Maximum von 8 dB(A) wurde aufgezeichnet.

Weitere Prüfungen mit vier aufgerauten Rädern ließen erkennen, daß die Oberflächenrautiefe eine geringe Auswirkung auf den allgemeinen Schallpegel hatte (max. 2 bis 3 dB(A) auf tangierender Schiene). Eine Ausdeutung der Ergebnisse war jedoch schwierig aufgrund von zwei anderen Effekten: die Laufspuren und die Position des Rades auf der Rolle.

Vielleicht läßt sich die geringe Auswirkung der gemessenen Rautiefe auf die Größe der wirklichen Berührungsfläche im Vergleich mit der Kontaktbahn zwischen Rad und Rollen zurückführen. Das Rollgeräusch zwischen Rad und Schiene entsteht durch die geringe Rautiefe der Laufflächen, und diejenigen Teile des Rautiefenspektrums, deren Wellenlänge die Abmessungen der Kontaktbahn überschreitet, bleiben nahezu unbeeinflusst, während diejenigen Teile, deren Wellenlänge die Maße der Kontaktbahn unterschreiten, erheblich gedämpft werden können.

Während der Oberflächenrautiefenprüfungen wurde festgestellt, daß der Schalldruck bedeutend von der seitlichen Position des Rades auf der Rolle (Schiene) abhängt. Es wurde gefolgert, daß diese Wirkung nur durch Änderungen der Kontaktbahngröße zwischen Rad und Rolle hervorgerufen wird, da sich diese über die Breite der Laufbahn verändert. Um in einer Prüfungsreihe die Auswirkung der Kontaktbahngröße zu beobachten und auszuwerten, wurden Räder und Rollen mit verschiedenen Profilen bearbeitet. Außerdem wurde ein Satz von British-Coal-Rädern im Maßstab 1 : 2 hergestellt.

Es wurde erkannt, daß die Größe der Kontaktbahn bei allen Arten von Rädern und laufflächenprofil eine Auswirkung auf die Schallemission auf tangierendem Gleis hatte. Der Umfang dieser Auswirkung hängt jedoch von spezifischen Profilen der Räder und Schienen ab. Anschließend Versuche im Maßstab 1 : 1 wurden mit einem Personenzugfahrzeug in der Gedling-Grube unter Tage mit neuen und stark abgenutzten Rädern durchgeführt.

Die Ergebnisse waren ähnlich wie diejenigen auf dem Versuchsstand, insofern daß kleinere Kontaktbahnen zu einer höheren Schallemission führten. Daraus wurde gefolgert, daß es nicht möglich wäre, eine größere Kontaktfläche als diejenige der verschlissenen Räder unter Tage einzusetzen, so daß weitere Untersuchungen der Rad/Schienen-Berührungsfläche kaum zu weiteren

Minderungen des Geräuschpegels führen würden.

Da Versuche fehlschlügen, die Verminderung des von Personenzugfahrzeugen erzeugten Schalls durch eine Änderung im Bereich von Rad oder Schiene zu erreichen, wurde das Projekt durch Untersuchungen fortgesetzt, inwieweit die Aussetzung der Fahrgäste minimiert werden könnte. Die Zielsetzung dieser Arbeitsphase war das Minimieren der Beiträge des direkten Luftschalls und des sich durch Schwingungen im Wagenkörper bemerkbar machenden Körperschalls.

Anfängliche Versuche wurden mit einem schienengeführten Personenzugfahrzeug in der Grube Betws in Süd-Wales durchgeführt. Die Rad/Schiene-Konfiguration dieses Systems ist ganz verschieden von derjenigen für herkömmliche Schienen. Die Einrichtung in Betws stand jedoch zur Verfügung, da es derzeit beabsichtigt wurde, einen Satz geräuscharmer Personenzugfahrzeuge in der nahegelegenen Carway-Fawr-Strecke der Cynheidre-Grube zu installieren.

Der Prototyp eines Becorit-Personenzugfahrzeugs wurde abgeändert, um den während der Fahrt im Wageninneren entstehenden Schall zu mindern, und während Prüfungen in der Grube Betws mit einem serienmäßigen Fahrzeug verglichen. Die Hersteller versuchten, eine vollständige Schallisolation des Personenzugfahrzeugs zu erreichen, indem alle Zugangsöffnungen auf beiden Seiten des Fahrzeugs mit schallgedämmten Stahlbleche versehen.

Im Laufe dieser anfänglichen Prüfungen wurden weitere Versuche durchgeführt, um die Auswirkung einer Innenverkleidung des Fahrzeugs mit schalldämmendem Material zu bewerten. Die Verkleidung wurde an den Stirnseiten, am Dach und an den Seiten des Fahrzeugs angebracht.

Im Inneren eines ungedämmten Fahrzeugs wurde bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3,6 m/s auf einer Strecke in der Grube Betws der Schalldruckpegel von 98 dB(A) gemessen. Auf einem geschlossenen schallgedämmten Fahrzeug, das mit schallschluckender Verkleidung versehen war, konnte dieser Wert auf 89 dB(A) herabgesetzt werden. Während des normalen Betriebs in anderen Teilen der Grube wurden entsprechende Werte von 92 dB(A) bzw. 82 dB(A) gemessen.

Ein vollständiges Abschließen des Fahrzeugs mit Hilfe von schallisolierende Stahlblechen (SDS) über den Öffnungen

war verhältnismäßig unwirksam und konnte den Schalldruckpegel im Inneren nur um etwa 3 dB(A) vermindern. Der Körperschall wurde durch die SDS-Bleche nur um ein geringes Maß vermindert. Daher wurden für spätere Kabinenkonstruktionen nur herkömmliche Stahlbleche anstelle der SDS-Bleche verwendet.

Die einfache schalldämmende Verkleidung eines offenen Fahrzeugs war auch ziemlich wirkungslos und reduzierte den inneren Schalldruckpegel nur um etwa 3 dB(A).

Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3,6 m/s und auf einem geführten Gleis wurden die Vorteile einer besseren Federung und/oder einer Dämpfung des Rades nur dann wahrgenommen, wenn der Luftschall im Fahrzeuginneren auf etwa 80 dB(A) reduziert wurde.

Es wurde daher gefolgert, daß der Schalldruckpegel im Fahrzeuginneren nur durch die Kombination einer vollständigen Abdichtung des Fahrzeugs und einer inneren Verkleidung mit schallisolierenden Stoffen wesentlich gemindert werden kann. Die oben angegebenen Werte für die Minderung durch schallisolierende Verkleidung wurden als bestmögliche betrachtet. Für den Einsatz unter Tage war es jedoch nötig, die schalldämmenden Stoffe gegen Lösung und Aufnahme in die Atmosphäre zu schützen. Aus diesem Grund wurden die schallisolierenden Stoffe mit einer undurchlässigen "Hülle" versehen (I/S freigegebenes Material "ICI Melinex" PVC).

Im Anschluß an die Erfolge des Prototyps während der Versuche auf geführten Gleisen in Betws wurden Konstruktionen für die Innenverkleidung der normalen Personenzugfahrzeuge erstellt, wobei die schalldämmenden Stoffe in einer undurchlässigen Folie eingeschlossen wurden. Besondere Platten wurden entworfen, um zwei vorhandene Personenzugfahrzeuge in den Gruben Seafield und Hem Heath nachzurüsten. Diese älteren Bauarten der Personenzugfahrzeuge waren für dieses Nachrüsten geeignet, leider konnten jedoch beide Bauarten nicht vollkommen geschlossen werden. Am Umfang jedes Wagens gab es angemessene offene Bereiche in Kopfhöhe.

Trotzdem konnte eine gute Lärmverminderung erzielt werden, die etwa die gleichen Werte wie die des offenen Fahrzeugs in Betws bei verschiedenen Geschwindigkeiten waren.

An beiden Orten waren die "schallgedämmten" Fahrzeuge bei den Bergleuten beliebt. Die Versuche hatten bewiesen, daß

die schalldämmende Innenverkleidung eines Personenzugfahrzeugs auf eine Weise erreicht werden konnte, die den verhältnismäßig widrigen Bedingungen unter Tage widerstand. Auch die Technik der Befestigung, des Zuschneidens und des Lackierens der Platten wurde verbessert.

Der nächste Schritt war die Konstruktion eines neuen Personenzugfahrzeugs mit eingebauter Schalldämmung. Dabei wurden besonders die Gesichtspunkte der geschlossenen Bauweise und der Innenverkleidung berücksichtigt, aber auch die Belüftung innerhalb des Wagens wurde in Betracht gezogen. Anfängliche Versuche, die Bergleute in Personenzugfahrzeugen vollständig abzuschließen, wurden von Herstellern aus Sicherheitsgründen durchgeführt. Jedoch die vollständig geschlossenen unbelüfteten Wagen waren mit den Bergleuten nicht beliebt, da sie zu heiß wurden, ein etwas klaustrophobisches Gefühl auslösten und kein System für die Entfernung von abstoßenden Gerüchen hatten.

Daher sah die Konstruktion des neuen schallgedämmten Personenzugfahrzeugs den Einbau von schallgedämmten Belüftungskanälen vor. Die freie Belüftung des Fahrzeugs erfolgte durch Kanäle auf beiden Stirnseiten. Die Ansaugöffnungen der Kanäle waren oben im Fahrzeug, da hierdurch die sperrende Wirkung des vorhergehenden Fahrzeugs minimiert und die große Luftmenge angesaugt wurden.

Gegen Ende des Projekts wurde ein weiteres Personenzugfahrzeug durch Zusammenarbeit mit dem Hersteller RB Bolton konstruiert. Im Vergleich mit dem Markham-Fahrzeug wurden zusätzliche schalldämmende Einrichtungen vorgesehen. Außer der Innenverkleidung und dem Einbau von schallgedämmten Belüftungskanälen hatte das Fahrzeug doppelverglaste Fenster und formschlüssig abgedichtete Schiebetüren.

Der Ausdruck "formschlüssige" Abdichtung der Türen bedeutete, daß sie mit besonderen Scharnieren ausgerüstet wurden, die ein Gleiten der offenen Türen in Laufschiene auf der Wagenseite erlaubten, jedoch geschlossen eine bündige Abdichtung mit der Wagenseite hatten. Kurz vor dem Schließen wurden die Türen etwa 50 mm von der Türöffnung entfernt ausgerichtet. Die endgültige Schließbewegung der Tür erfolgte senkrecht zur Seitenwand des Personenzugfahrzeugs. Auf diese Weise wurden die Gummidichtungen am Umfang der Tür leicht zusammengedrückt, um einen luftdichten Abschluß zu bilden. Außer dem besseren und dichteren Sitz erzielte diese Befestigungsart eine

erheblich geringere Beschädigung der Gummiabdichtungen, da diese nicht dauernd beim Öffnen und Schließen der Türen einer Reibungskraft ausgesetzt wurden.

Nach dem offiziellen Abschluß des Projekts während der Ausarbeitsperiode wurden Schallpegelmessungen in Westoe durchgeführt. Aus den Meßwerten, die etwa einen Zusammenhang von $\text{dB(A)} \times 23 \log(\text{Geschwindigkeit})$ ergaben, wurde die Fahrzeuggeschwindigkeit zum Erreichen eines Schalldruckpegels von 90 dB(A) als über 15 m/s errechnet.

Vergleiche mit früheren Meßwerten ließen erkennen, daß die Personenfahrzeuge in Westoe bei allen Fahrgeschwindigkeiten etwa um 20 dB(A) geräuscharmer als die normalen schnellen Personenfahrzeuge von British Coal am Anfang des Projekts waren. Auch war dieser Wert um 15 dB(A) besser als der, der vom früheren geräuschärmsten Fahrzeug erreicht wurde. Ein voller Satz Fahrzeuge wird jetzt in der Grube Westoe betrieben.

Frühere Arbeiten, darunter die Ergebnisse in Betws ließen erkennen, daß Schalldruckpegel in Personenfahrzeugen

nicht nur von Fahrzeugart und Geschwindigkeit, sondern auch von der Beschaffenheit der durchfahrenen Strecke abhängen: Querschnitt, Wandbauweise (d.h. Ringträger oder Holzverschalung), Art des Liegenden, Luftdurchflußmenge, Luftdurchflußrichtung und Nachhallzeit der Strecke.

Um die Wirkungen der Streckenparameter auf die Schallemission von Personenfahrzeugen zu untersuchen, wurde eine ausgedehnte Messungsreihe an verschiedenen Orten durchgeführt.

Zuletzt wurden acht Gruben für Nachhallmessungen gewählt. In jeder Grube entstanden Aufzeichnungen des im Inneren von Personenfahrzeugen bei verschiedenen Geschwindigkeiten erzeugten Schalls. Außerdem wurden Aufzeichnungen in der Strecke über das Abklingen des Nachhalls mit Hilfe einer Impulsgeräuschquelle angefertigt. Diese letzteren Meßwerte wurden mit dem Mikrofon luftstromabwärts als auch luftstromaufwärts von der Geräuschquelle hergestellt, um die Einwirkung des Luftstroms auf die Meßwerte zu bewerten. Außerdem wurden Einzelheiten von Streckenabmessungen und Bauweise sowie die gemessene

Luftstrommenge aufgezeichnet.

Schalldruckpegel als Funktion der Personenfahrzeuggeschwindigkeit und Oktavband-Nachhallzeiten wurden in jeder Grube zusammengestellt.

Frühere in Zusammenarbeit mit der Universität Nottingham durchgeführte Arbeiten involvierten die Ableitung des Oktavband-Absorptionskoeffizienten von den Untertagemesswerten von vier Streckenarten. Im vorliegenden Werk wurden die Orte in diese vier Streckenarten aufgeteilt, jedoch anstelle der Oktavband-Absorptionskoeffizienten wurden Oktavband-Nachhallzeiten verwendet.

Für alle Fahrzeugarten in verschiedenen Strecken zeigte die anfängliche Korrelation des Schalldruckpegels mit der Fahrgeschwindigkeit einen erheblichen Streuwert $\pm 10 \text{ dB(A)}$. Sobald jedoch der Schallpegel im Fahrzeuginneren durch Einbeziehen des Streckennachhalleffekts "normalisiert" wurde, zeigte die Korrelation erheblich bessere Resultate. Für die neuen schnellen Personenfahrzeuge wurde eine Korrelation auf $\pm 2/3 \text{ dB(A)}$ erreicht; bei serienmäßigen Fahrzeugen war die Korrelation auf $\pm 5 \text{ dB(A)}$.

Reduction of noise from high-speed manriding vehicles

NATIONAL COAL BOARD, LONDON, UNITED KINGDOM

Contract No 7260-05/038/08

Duration: 1.7.86 - 30.6.89

The aims of the project were to investigate and define the principles of design for low noise generation from high speed railed transport systems used in underground mines; to study the mechanics of noise generation by wheel/track interaction; and to develop mineworthy techniques for reducing manriding noise. Initially fundamental studies were undertaken into many of the parameters investigated by the major surface mass transit railways, to assess their influences on rolling noise levels for the lower speed underground railways.

The basic studies were undertaken on a 1/5th scale Roller Rig which consisted of a 4-wheelset bogie with a primary suspension running on four roller discs which had rail profiles machined on them. The rollers were driven through a variable speed drive and the front rollers were capable of being yawed, in order to simulate running on curved track.

Underground measurements of man-

rider rolling noise had shown that on high speed, tangent track the character of the noise was predominantly broadband. Consequently the rig spectra, which showed more tonal character due to the relatively undamped disc wheels and rollers, were re-calculated to determine 'broadband dB(A) ' levels and these values were used in all subsequent correlations.

Broadband noise levels increased linearly with log speed and were proportional to simulated track curvature. The constant of proportionality with speed was found to be invariant with suspension stiffness, but the constant of proportionality with curvature increased with increasing suspension stiffness.

Subsequently tests were undertaken to determine whether this increase was due to a change in the vertical or the lateral suspension stiffness, by varying each of these independently. Results confirmed that the controlling parameter was the lateral suspension stiffness, changes in the

vertical stiffness having no effect on broadband rolling noise levels. However, changes in the lateral stiffness only affected noise levels when running on curved track; on tangent track levels were within 1 dB(A) . The conclusion that lateral suspension stiffness affected the lateral response of the wheel was supported by wheel modal response information.

Within the limited range of loads tested on the rig, bogie weight was shown to have minimal effect on generated broadband noise, less than 1 dB(A) . Sound intensity measurements were undertaken in order to determine the areas of the wheel responsible for the maximum levels of radiated noise. Octave band sound intensities were determined by scanning over one of the wheels at two roller speeds. The data showed that noise did not emanate predominantly from the wheel rail contact point, but from a zone located between the centre (hub) and the circumference of the wheel, at an angle to the contact point vertical in the direction

of rotation, the result indicated that the radiated noise was a function of the input force, at the wheel/rail interface, and the wheel lateral response.

During narrow bandwidth intensity scans the intensity level varied regularly over a long time period, of the order of a few seconds, superimposed on the random fluctuations. The most probable cause of this was considered to be lateral drifting of the contact point when running on straight track.

A series of tests were carried out to investigate the effects of surface roughness on noise levels. Prior to these tests the rig had been run for many hours, resulting in the wheel and roller profiles being very smooth and shiny.

The roughness of the smooth wheels was measured around the circumference with a Talysurf machine in the shiny track. The treads of two wheels were then roughened by dry blasting them with an Alumina and Silica sand mixture, until both wheels had a uniform 'matt' finish.

The rig was run first with the two smooth wheels in contact with the rear rollers and the bogie then turned round such that the rough wheels were in contact. It was observed during these tests that the generated sound levels were dependent upon the exact position of the wheels on the rollers; a slight lateral displacement of the static wheels caused the sound level to change. Testing was conducted with 2 roughened wheels, to investigate how the noise level varied with time, at a constant roller speed. Over a period of 37 minutes the noise level increased gradually by approximately 2 to 3 dB(A). On inspection of the wheels and rollers after this test it was noticed that a regular 'fringe' pattern was present around the circumference of the wheels; no such fringes occurred on the rollers. It was concluded that the formation of the fringes was related to the gradual slight increase in noise level.

A further observation at the start of these two-wheel tests was the change in noise level associated with the change in position of the rotating wheels on the rollers. Slight movement to one side of their central position caused an increase of 5 dB(A); further displacement towards the flange caused the noise levels to increase further - a maximum of 8 dB(A) was recorded.

Further controlled tests with all four wheels roughened indicated that surface roughness did have some small effect on generated noise levels, possibly 2 to 3

dB(A) maximum on tangent track. However, the results were complicated to interpret due to the two other effects - the fringe patterns and the position of the wheel on the roller.

A possible explanation for the small effects of surface roughness that were measured may be the size of the asperities in relation to the size of the contact patch between the wheel and rollers. Wheel/rail rolling noise is produced by the small scale roughness of the running surfaces and those components of the roughness spectrum whose wavelengths are greater than the dimensions of the contact patch are essentially unaffected, while those components whose wavelengths are less than the dimension of the contact patch may be considerably attenuated.

During the surface roughness tests, sound pressure level was found to vary significantly with the lateral position of the wheel on the roller (rail). It was concluded that this effect could result from variation of the contact patch size between the wheel and roller, since this varies across the width of the running track. A series of tests were conducted to study the effect and evaluate the importance of contact patch size, by machining different profiles onto the wheels and rollers. Additionally a 1/2 scale set of British coal wheels were manufactured.

It was shown that contact patch size affected tangent track noise levels for all types of wheel and rail profile. However, the extent of this effect was dependent upon the specific profiles associated with the particular wheel and rail. Consequently full scale trials were undertaken on an underground manrider at Gedling Colliery, using new and well worn wheels.

The results were similar to the rig tests on tangent track in that the smaller contact area resulted in generation of higher noise levels. It was concluded that larger contact areas than those provided by the worn wheels would not be feasible underground and therefore no significant noise reductions would result from further study of the wheel/rail interface.

Since attempts to reduce manriding car noise at source, by modifications in the region of the wheel or rail, had not been possible, the project continued by studying how to minimise passenger exposure levels. The aim of this phase of the work was to minimise the contributions of direct airborne noise and structure-borne re-radiated vibration to the in-car noise levels.

Initial trials were carried out on a trapped-rail manriding car at Betws Colliery in South Wales. The wheel-rail configuration of these systems is distinctly different to that for conventional track, but the facility at Betws was available since it was intended at the time to install a new full set of low noise manriding cars at the nearby Carwas Fawr Drift, Cynheidre Colliery.

A prototype Becorit manriding car, modified to give lower levels inside the car when travelling, was compared to a standard car in tests within the intake drift at Betws Mine. Attempts to completely seal the manriding car had been carried out by the manufacturer, using sound-deadened steel panels fitted along each side of the manrider to cover all the conventional access openings.

During these initial tests, further experiments were undertaken to assess the effects of lining the inside of the car with sound absorption material. The lining was applied to the ends of the car, the roof and the sides.

Maximum noise levels of 98 dB(A) were monitored inside an untreated car running at 3.6 m/s at one section in the Betws intake drift. On a treated car, totally enclosed and internally lined with sound absorption material, this level reduced to 89 dB(A). During normal running elsewhere in the drift, the corresponding levels were 92 dB(A) and 82 dB(A).

Simple total enclosure of the car, using sound deadened steel (SDS) panels across the access openings were relatively ineffective and only reduced the internal levels by 3 dB(A), due entirely to the effect of enclosing the car. Any reduction in 'structural noise' from the SDS panelling was negligible. Consequently, in future cab designs, enclosure was undertaken using conventional steel panels rather than SDS panels.

Simple absorptive lining of an open car was also relatively ineffective and only reduced the internal levels by 3 dB(A).

At the speed of 3.6 m/s and on trapped rail track, benefits of improved suspension and/or of damping the car wheel were noticed only when the airborne noise contribution inside the car was reduced to approximately 80 dB(A).

It was concluded that in-car noise levels could be reduced significantly only by a combination of totally sealing the car and lining internally with sound absorp-

tion material. The reductions due to absorptive lining quoted above were considered to be the best achievable. In underground mining applications, however, in order to protect the material from being released into the atmosphere and ingested, it was necessary to enclose the sound absorption material in an impervious 'envelope'. (I/S approved material 'ICI Melinex' PVC).

Following the success of the prototype trapped-rail car trials at Betws, designs were drawn up for internally lining conventional track manriding cars with the sound absorption material enclosed in an impervious film. Panels were specially tailored to be retro-fitted to two existing manriding cars, at Seafield and Hem Heath Collieries. These two older types of manriding car were amenable for retro-fitting, but unfortunately both types were not fully enclosed. Each car had reasonably substantial open areas around the car at head height.

Nevertheless, useful noise reductions were obtained, similar to those achieved with the open car at Betws, at a range of vehicle speeds.

At both sites the 'sound proofed' cars were very popular with the workers. The trials proved that internal acoustic lining of manriding cars could be achieved in a way which would withstand the relatively harsh underground mining environment. Techniques of fixing, tailoring and paint spraying the panels were also refined.

The next progression was to design a new manriding car, at the drawing board stage, to incorporate soundproofing. In particular, the aspects of enclosure and internal lining were addressed. A further consideration, however, was ventilation within the car. Earlier attempts at fully enclosing the personnel within manriders had been undertaken by manufacturers for safety reasons. However, the fully enclosed un-ventilated cars were unpopular with the workforce since they became too warm, were somewhat claustrophobic and there was no system to removing odious odours.

Therefore the new soundproofed manriding car was designed to incorporate acoustically lined ventilation ducting.

Free ventilation of the car was achieved by having ducts at each end of the car. The inlets of the ducts were located close to the top of the car to enable maximum air entrainment by minimising the 'blocking' effect to the preceding car.

Towards the end of the project another manriding car was designed, in conjunction with the manufacturers RB Bolton, which incorporated additional soundproofing features to those used on the Markham car. In addition to internal lining of the car and incorporation of acoustically lined ventilation ducts, the car had double-glazed windows and 'positive seal' sliding doors.

The doors were termed 'positive seal' because they were fitted with special hinges which enabled them to slide along the side of the car in runners when open, but to fit flush with the side of the car when closed. Consequently, at the moment just before closing, they were aligned with the door opening but displaced by some 50 mm from the opening. At this final stage of closing, the doors moved perpendicular to the side of the manriding car. Consequently, they gently compressed the rubber seals fitted around the door, forming an airtight gap. This method of fixing, in addition to allowing a much better and tighter fit, resulted in considerably less damage to the rubber seals, since the seals were not constantly being subjected to a frictional shear force as the doors were opened and closed.

After the official end of the project, during the write-up period, noise measurements were taken at Westoe. From the measured noise levels which correlate approximately as $\text{dB(A)} \times 23 \log(\text{speed})$, the vehicle speed at which a noise level of 90 dB(A) is reached was calculated to be in excess of 15 m/s.

Comparison with previous measurements showed that the manriding car at Westoe was some 20 dB(A) quieter, at all speeds, than conventional high speed manriders within British Coal at the start of the project. Furthermore it was 15 dB(A) quieter than the previous best low noise manrider. A full set of cars is now in operation at Westoe Colliery.

Previous work, including the Betws

results, indicated that noise levels in manriding cars were dependent not just on car type and speed, but also on the roadways through which the manriders travelled. Roadway parameters considered to affect manrider noise levels were: roadway cross sectional area, wall construction (eg rings and wood lagging), floor construction, airflow quantity, airflow direction and roadway reverberation time.

To investigate the effects of roadway parameters on manrider noise levels, extensive series of measurements were carried out at a number of sites.

Eight sites were finally chosen at which to carry out reverberation measurements. At each site recordings were made of internal manrider noise levels over a range of speeds. In addition recordings were made in the roadway of reverberation time decays using an impulsive noise source. These latter measurements were made with the microphone 'downwind' of the noise source and with the microphone 'upwind' of the noise source, to assess the effects of airflow on the measurements. Notes were made on roadway size and construction and the airflow quantity was measured.

Noise levels as a function of manrider speed, and octave band reverberation times were compiled for each site.

Previous work undertaken in conjunction with Nottingham University had involved the derivation of octave band absorption coefficients from underground measurements for four roadway types. In the present work the sites were grouped under these four roadway types, but octave band reverberation times were used rather than octave band absorption coefficients.

For all car types, in different roadways, the initial correlation of noise level with speed showed a high degree of scatter, $\pm 10 \text{ dB(A)}$. However, when the internal car levels were "normalised" by incorporating the roadway reverberation effects, correlation was improved substantially. For the newer type of high speed manriding cars, correlation to $\pm 2/3 \text{ dB(A)}$ was achieved; for standard cars the correlation was to $\pm 5 \text{ dB(A)}$.

Insonorisation des véhicules à grande vitesse pour le transport du personnel

NATIONAL COAL BOARD, LONDON, ROYAUME-UNI

Contrat n° 7260-05/038/08

Durée: 1.7.86 - 30.6.89

Le projet avait pour objectif de rechercher et de définir les principes de calcul d'insonorisation des véhicules de transport sur rail à grandes vitesses utilisés dans les mines souterraines ; d'étudier la mécanique de la génération de bruit provoquée par l'interaction roue/voie ; et de développer des techniques d'insonorisation pour les véhicules de transport du personnel viables dans la mine. Au départ, des études fondamentales ont été conduites sur un grand nombre de paramètres pris en compte par les travaux de recherche sur les grandes voies ferrées de transport de masse en surface, en vue d'évaluer leur influence sur les niveaux de bruit de roulement pour les véhicules souterrains sur rail à faibles vitesses.

Les essais de base ont été conduits sur un banc à galets consistant en un bogie à quatre roues doté d'une suspension primaire dont le mouvement est assuré par quatre galets à disques, usinés pour reproduire un profil de rail. Le mouvement des galets était imprimé par un moteur à régime variable et les galets avant étaient capables de subir un mouvement de lacet afin de simuler le déplacement sur des rails courbes.

Des mesures souterraines du bruit de roulement de véhicule pour le transport du personnel avaient montré que, sur les rails rectilignes à hautes vitesses, la nature du bruit était essentiellement à large bande. Les spectres du banc d'essai, qui montraient une nature plus tonale du fait que les roues et galets à disques étaient relativement peu amortis, ont dû par conséquent être recalculés pour déterminer les niveaux à "larges bandes dB(A)". Toutes les corrélations ultérieures s'appuient sur ces valeurs.

Les niveaux de bruit à larges bandes augmentaient de manière linéaire avec la vitesse logarithmique tout en étant proportionnels au rayon de courbure simulé de rail. La constante de proportionnalité avec la vitesse était, d'après les calculs, indépendante de la rigidité de la suspension tandis que la constante de proportionnalité avec le rayon de courbure augmentait avec cette rigidité.

Des essais ont ensuite été menés pour déterminer si cette augmentation était due à une variation de la composante verticale

ou de la composante latérale de la rigidité de suspension, ceci en modifiant chacun de ces paramètres indépendamment. Les résultats ont confirmé que le paramètre déterminant était la rigidité de la suspension latérale, les modifications de rigidité verticale n'ayant aucune influence sur les niveaux de bruit de roulement à large bande. Les variations de la rigidité latérale n'ont toutefois eu des répercussions que lorsque la voie était courbe : sur une voie rectiligne, les niveaux enregistrés étaient en deçà de 1 dB(A). Des informations sur la réponse modale des roues sont venues confirmer le fait que la rigidité de suspension latérale influait sur la réponse latérale des roues.

Dans la plage limitée des charges essayées sur le banc, on a observé que le poids du bogie avait un effet minime sur la génération de bruit à large bande, inférieure à 1 dB(A). Des mesures d'intensité sonore ont été effectuées pour déterminer les zones de la roue responsables des niveaux maximaux de bruit émis. Les intensités sonores dans la bande d'octaves ont été calculées par analyse d'une des roues, à deux vitesses de galet. D'après les résultats, le bruit ne provient pas surtout du point de contact roue/rail, mais d'une zone située entre le centre (moyeu) et la circonférence de la roue formant un certain angle par rapport à la verticale du point de contact dans le sens de la rotation. Les résultats ont montré que le bruit émis était une fonction de la force appliquée à l'interface roue/rail, et de la réponse latérale de la roue.

Au cours des mesures d'intensité à largeur de bande étroite, le niveau variait régulièrement sur une longue période de temps, de l'ordre de quelques secondes, se superposant aux fluctuations aléatoires. Ce phénomène est probablement dû à la dérive latérale du point de contact lors d'un déplacement sur une voie rectiligne.

Une série d'essais a été conduite pour étudier les effets de la rugosité de la surface sur les niveaux de bruit. Avant ces essais, le banc a fonctionné pendant de nombreuses heures, résultant en des profils de roues et de galets très lisses et très brillants.

La rugosité des roues lisses était mesurée autour de la circonférence avec une

machine Tallysurf placée sur la voie brillante. Les bandes de roulement de deux roues étaient ensuite abrasées à sec au jet de sable d'alumine et de silice jusqu'à ce que les roues aient un aspect uniforme mat.

Le banc a fonctionné d'abord avec les deux roues lisses en contact avec les galets arrière. Le bogie était ensuite retourné de manière que les roues rugueuses soient en contact. Lors de ces essais, on a observé que les niveaux de bruit générés dépendaient de l'emplacement exact des roues sur les galets : un léger déplacement latéral des roues statiques provoquait une modification du niveau de bruit. Des essais ont été conduits avec les deux roues rugueuses pour savoir comment le niveau de bruit variait avec le temps, à une vitesse de galets constante. Sur une période de 37 minutes, le niveau de bruit augmentait progressivement d'environ 2 à 3 dB(A). L'examen des roues et des galets après cet essai a révélé la présence d'une frange régulière sur la circonférence des roues ; il n'y avait pas de telles franges sur les galets. On en a donc conclu que la formation de ces franges était due à la légère augmentation graduelle du niveau de bruit.

On a aussi observé au début de ces essais à deux roues un changement du niveau de bruit associé au changement de position des roues tournantes sur les galets. Le léger déplacement sur un côté de la position centrale provoquait une augmentation de 5 dB(A) ; si le déplacement se poursuit vers le boudin, le bruit augmente encore plus - un maximum de 8 dB(A) a été enregistré.

D'autres essais contrôlés sur les quatre roues rendues rugueuses ont montré que la rugosité de la surface avait une petite influence sur la génération du bruit, probablement de 2 à 3 dB(A) au maximum sur une voie rectiligne. L'interprétation des résultats était toutefois rendue plus difficile en raison de l'interférence d'autres paramètres, comme l'apparition de franges et la position de la roue sur le galet.

Le rôle peu important de la rugosité de surface peut s'expliquer par la taille des aspérités par rapport à celles de la

zone de contact entre la roue et les galets. Le bruit de roulement roue/rail est produit par la rugosité de petite échelle des surfaces en mouvement. Les composantes du spectre de rugosité, dont les longueurs d'ondes sont supérieures aux dimensions de la zone de contact, ne sont sans doute pas modifiées tandis que celles dont la longueur d'ondes est inférieure à la dimension de la zone de contact peuvent être considérablement atténuées.

Au cours des essais de rugosité de surface, le niveau de pression sonore a montré une variation considérable avec la position latérale de la roue sur le galet (rail). Ce phénomène pouvait être dû à la variation de la taille de la zone de contact entre la roue et le galet, puisque c'est sur la largeur de la voie que ce paramètre varie. Une série d'essais a été menée pour étudier l'effet et évaluer l'importance de la taille de la zone de contact, en usinant différents profils sur les roues et les galets. De plus, un ensemble de roues de British Coal d'échelle 1/2 ont été fabriquées.

On a constaté que la dimension de la zone de contact avait des répercussions sur les niveaux de bruit sur voie rectiligne pour tous les types de profils de roue et de rail, l'effet étant plus ou moins important selon les profils. À la suite de quoi, des essais grandeur nature ont été entrepris sur un véhicule souterrain de transport du personnel à la Houillère de Gedling, en utilisant des roues neuves et des roues bien usées.

Les résultats étaient semblables à ceux des essais sur banc sur voie rectiligne dans la mesure où une diminution de la zone de contact entraînait une augmentation du bruit généré. Puisqu'il n'était pas faisable en fond de mine d'augmenter la superficie de contact des roues usées, on en a conclu que l'on ne pourrait pas aboutir à une meilleure insonorisation en étudiant plus avant l'interface roue/rail.

Puisque les tentatives d'insonorisation à la source des véhicules de transport du personnel, autrement dit en apportant des modifications à la roue ou au rail, ont échoué, le projet s'est poursuivi en étudiant les possibilités de minimisation de l'exposition des passagers. Le but de cette phase était de rechercher les moyens de minimiser les contributions de l'onde sonore directe aéroportée et de celle qui se propage en structure et est réémise en direction du véhicule.

Les premiers essais ont été conduits sur un véhicule transporteur de personnel à rail "captive" à la Houillère de Betws, au sud du Pays de Galles. La configuration

roue/rail de ces systèmes est très différente de la configuration des voies traditionnelles mais l'installation à Betws se prêtait bien à ces essais puisqu'à l'époque, il avait été prévu de mettre en place un nouveau parc de véhicules de transport du personnel à faible bruit dans la descenderie avoisinante de Carway Fawr Drift, à la Houillère de Cynheidre.

C'est un véhicule prototype Becorit, modifié pour diminuer le bruit à l'intérieur lors du déplacement, qui a été comparé à un véhicule standard au cours des essais dans la descenderie d'entrée de la mine de Betws. Le constructeur avait tenté d'insonoriser complètement le véhicule en utilisant des panneaux d'acier insonorisants, fixés sur le côté du véhicule et recouvrant toutes les ouvertures d'accès conventionnelles.

Au cours de ces premiers essais, d'autres expériences ont été conduites pour évaluer l'effet du garnissage interne de la voiture avec des matériaux insonorisants. Le garnissage était appliqué aux extrémités du véhicule, au toit et sur les côtés.

Les niveaux de bruit maximaux enregistrés étaient de 98 dB(A) dans un véhicule non traité se déplaçant à 3,6 m/s sur une section de la descenderie d'entrée de Betws. Sur un véhicule traité, totalement fermé et garni intérieurement de matériaux insonorisants, ce niveau est tombé à 89 dB(A). Ailleurs dans la descenderie, en fonctionnement normal, les niveaux correspondants étaient respectivement de 92 dB(A) et de 82 dB(A).

La fermeture totale simple de tout le véhicule consistant à utiliser des panneaux d'acier insonorisants (SDS) sur les ouvertures d'accès était relativement inefficace et ne réduisait les niveaux internes que de 3 dB(A), dus entièrement à la fermeture du véhicule. Les réductions du "bruit structurel" des panneaux SDS étaient négligeables. La fermeture des cabines qui seront conçues à l'avenir se fera donc avec des panneaux d'acier traditionnels plutôt qu'avec des panneaux SDS.

Un garnissage insonorisant simple d'une voiture ouverte était relativement inefficace et ne réduisait les niveaux internes que de 3 dB(A).

À la vitesse de 3,6 m/s et sur une voie à rail "captive", les avantages que provoquerait une meilleure suspension ou amortissement de la voiture du véhicule n'apparaissaient que lorsque la contribution du bruit aéroporté dans le véhicule tombait à environ 80 dB(A).

On a conclu que le niveau de bruit en voiture pouvait être considérablement réduit par la fermeture totale du véhicule associée au garnissage interne avec un matériau insonorisant. L'insonorisation par le garnissage insonorisant mentionné ci-dessus, a été jugée comme étant la meilleure méthode possible. Dans des applications minières souterraines toutefois, pour éviter que le matériau ne soit dégagé dans l'atmosphère et ingéré, il a fallu enfermer le matériau insonorisant dans une enveloppe imperméable (PVC "ICI Melinex" matériau agréé I/S).

À la suite du succès rencontré par les essais du véhicule prototype à rail "captive" à Betws, l'application de matériaux insonorisants contenus dans un film imperméable a été étudiée pour des véhicules de transport du personnel sur rail traditionnel. Deux des véhicules ont été montés de panneaux spécialement conçus, aux Houillères de Seafield et de Hem Heath. Ces deux anciens types de véhicules de transport du personnel pouvaient être modernisés pour accueillir ces panneaux, mais malheureusement ils n'étaient pas totalement fermés. Chaque véhicule avait des ouvertures assez importantes autour du véhicule, à la hauteur de la tête.

Néanmoins, une insonorisation utile a été obtenue, semblable à celle du véhicule ouvert de la Houillère de Betws, dans la plage de vitesses des véhicules.

Sur les deux sites, les voitures insonorisées étaient très bien accueillies par les mineurs. Les essais ont prouvé qu'un garnissage acoustique interne des véhicules de transport du personnel pouvait être réalisé par des moyens qui résisteraient bien aux conditions relativement sévères de l'environnement minier. Les techniques de fixation, d'adaptation et de peinture des panneaux au pulvérisateur ont été améliorées.

L'étape suivante consistait à concevoir au bureau d'études un nouveau modèle de véhicule de transport du personnel incorporant les procédés d'insonorisation. Cette étude couvrait en particulier les aspects de fermeture et de garnissage interne, avec en plus la ventilation dans le véhicule. Des constructeurs avaient déjà auparavant tenté de concevoir des véhicules de transport du personnel entièrement fermés, pour des raisons de sécurité. Ces véhicules non ventilés n'ont toutefois pas été très populaires, puisqu'ils devenaient trop chaud et qu'ils étaient quelque peu claustrophobiques et qu'il n'y avait aucun moyen d'éliminer les mauvaises odeurs.

C'est pourquoi le nouveau véhicule de transport du matériel insonorisé devait incorporer une conduite d'aération à garnissage acoustique. La libre aération du véhicule se faisait par des conduits à chaque extrémité de celui-ci. L'entrée de ces conduits était située à proximité de la partie supérieure du véhicule pour permettre un entraînement maximal d'air en minimisant l'effet de blocage du véhicule précédent.

Vers la fin du projet, un autre véhicule de transport du matériel a été conçu en association avec les constructeurs RB Bolton, véhicule qui incorporait des caractéristiques d'insonorisation supplémentaires à celles du véhicule Markham. En plus du garnissage interne et de l'incorporation de conduits de ventilation à garnissage acoustique, le véhicule comprenait des fenêtres à double vitrage et des portes coulissantes, dites à joint positif.

Ces portes étaient dites "à joint positif" parce qu'elles étaient équipées de charnières spéciales qui leur permettaient de coulisser le long de la voiture dans des glissières lorsqu'elles étaient ouvertes, mais de venir en position fermée de niveau avec la partie latérale du véhicule. Ainsi, juste avant de se fermer, elles étaient en face de l'ouverture, décalées de 50 mm de celle-ci. En fin de fermeture, les portes se déplaçaient perpendiculairement au côté du véhicule, comprimant ainsi les joints élastomères entourant la porte et formant un espace étanche à l'air. Cette méthode de fixation, tout en étant plus hermétique et meilleure, conduisait à un endommagement moindre des joints élastomères, puisque ceux-ci n'étaient pas constamment soumis à des efforts de cisaillement de frottement, lors de la fermeture et de l'ouverture des portes.

Après la fin officielle du projet, au cours de la période d'élaboration du rapport, des mesures de bruit ont été effectuées à Westoe. D'après les niveaux de bruit mesurés dont la corrélation est d'environ dB(A) 23 log (vitesse), la vitesse du véhicule pour laquelle le niveau de bruit est de 90 dB(A) est, d'après les calculs, supérieure à 15 m/s.

Les comparaisons effectuées avec des mesures précédentes ont montré que le véhicule de Westoe étaient moins bruyant de quelque 30 dB(A), à toutes les vitesses, que les véhicules traditionnels à grande vitesse de British Coal au début de ce projet. En outre, il était de 15 dB(A) moins bruyant que le moins bruyant des véhicules précédents. Tout un parc de véhicules est maintenant en fonctionnement à la Houillère de Westoe.

De récents travaux, incorporant les résultats de Betws, ont indiqué que les niveaux de bruit dans les véhicules de transport du personnel dépendaient non seulement des types de véhicules et de leur vitesse mais aussi des galeries dans lesquelles ils se déplaçaient. Les paramètres jugés influés sur le bruit dans les véhicules étaient les suivants : la superficie de la section de galerie ; le mode de construction des parois (cintres et garnissage de bois) ; le mode de construction du mur ; le débit d'air ; le sens d'écoulement de l'air ; et la durée de réverbération en galerie.

Pour rechercher les effets des paramètres de galerie sur les niveaux de bruit dans les véhicules de transport du personnel, une grande campagne de mesures a été conduite sur un certain nombre de sites.

Huit sites ont finalement été retenus pour les mesures de réverbération. Sur

chacun d'eux, les niveaux de bruit internes ont été enregistrés sur une plage de vitesses. De plus, les durées d'affaiblissement de la réverbération ont été mesurées dans la galerie avec une source sonore à impulsions. Ces dernières mesures ont été effectuées avec le microphone dans le sens du vent par rapport à la source, et le microphone dans le sens opposé à celui du vent, pour évaluer les effets du débit sur les mesures. La dimension des galeries et leur mode de construction ont été consignés et le débit d'air mesuré.

Pour chacun des sites, les niveaux de bruit ont été calculés en fonction de la vitesse du véhicule de transport du personnel et des durées de réverbération des bandes d'octaves.

Des travaux précédents effectués en association avec l'université de Nottingham consistaient à déduire les coefficients d'absorption des bandes d'octaves à partir des mesures souterraines, pour quatre types de galeries. Pour les travaux actuels, les sites ont été regroupés selon ces quatre types, mais ce sont les durées de réverbération des bandes d'octaves plutôt que les coefficients qui ont été utilisées.

Pour tous les types de véhicules, dans différentes galeries, la corrélation initiale du niveau de bruit avec la vitesse a fait ressortir une forte dispersion, ± 10 dB(A). Toutefois, quand les niveaux internes étaient "normalisés", par l'incorporation des effets de réverbération en galerie, la corrélation était nettement meilleure. Pour le nouveau type de véhicule à grande vitesse, une corrélation de $\pm 2/3$ dB(A) a été obtenue. Elle était de ± 5 dB(A) pour les véhicules traditionnels.

Einfluss von Staubprobenahmegeräten und Staubzusammensetzung auf die biologische Aktivität von Grubenstäuben und Beurteilung des Pneumokonioserisikos für Bergleute

I.O.M, EDINGBURG, VEREINIGTES KÖNIGREICH

Vertrag Nr.: 7260-03/043/08

Dauer: 1.10.87 - 30.9.89

Die allgemeinen Zusammenhänge zwischen kumulativer Exposition gegenüber lungengängigen Grubenstäuben und dem Risiko, eine einfache Pneumokoniose zu entwickeln, sind gut bekannt. Diese Zusammenhänge liefern jedoch keine Erklärung für das je nach Bergbaugegebenheiten variierende Risiko, und insbesondere mangelt es an Kenntnissen über die Rolle von Quarz. Aus diesem

Grund wurde im Rahmen der gemeinsamen Forschung eine umfangreichere Untersuchung dieser Problematik durchgeführt, bei der man sich der neuesten Entwicklungen auf den Gebieten der Staubprobenahme, der chemischen Analyse von Stauboberflächen und der biologischen Prüfverfahren bediente. Die Ziele des vom Institute of Occupational Medicine geleisteten Beitrags waren:

- 1) Die Bewertung der unterschiedlichen Staubzusammensetzung und Korngrößen bei den in den Alveolen abgelagerten Stäuben und den lungengängigen Stäuben, die in britischen Bergwerken gesammelt worden waren;
- 2) Erforschung des Zusammenhangs zwischen der Staubzusammensetzung

und dem prozentualen Anteil des in den Alveolen abgelagerten Staubs an der Gesamtmenge der lungengängigen Stäube;

- 3) Vergleich der toxischen Wirkung der Stäube, die gleichzeitig mit den Probenahmegeräten für lungengänge Stäube und für die in den Alveolen abgelagerten Stäube gesammelt wurden;
- 4) Vergleich der toxischen Wirkung von Stäuben mit unterschiedlichem Quarzgehalt, die in einem einzigen Flöz gesammelt wurden;
- 5) Bereitstellung von Staubproben für Paralleluntersuchungen in anderen Laboratorien der Gemeinschaft.

Für diese Untersuchung wurden Stäube aus drei Bergwerken herangezogen. Zwei der Bergwerke waren an der Pneumokoniosefelduntersuchung beteiligt, und die Zusammenhänge zwischen Staubexposition und Erkrankung sind gut dokumentiert. Das dritte Bergwerk grenzte an ein (jetzt geschlossenes) Bergwerk, das an der Pneumokoniosefelduntersuchung beteiligt war und in dem dieselben kohleführenden Schichten abgebaut wurden. Zwei Bergwerke lagen in Südwales und eines in Nordostengland. Abgebaut wurde Kohle von niedrigem/mittlerem Inkohlungsgrad (86,3 % Kohlenstoff) bis hin zu Anthrazit (94,0 % Kohlenstoff).

Die Entnahme von Staubproben erfolgte in jedem Steinkohlenbergwerk je nach den vorherrschenden Staubkonzentrationen während eines Zeitraums von zwei oder drei Wochen an zwei oder drei Stellen eines Strebs. Lungengängige Stäube wurden mit den gravimetrischen Staubprobenahmegeräten BAT II und MRE gesammelt, die in den Alveolen abgelagerten Stäube mit dem Probenahmegerät TBF50. Jede einzelne Probe wurde, wenn genügend Staub gesammelt war, in Bezug auf ihren Asche-, Quarz- und Kaolinitgehalt analysiert. Diese Proben dienen zur Erstellung von Prüfanordnungen mit in den Alveolen abgelagerten Stäuben

und mit lungengängigen Stäuben unterschiedlicher mineralogischer Zusammensetzung für jedes Bergwerk und im Hinblick auf eine detailliertere Analyse der Mineralien (einschließlich Messung der Größe und Zusammensetzung einzelner Staubkörner) sowie im Hinblick auf biologische Untersuchungen (Zytotoxizität, Entzündung der Lunge nach intratrachealer Verabreichung und histologische Veränderungen nach intratrachealer Verabreichung).

Die Konzentration der lungengängigen Stäube lag zwischen 0,7 und 17 mg/m³. Die Konzentration der in den Alveolen abgelagerten Stäube lag, von einigen Ausnahmen abgesehen, im Durchschnitt unter diesen Werten. Die Zusammensetzung der in den Bergwerken gesammelten Proben wies von Tag zu Tag erhebliche Unterschiede auf. Im dem Bergwerk in Nordostengland lag der prozentuale Quarzanteil des Staubs zwischen 2,6 und 19,5 %; in den beiden anderen Bergwerken betrug die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Quarzgehalt etwa 6%. Die Zusammensetzung der Stäube aus dem Bergwerk in Nordostengland stimmte mit den Zusammensetzungen überein, die bei der früheren Pneumokonioseuntersuchung festgestellt worden waren. Die Stäube aus den Bergwerken in Südwales wiesen wesentlich höhere Gehalte nichtkohlehaltiger Mineralien bzw. Quarzgehalte auf als bei der früheren Untersuchung. Die Zusammensetzung der lungengängigen Stäube und der in den Alveolen abgelagerten Stäube war im allgemeinen ähnlich. Die Staubzusammensetzung wirkte sich anscheinend nicht auf das Verhältnis des prozentualen Anteils der in den Alveolen abgelagerten Stäube zur Gesamtmenge der lungengängigen Stäube aus.

Die vielfältige Zusammensetzung der Staubproben aus den einzelnen Bergwerken ermöglichte die Bereitstellung von drei in den Alveolen abgelagerten Stäuben und von drei entsprechenden lungengängigen Stäuben unterschiedlicher Zusammensetzung aus zwei Bergwerken sowie von zwei Staubpaarungen aus dem dritten Bergwerk. Eindeutige Unter-

schiede gab es bei der Korngröße der lungengängigen und der in den Alveolen abgelagerten Stäube, die letzte Gruppe wies dabei einige wenige Staubpartikel mit Korngrößen unter 1 µm auf. Bei einer bestimmten Staubart waren die Kohlepartikel im allgemeinen grobkörniger als die anderen mineralischen Partikel. Beobachtet wurde eine sehr geringe Anzahl von Kohlepartikeln mit einem Durchmesser von mehr als 5 µm. Wenn überhaupt, dann wurden diese größeren Staubkörner vorwiegend in den Bergwerken mit höherem Inkohlungsgrad gefunden. Je höher sowohl bei den in den Alveolen abgelagerten Stäuben als auch bei den lungengängigen Stäuben der Aschegehalt im allgemeinen war, desto feiner waren die Stäube. Dies galt anscheinend auch für die Kohlepartikel allein.

Die In-vitro-Tests ergaben für alle lungengängigen und in den Alveolen abgelagerten Stäube ähnlich wie bei den Kontrollversuchen mit untoxischem Titandioxid geringe Zytotoxizität. Die Untersuchungen zu Entzündungen der Lunge und zu histologischen Veränderungen ergaben, daß mit höherem Quarzgehalt der Grubenstäube auch die Lungenschädigung zunahm. Bei den Untersuchungen zur Zytotoxizität oder zur Entzündung der Lunge ließen sich in Bezug auf die biologische Aktivität der in den Alveolen abgelagerten Stäube und der lungengängigen Stäube keine systematischen Unterschiede feststellen.

Abschließend sei gesagt, daß die Ergebnisse darauf hindeuten, daß die Messung der Konzentration der in den Alveolen abgelagerten Stäube in Bezug auf die Beurteilung des im Bergbau bestehenden Pneumokonioserisikos für britische Bergleute keinen Vorteil gegenüber der Messung lungengängiger Stäube bietet. Die Forschungsarbeiten verleihen der Annahme größeres Gewicht, daß mit Zunahme des prozentualen Quarzanteils der Stäube innerhalb eines bestimmten Flözes oder eines bestimmten Bergwerks auch die Gesundheitsgefährdung aufgrund der Exposition gegenüber einer bestimmten Menge lungengängiger Stäube zunimmt.

C'est pourquoi le nouveau véhicule de transport du matériel insonorisé devait incorporer une conduite d'aération à garnissage acoustique. La libre aération du véhicule se faisait par des conduits à chaque extrémité de celui-ci. L'entrée de ces conduits était située à proximité de la partie supérieure du véhicule pour permettre un entraînement maximal d'air en minimisant l'effet de blocage du véhicule précédent.

Vers la fin du projet, un autre véhicule de transport du matériel a été conçu en association avec les constructeurs RB Bolton, véhicule qui incorporait des caractéristiques d'insonorisation supplémentaires à celles du véhicule Markham. En plus du garnissage interne et de l'incorporation de conduits de ventilation à garnissage acoustique, le véhicule comprenait des fenêtres à double vitrage et des portes coulissantes, dites à joint positif.

Ces portes étaient dites "à joint positif" parce qu'elles étaient équipées de charnières spéciales qui leur permettaient de coulisser le long de la voiture dans des glissières lorsqu'elles étaient ouvertes, mais de venir en position fermée de niveau avec la partie latérale du véhicule. Ainsi, juste avant de se fermer, elles étaient en face de l'ouverture, décalées de 50 mm de celle-ci. En fin de fermeture, les portes se déplaçaient perpendiculairement au côté du véhicule, comprimant ainsi les joints élastomères entourant la porte et formant un espace étanche à l'air. Cette méthode de fixation, tout en étant plus hermétique et meilleure, conduisait à un endommagement moindre des joints élastomères, puisque ceux-ci n'étaient pas constamment soumis à des efforts de cisaillement de frottement, lors de la fermeture et de l'ouverture des portes.

Après la fin officielle du projet, au cours de la période d'élaboration du rapport, des mesures de bruit ont été effectuées à Westoe. D'après les niveaux de bruit mesurés dont la corrélation est d'environ dB(A) 23 log (vitesse), la vitesse du véhicule pour laquelle le niveau de bruit est de 90 dB(A) est, d'après les calculs, supérieure à 15 m/s.

Les comparaisons effectuées avec des mesures précédentes ont montré que le véhicule de Westoe étaient moins bruyant de quelque 30 dB(A), à toutes les vitesses, que les véhicules traditionnels à grande vitesse de British Coal au début de ce projet. En outre, il était de 15 dB(A) moins bruyant que le moins bruyant des véhicules précédents. Tout un parc de véhicules est maintenant en fonctionnement à la Houillère de Westoe.

De récents travaux, incorporant les résultats de Betws, ont indiqué que les niveaux de bruit dans les véhicules de transport du personnel dépendaient non seulement des types de véhicules et de leur vitesse mais aussi des galeries dans lesquelles ils se déplaçaient. Les paramètres jugés influés sur le bruit dans les véhicules étaient les suivants : la superficie de la section de galerie ; le mode de construction des parois (cintres et garnissage de bois) ; le mode de construction du mur ; le débit d'air ; le sens d'écoulement de l'air ; et la durée de réverbération en galerie.

Pour rechercher les effets des paramètres de galerie sur les niveaux de bruit dans les véhicules de transport du personnel, une grande campagne de mesures a été conduite sur un certain nombre de sites.

Huit sites ont finalement été retenus pour les mesures de réverbération. Sur

chacun d'eux, les niveaux de bruit internes ont été enregistrés sur une plage de vitesses. De plus, les durées d'affaiblissement de la réverbération ont été mesurées dans la galerie avec une source sonore à impulsions. Ces dernières mesures ont été effectuées avec le microphone dans le sens du vent par rapport à la source, et le microphone dans le sens opposé à celui du vent, pour évaluer les effets du débit sur les mesures. La dimension des galeries et leur mode de construction ont été consignés et le débit d'air mesuré.

Pour chacun des sites, les niveaux de bruit ont été calculés en fonction de la vitesse du véhicule de transport du personnel et des durées de réverbération des bandes d'octaves.

Des travaux précédents effectués en association avec l'université de Nottingham consistaient à déduire les coefficients d'absorption des bandes d'octaves à partir des mesures souterraines, pour quatre types de galeries. Pour les travaux actuels, les sites ont été regroupés selon ces quatre types, mais ce sont les durées de réverbération des bandes d'octaves plutôt que les coefficients qui ont été utilisées.

Pour tous les types de véhicules, dans différentes galeries, la corrélation initiale du niveau de bruit avec la vitesse a fait ressortir une forte dispersion, ± 10 dB(A). Toutefois, quand les niveaux internes étaient "normalisés", par l'incorporation des effets de réverbération en galerie, la corrélation était nettement meilleure. Pour le nouveau type de véhicule à grande vitesse, une corrélation de $\pm 2/3$ dB(A) a été obtenue. Elle était de ± 5 dB(A) pour les véhicules traditionnels.

Einfluss von Staubprobenahmegeräten und Staubzusammensetzung auf die biologische Aktivität von Grubenstäuben und Beurteilung des Pneumokonioserisikos für Bergleute

I.O.M. EDINGBURG, VEREINIGTES KÖNIGREICH

Vertrag Nr.: 7260-03/043/08

Dauer: 1.10.87 - 30.9.89

Die allgemeinen Zusammenhänge zwischen kumulativer Exposition gegenüber lungengängigen Grubenstäuben und dem Risiko, eine einfache Pneumokoniose zu entwickeln, sind gut bekannt. Diese Zusammenhänge liefern jedoch keine Erklärung für das je nach Bergbaugegebenheiten variierende Risiko, und insbesondere mangelt es an Kenntnissen über die Rolle von Quarz. Aus diesem

Grund wurde im Rahmen der gemeinsamen Forschung eine umfangreichere Untersuchung dieser Problematik durchgeführt, bei der man sich der neuesten Entwicklungen auf den Gebieten der Staubprobenahme, der chemischen Analyse von Stauboberflächen und der biologischen Prüfverfahren bediente. Die Ziele des vom Institute of Occupational Medicine geleisteten Beitrags waren:

- 1) Die Bewertung der unterschiedlichen Staubzusammensetzung und Korngrößen bei den in den Alveolen abgelagerten Stäuben und den lungengängigen Stäuben, die in britischen Bergwerken gesammelt worden waren;
- 2) Erforschung des Zusammenhangs zwischen der Staubzusammensetzung

und dem prozentualen Anteil des in den Alveolen abgelagerten Staubs an der Gesamtmenge der lungengängigen Stäube;

- 3) Vergleich der toxischen Wirkung der Stäube, die gleichzeitig mit den Probenahmegeräten für lungengänge Stäube und für die in den Alveolen abgelagerten Stäube gesammelt wurden;
- 4) Vergleich der toxischen Wirkung von Stäuben mit unterschiedlichem Quarzgehalt, die in einem einzigen Flöz gesammelt wurden;
- 5) Bereitstellung von Staubproben für Paralleluntersuchungen in anderen Laboratorien der Gemeinschaft.

Für diese Untersuchung wurden Stäube aus drei Bergwerken herangezogen. Zwei der Bergwerke waren an der Pneumokoniosefelduntersuchung beteiligt, und die Zusammenhänge zwischen Staubexposition und Erkrankung sind gut dokumentiert. Das dritte Bergwerk grenzte an ein (jetzt geschlossenes) Bergwerk, das an der Pneumokoniosefelduntersuchung beteiligt war und in dem dieselben kohleführenden Schichten abgebaut wurden. Zwei Bergwerke lagen in Südwales und eines in Nordostengland. Abgebaut wurde Kohle von niedrigem/mittlerem Inkohlungsgrad (86,3 % Kohlenstoff) bis hin zu Anthrazit (94,0 % Kohlenstoff).

Die Entnahme von Staubproben erfolgte in jedem Steinkohlenbergwerk je nach den vorherrschenden Staubkonzentrationen während eines Zeitraums von zwei oder drei Wochen an zwei oder drei Stellen eines Strebs. Lungengängige Stäube wurden mit den gravimetrischen Staubprobenahmegeräten BAT II und MRE gesammelt, die in den Alveolen abgelagerten Stäube mit dem Probenahmegerät TBF50. Jede einzelne Probe wurde, wenn genügend Staub gesammelt war, in Bezug auf ihren Asche-, Quarz- und Kaolinitgehalt analysiert. Diese Proben dienten zur Erstellung von Prüfanordnungen mit in den Alveolen abgelagerten Stäuben

und mit lungengängigen Stäuben unterschiedlicher mineralogischer Zusammensetzung für jedes Bergwerk und im Hinblick auf eine detailliertere Analyse der Mineralien (einschließlich Messung der Größe und Zusammensetzung einzelner Staubkörner) sowie im Hinblick auf biologische Untersuchungen (Zytotoxizität, Entzündung der Lunge nach intratrachealer Verabreichung und histologische Veränderungen nach intratrachealer Verabreichung).

Die Konzentration der lungengängigen Stäube lag zwischen 0,7 und 17 mg/m³. Die Konzentration der in den Alveolen abgelagerten Stäube lag, von einigen Ausnahmen abgesehen, im Durchschnitt unter diesen Werten. Die Zusammensetzung der in den Bergwerken gesammelten Proben wies von Tag zu Tag erhebliche Unterschiede auf. Im dem Bergwerk in Nordostengland lag der prozentuale Quarzanteil des Staubs zwischen 2,6 und 19,5 %; in den beiden anderen Bergwerken betrug die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Quarzgehalt etwa 6%. Die Zusammensetzung der Stäube aus dem Bergwerk in Nordostengland stimmte mit den Zusammensetzungen überein, die bei der früheren Pneumokonioseuntersuchung festgestellt worden waren. Die Stäube aus den Bergwerken in Südwales wiesen wesentlich höhere Gehalte nichtkohlehaltiger Mineralien bzw. Quarzgehalte auf als bei der früheren Untersuchung. Die Zusammensetzung der lungengängigen Stäube und der in den Alveolen abgelagerten Stäube war im allgemeinen ähnlich. Die Staubzusammensetzung wirkte sich anscheinend nicht auf das Verhältnis des prozentualen Anteils der in den Alveolen abgelagerten Stäube zur Gesamtmenge der lungengängigen Stäube aus.

Die vielfältige Zusammensetzung der Staubproben aus den einzelnen Bergwerken ermöglichte die Bereitstellung von drei in den Alveolen abgelagerten Stäuben und von drei entsprechenden lungengängigen Stäuben unterschiedlicher Zusammensetzung aus zwei Bergwerken sowie von zwei Staubpaarungen aus dem dritten Bergwerk. Eindeutige Unter-

schiede gab es bei der Korngröße der lungengängigen und der in den Alveolen abgelagerten Stäube, die letzte Gruppe wies dabei einige wenige Staubpartikel mit Korngrößen unter 1 µm auf. Bei einer bestimmten Staubart waren die Kohlepartikel im allgemeinen grobkörniger als die anderen mineralischen Partikel. Beobachtet wurde eine sehr geringe Anzahl von Kohlepartikeln mit einem Durchmesser von mehr als 5 µm. Wenn überhaupt, dann wurden diese größeren Staubkörner vorwiegend in den Bergwerken mit höherem Inkohlungsgrad gefunden. Je höher sowohl bei den in den Alveolen abgelagerten Stäuben als auch bei den lungengängigen Stäuben der Aschegehalt im allgemeinen war, desto feiner waren die Stäube. Dies galt anscheinend auch für die Kohlepartikel allein.

Die In-vitro-Tests ergaben für alle lungengängigen und in den Alveolen abgelagerten Stäube ähnlich wie bei den Kontrollversuchen mit untoxischem Titandioxid geringe Zytotoxizität. Die Untersuchungen zu Entzündungen der Lunge und zu histologischen Veränderungen ergaben, daß mit höherem Quarzgehalt der Grubenstäube auch die Lungenschädigung zunahm. Bei den Untersuchungen zur Zytotoxizität oder zur Entzündung der Lunge ließen sich in Bezug auf die biologische Aktivität der in den Alveolen abgelagerten Stäube und der lungengängigen Stäube keine systematischen Unterschiede feststellen.

Abschließend sei gesagt, daß die Ergebnisse darauf hindeuten, daß die Messung der Konzentration der in den Alveolen abgelagerten Stäube in Bezug auf die Beurteilung des im Bergbau bestehenden Pneumokonioserisikos für britische Bergleute keinen Vorteil gegenüber der Messung lungengängiger Stäube bietet. Die Forschungsarbeiten verleihen der Annahme größeres Gewicht, daß mit Zunahme des prozentualen Quarzanteils der Stäube innerhalb eines bestimmten Flözes oder eines bestimmten Bergwerks auch die Gesundheitsgefährdung aufgrund der Exposition gegenüber einer bestimmten Menge lungengängiger Stäube zunimmt.

The influence of dust sampling instrumentation and dust composition on the biological activity of coalmine dusts and the estimation of risks of coal workers pneumoconiosis

I.O.M., EDINBURGH, GREAT BRITAIN

Contract No 7260-03/043/08

Duration : 1.10.87 - 30.9.89

The general relationships between cumulative exposures to respirable coalmine dust and the risks of developing simple pneumoconiosis are well established. These relationships, however, do not explain all the variations in risks between coalmining situations and, in particular, the role of quartz is not well understood. A major joint community study of these problems has therefore been undertaken, making use of recent advances in dust sampling, chemical analyses of dust surfaces and biological testing. The aims of the Institute of Occupational Medicine's contribution were:

- 1) To assess the difference in dust composition and particle size between alveolar deposition dusts and respirable dusts collected in British coalmines.
- 2) To investigate the relationship between dust composition and the ratio of alveolar deposition dust concentrations to respirable dust concentration.
- 3) To compare the toxicities of dusts collected side by side with respirable and alveolar deposition dust samplers.
- 4) To compare the toxicities of dusts with different quartz contents collected in a single seam.
- 5) To provide dust samples for parallel studies in other community laboratories.

Dusts from three collieries were used for this study. Two of the collieries were part of the Pneumoconiosis Field Research (PFR) and the relationships between dust exposure and disease are well documented. The third colliery was adjacent to a colliery (now closed) which was part of the PFR and which mined the same coal measures. Two collieries were in South Wales and one in North East

England. The coals mined ranged from low/medium rank (86.3% carbon) to anthracite (94.0% carbon).

Dust sampling was carried out in two or three locations across one face in each colliery over a period of two or three weeks, depending on the prevailing dust concentrations. Respirable dusts were sampled using the BAT II and MRE gravimetric dust sampler and the TBF50 was used as the alveolar deposition dust sampler. Each individual sample was, if sufficient dust was collected, analysed for its ash, quartz and kaolinite contents. These samples were used to prepare sets of alveolar deposition and respirable dusts with different mineral compositions for each colliery for more detailed mineral analysis (including measurement of the sizes and compositions of individual particles) and biological testing (cytotoxicity, pulmonary inflammation following intratracheal instillation and histological change following intratracheal instillation).

The respirable dust concentrations ranged from 0.7 to 17 mg/m³. Alveolar deposition dust concentrations were on average lower but there were several exceptions. The compositions of samples collected within collieries differed considerably from day to day. At the colliery in the North East the percentage of quartz in dust ranged from 2.6 to 19.5% and at the other two there was a range of around 6% between highest and lowest percentages of quartz. The dusts from the North East England colliery had compositions consistent with those observed in the earlier pneumoconiosis research. The dusts from both South Wales collieries had much higher non coal mineral and quartz contents than were found in earlier research. The respirable dusts and alveolar deposition dusts had, in general, similar compositions. The relationships between the alveolar deposition dust and respirable

dust concentrations were not apparently affected by dust composition.

The range of compositions of the dust samples from each colliery enabled three alveolar deposition and three corresponding respirable dusts with different compositions to be prepared from two of the collieries and two pairs of dusts from the third. There were clear differences in the particle sizes of the respirable and alveolar deposition dusts with few particles below 1 µm being observed in the latter. For a given dust type coal particles with diameters of more than 5 µm were observed. If anything, more of these larger particles were found in the high rank collieries. In general, within each colliery for either alveolar deposition or respirable dust the higher the ash contents of the dust the finer the dust. This also appeared to hold for the coal particles alone.

All the respirable and alveolar deposition dusts were found to have low cytotoxicity in the *in vitro* tests, similar to the non-toxic titanium dioxide controls. The studies of lung inflammation and histological change both indicated that the higher the quartz content of dust from a colliery the greater the damage to the lungs. There were no systematic differences between the biological activities of alveolar deposition and respirable dusts measured using the cytotoxicity or inflammatory assays.

In conclusion, the results suggest that measurements of alveolar deposition dust concentration provides no benefit over respirable dust measurements for assessing risks of coal workers pneumoconiosis in British coalminers. The research adds weight to the evidence that as the proportions of quartz within dust within a given seam or colliery increase so do the health risks from exposure to a given respirable dust mass.

L'influence de l'instrumentation d'échantillonnage et de la composition des poussières sur l'activité biologique des poussières de mines de houille et sur l'évaluation des risques de pneumoconiose pour les mineurs

I.O.M., EDINBURGH, ROYAUME-UNI

Contrat n° 7260-03/043/08

Durée: 1.10.87 - 30.9.89

Le lien fondamental qui existe entre l'exposition cumulée à la poussière respirable de mine de charbon et les risques d'apparition d'une pneumoconiose simple est amplement démontré. Mais il ne suffit pas à expliquer toutes les variations des risques observés entre diverses situations d'exploitation, et l'influence du quartz, en particulier, est mal comprise. C'est pourquoi une importante étude communautaire conjointe a été entreprise, mettant à profit les progrès récents de l'échantillonnage de poussières, de l'analyse chimique de la composition superficielle des poussières, et des essais biologiques. La contribution de l'Institute of Occupational Medicine visait à :

- 1) Déterminer la différence de composition et de granulométrie des poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et des poussières respirables collectées dans les mines de houille britanniques.
- 2) Étudier le lien entre la composition des poussières et le rapport de la concentration des poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et de la concentration des poussières respirables.
- 3) Comparer la toxicité des poussières collectées parallèlement à l'aide d'échantillonneurs de poussières respirables et de poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires.
- 4) Comparer la toxicité de poussières à différentes teneurs en quartz collectées dans une même veine.
- 5) Fournir des échantillons de poussières destinées à des études parallèles dans d'autres laboratoires de la Communauté.

L'étude a porté sur des poussières provenant de trois mines. Deux d'entre elles ont fait partie de la Pneumoconiosis Field Research (PFR), et de nombreuses données existent concernant le lien entre l'exposition aux poussières et la maladie. La troisième mine est située à côté d'un puits aujourd'hui fermé ayant fait

partie de la PFR, et qui exploitait le même gisement. Deux de ces mines se trouvent en Galles du Sud et la troisième dans la région Nord-Est de l'Angleterre. Les charbons extraits allaient des rangs bas/moyens (86,3% de carbone) à l'antracite (94,0% de carbone).

L'échantillonnage des poussières a été effectué en deux ou trois points d'une taille de chaque mine pendant une période de deux à trois semaines, suivant les concentrations de poussières dominantes. Des échantillonneurs gravimétriques BAT II et MRE ont servi à la collecte des poussières respirables, et un TBF50 à celle des poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires. Chaque échantillon, si la quantité de poussières recueillie était suffisante, a été analysé pour déterminer sa teneur en cendres, en quartz et en kaolinite. Ces échantillons ont ensuite servi à préparer pour chaque mine des séries de poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et de poussières respirables, de différentes compositions minérales, destinées à une analyse minérale plus fine (notamment la détermination de la répartition granulométrique et la composition de chaque particule) ainsi qu'à des essais biologiques (cytotoxicité, inflammation pulmonaire et variations histologiques après instillation intratrachéale).

Les concentrations de poussières respirables variaient de 0,7 à 17 mg/m³. Les concentrations de poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires étaient généralement plus faibles mais plusieurs exceptions ont été relevées. La composition des échantillons prélevés dans chacune des mines variait considérablement d'un jour à l'autre. À la mine du Nord-Est de l'Angleterre, le pourcentage de quartz dans les poussières allait de 2,6% à 19,5%, et dans les deux autres mines cette proportion variait à l'intérieur d'une fourchette d'environ 6% entre les valeurs minimale et maximale. La composition des poussières prélevées dans la mine du Nord-Est s'accordait avec celles consignées lors de la recherche antérieure concernant la pneumoconiose. Cette composition était en

général similaire pour les poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et les poussières respirables. La relation entre les concentrations respectives des poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et des poussières respirables n'était apparemment pas influencée par la composition des poussières.

L'éventail des compositions des échantillons de poussières prélevés a permis, pour chacune des deux premières mines, la préparation de trois différentes poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et de trois poussières respirables correspondantes pour deux d'entre elles, et de deux couples de poussières pour la troisième. De nettes différences ont été observées entre la granulométrie des poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et des poussières respirables, avec très peu de particules en dessous de 1 µm dans le cas de ces dernières. Pour chaque type de poussières, les particules de charbon étaient généralement plus grosses que celles des autres minéraux présents. Une très faible proportion des particules de charbon avait un diamètre supérieur à 5 µm. Ces grosses particules étaient plutôt plus fréquentes dans les échantillons provenant des mines de rang supérieur. On peut dire que d'une manière générale, pour chaque mine, la finesse des poussières augmente avec la teneur en cendres, et ce aussi bien pour les poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires que pour les poussières respirables. Cela semble également vrai pour les particules de charbon prises isolément.

Toutes les poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et les poussières respirables se sont révélées faiblement cytotoxiques lors des essais *in vitro*, avec des résultats similaires à ceux de témoins traités au dioxyde de titane non toxique. Les études d'inflammation pulmonaire et de variations histologiques ont montré que les lésions pulmonaires s'aggravent à mesure qu'augmente la teneur en quartz des poussières. Les essais de cytotoxicité et d'inflammation pulmonaire n'ont pas fait

apparâtre d'écarts systématiques entre l'activité biologique des poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires et celle des poussières respirables.

En conclusion, les résultats indiquent que la mesure de la concentration en

poussières se déposant dans les alvéoles pulmonaires n'offre aucun avantage sur celle de la concentration en poussières respirables pour l'évaluation du risque de pneumoconiose pour les mineurs britanniques. En outre, la présente recherche apporte une nouvelle preuve

que l'augmentation de la teneur en quartz des poussières d'une veine ou d'une mine donnée accroît le risque pour la santé lié à l'exposition aux poussières respirables, à quantité égale.

Messung der personenbezogenen Staubbelastung, vor allem mit CIP 10-Geräten, mit Schwerpunkt für einzelne Beschäftigte in Abbaubetrieben und Vergleich mit den durch das Routine-Messverfahren für diese Personen ermittelten Expositionsdaten

I.G.F., BOCHUM, DEUTSCHLAND

Vertrag Nr.: 7260-03/051/01
Dauer: 1.11.87 - 31.10.90

Nach bergbehördlichen Bestimmungen ist im untertägigen Steinkohlenbergbau grundsätzlich die Feinstaubbelastung jedes Arbeitsplatzes zu ermitteln. Allerdings wird die Zusammenfassung aneinandergrenzender Arbeitsplätze zu sog. Einstufungsbereichen ermöglicht. Dann muß aber die Meßstelle an dem Arbeitsplatz eingerichtet werden, an dem die höchste Feinstaubbelastung zu erwarten ist.

Moderne Hochleistungsabbaubetriebe weisen nur noch eine geringe Zahl von weitgehend stationären Arbeitsplätzen auf. Die Mehrzahl der Beschäftigten ist über größere Entfernungen ortsbeweglich eingesetzt. Hierbei sind sie wechselnd, und zwar zeitlich wie auch räumlich, in mehreren Einstufungsbereichen tätig.

Durch zeitgleiche Staubmessungen mit personengetragenen Meßgeräten und an den im Staubmeßplan vorgesehenen Meßstellen mit stationär eingesetzten Meßgeräten war zu untersuchen, ob und in wie weit die Meßergebnisse beider Meßverfahren voneinander abweichen und welche Konsequenzen hieraus eventuell zu ziehen sind. Ferner war zu klären, wie sich unterschiedliche Fahrungszeiten auf das Einstufungsergebnis, bezogen auf die Arbeitszeit vor Ort, auswirken. Im vorliegenden Forschungsvorhaben war ferner zu ermitteln, ob die Meßergebnisse personenbezogener Gesamtschicht-Messungen, also Messungen mit am Mann von Einfahrt bis Ausfahrt getragenen Geräten, von den Meßergebnissen abweichen, die mittels ortsfester Meßgeräte am Ende der Einstufungsbereiche zu ermitteln sind. Es war ferner zu klären, ob systematische Unterschiede zwischen den Messungen bezogen auf die Arbeitszeit vor Ort im Vergleich zu den Gesamtschichtmessungen vorliegen.

Die Untersuchungen wurden in vier Abbaubetrieben der Saarbergwerke AG durchgeführt. Die Gewinnung erfolgte in allen vier Betrieben schneidend mit Selbstversatz (Bruchbau). Als Ausbau waren 4-Stempel-Schilde im Einsatz. In zwei Betrieben war die Wetterrichtung gleich der Förderrichtung, in den beiden anderen Betrieben entgegengesetzt. Gewonnen wurden die Kohlenarten Fett- und Flammkohle. Die Abbaue wurden im Vor-, Rück- bzw. Z-Bau geführt. Die Abbaubegleitstrecken waren entweder schon voraufgefahren und wurden nach Strebendurchgang geraubt, oder sie waren vorgelegt bzw. wurden mit dem Streb mitgefahren. Im letzten Fall erfolgte das Mitschneiden durch eine weitere Gewinnungsmaschine. Die Streblängen beliefen sich auf 180 bis 250 m mit einem Einfallen von 3 bis 12 gon. Die Mächtigkeiten lagen zwischen 2,3 und 3,2 m. Die den Streben zugeführten Wettermengen betragen 2000 bis 3200 m³/min.

In den vier Betrieben wurden durch personenbezogene Messungen insgesamt 106 Arbeitsplätze erfaßt. Davon entfielen auf den Abbaubereich, d. h. den Bereich zwischen dem frischwetterseitigen Strebeingang und der Abwetterstrecke, 68 Arbeitsplätze und auf sonderbewertete Streckenvortriebe bzw. auf sonstige Arbeitsplätze im Revier 13 Arbeitsplätze. Hinzu kommen 18 Arbeitsplätze mit nicht ortsbeweglichen Tätigkeiten im Gesamtrevier.

Für die ortsfesten Messungen kam das MPG II und für die personenbezogenen Messungen das CIP 10-Gerät zum Einsatz. Da im saarländischen Bergbau auch das TBF 50-Gerät routinemäßig verwendet wird, wurde auch dieses mit in die Untersuchungen aufgenommen. Insgesamt erfolgten die Untersuchungen auf 90 Meßschichten. Hierbei wurden mit von

der Belegschaft getragenen CIP 10-Geräten ca. 2.400 Einzelmessungen durchgeführt. Zusammen mit den an den Sondermeßstellen durchgeführten ortsfesten Messungen ergibt sich eine Gesamtzahl von über 3.500 Einzelmessungen. Zu jedem eingesetzten CIP 10-Gerät fielen täglich ca. 50 Einzeldaten an, so daß allein für die CIP-Messungen ca. 150.000 Einzeldaten vorliegen. Hinzu kommen die entsprechenden Datenbegriffe für die an den ortsfesten Meßstellen eingesetzten Geräte. Mit den Daten der Geräteüberprüfungen ergeben sich somit über 200.000 Einzeldaten. Zunächst erfolgte ein Gerätevergleich zwischen den an den Sondermeßstellen (Strebein- und -ausgang) zeit- und ortsgleich eingesetzten gravimetrischen Staubmeßgeräten. Hierdurch sollte die Eignung der betrieblichen Einsatzbarkeit der CIP 10-Geräte überprüft werden. Insbesondere war zu prüfen, ob und wie weit die mit CIP 10 ermittelten Feinstaubkonzentrationen mit den beiden Routinemeßgeräten MPG II und TBF 50 übereinstimmen.

Umfangreiche Untersuchungen führten zu folgendem Ergebnis:

- Die mit CIP 10-Geräten ermittelten Feinstaubkonzentrationen ermöglichen erst dann sichere Aussagen, wenn auf den Probenträgern Staubmassen > 3 mg nachgewiesen werden.
- Unter der o.g. Einschränkung ergibt der Vergleich c_{CIP}/c_{MPG} einen mittleren Umrechnungsfaktor $F = 1,02$ mit einem Streufaktor $f = 1,48$.
- Beim entsprechenden Vergleich c_{CIP}/c_{TBF} stellt sich ein mittlerer Umrechnungsfaktor von $F = 1,08$ ein. Der Streufaktor ergibt sich ebenfalls zu 1,48.

- Beeinflussungen der Umrechnungsfaktoren durch unterschiedliche Asche- und Quarzgehalte im Feinstaub liegen nicht vor.
- Die ausgewiesenen Ascheanteile und Quarzgehalte der drei Geräte unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Zusammenfassend ist festzustellen: Die mit CIP 10-Geräten erhaltenen Meßwerte entsprechen denen des Referenzgerätes MPG II und können somit ohne Umrechnung zur Bewertung von Staubverhältnissen herangezogen werden, sofern auf den Probenträgern Staubmassen > 3 mg nachgewiesen werden.

Weitere Auswertungen sollten klären, wie weit die Ergebnisse personenbezogener Messungen während der Arbeitszeit vor Ort (AvO) mit denen während der Gesamtschicht (GES) korrespondieren und in welchem Zusammenhang die Ergebnisse der Individualmessungen zu denen von ortsfesten Messungen am Ende der Einstufungsbereiche stehen.

Hierzu wurden zunächst die personenbezogenen Konzentrationsverhältnisse in den vier Untersuchungsbetrieben während der Arbeitszeit vor Ort und über die Gesamtschicht miteinander verglichen. Tendenziell ist in allen Betrieben, ob gleichlaufend oder entgegen der Förderung bewettert, sowohl bei den AvO- als auch bei den GES-Messungen ein mehr oder weniger stark ausgeprägter Anstieg der mittleren Feinstaubkonzentration vom frischwetterseitigen Strebeingang bis hin zur Abwetterstrecke zu erkennen.

Im allgemeinen differieren in den Betrieben bei gleichartigen oder ähnlichen Tätigkeiten im gleichen Arbeitsbereich die mittleren Konzentrationen nur geringfügig. Einzelne Arbeitsplätze weisen jedoch deutliche Abweichungen gegenüber vergleichbaren ihrer Gruppe auf. Diese "Ausreißer" sind jedoch zufällig und nicht systematisch erfaßbar.

Ferner wurde insbesondere im Betrieb 3 die Grenze der Einsetzbarkeit der CIP 10-Geräte zur Messung der Feinstaubkonzentration erreicht. Das Staubangebot im einziehenden Wetterstrom war so gering, daß mit den CIP 10-Geräten bis zum frischwetterseitigen Strebeingang sowohl personen- als auch ortsbezogen keine auswertbaren Proben zu erhalten waren. Die auf den Probenträgern aufgefangenen Staubmassen lagen sämtlich unter 3 mg.

Trotz in den Einzelbetrieben sehr unterschiedlicher Fahrungsanteile ließ sich durch Gegenüberstellung der Feinstaubkonzentrationen während der Gesamtschicht und der Arbeitszeit vor Ort nachweisen, daß global über die vier Untersuchungsbetriebe die Fahrungen den Konzentrationsmeßwert der AvO um den Faktor 0,81 auf den Konzentrationswert der Gesamtschicht reduziert.

Es wurde ferner versucht, die während der Fahrungen vermutlich vorliegende Feinstaubkonzentration zu errechnen. Unmittelbar vergleichen lassen sich jedoch nur tagesgleiche Messungen. In der Mehrzahl der Fälle konnte eine solche unmittelbare Gegenüberstellung nicht erfolgen, da die Individualmessungen während der AvO und der GES aus organisatorischen Gründen im wöchentlichen Wechsel durchgeführt wurden. Tagesgleiche Konzentrationsmessungen erfolgten nur an den Sondermeßstellen am Strebein- und am Strebausgang, nur hier waren jeweils zwei Geräte parallel zur Messung der GES- und AvO-Konzentrationen eingesetzt. Aus diesen Gegenüberstellungen ergaben sich Fahrungsanteile, ausgedrückt durch das Verhältnis c_p/c_{AvO} , in den Betrieben

- 1 und 2 zwischen 0,22 und 0,29 und
- 3 und 4 zwischen 0,47 und 1,03.

Die Gegenüberstellung der mittleren Quarz-, Asche- und Anhydritgehalte zeigte nur geringe Abweichungen. Das heißt, daß die Fahrungen diese Anteile nur geringfügig beeinflusst.

Beim Vergleich der personenbezogenen Meßergebnisse während der AvO und der GES mit den ortsfest gemessenen Einstufungswerten wurden in einem ersten Schritt die Arbeitsplätze im Abbaubereich zwischen den Sondermeßstellen KZ 91 und KZ 95, an denen AvO- und GES-Messungen durchgeführt wurden, näher untersucht. In diesem Bereich lagen 43 in die Auswertung einbezogene Arbeitsplätze je rd. zur Hälfte in den gleichlaufend bzw. gegenlaufend bewetterten Betrieben. Zur Bewertung dieser Arbeitsplätze wurde ein Konzentrationsindex K_i gebildet, der das Verhältnis aus Meßwert (Feinstaubkonzentration) am Arbeitsplatz zur mittleren Feinstaubkonzentration der zugehörigen Einstufungsmeßstelle darstellt.

An den Einzelarbeitsplätzen in den Untersuchungsbetrieben wurden K_i 's bei den AvO-Messungen von 0,595 bis 2,227 und bei den GES-Messungen zwischen 0,543 und 1,651 erhalten, wobei bei der AvO-Messung in 34 Fällen $K_i > 1$, in 9 K_i

< 1 war. Bei den GES-Messungen wurde hingegen in 19 Fällen $K_i > 1$ in 24 Fällen $K_i < 1$ angetroffen.

Der direkte Vergleich K_{iGES} zu K_{iAvO} läßt ebenfalls keine eindeutigen Schlüsse zu. Es werden unabhängig von Wetterführung und Betrieb z.T. gegensätzliche Ergebnisse ausgewiesen. $K_{iGES} > K_{iAvO}$ liegt in jedem Einstufungsbereich vor, wobei eine Systematik nicht erkennbar ist.

Dies deutet darauf hin, daß durch Einstufungsmessungen an vorgegebenen Meßstellen die Exposition einzelner Beschäftigter nicht immer hinreichend genau erfaßt werden kann. Unter- und überschreitungen kommen vor, ohne daß systematische Abhängigkeiten zu erkennen sind.

Auch durch gruppenweises Zusammenfassen der Arbeitsplätze innerhalb der Einstufungsbereiche lassen sich keine allgemein aussagefähigen Ergebnisse ableiten. Erst wenn die in den einzelnen Betrieben vorliegenden K_i durch gewichtete Mittelwertbildung insgesamt zusammengefaßt werden, ergeben sich globale K_i 's von 1,215 (AvO) und 0,994 (GES).

Diese Werte zeigen an, daß eine ortsfeste Einstufung von Arbeitsplätzen durch Messungen während der Arbeitszeit vor Ort in der Regel 20 % geringere Konzentrationen ausweist als personenbezogene Messungen während der AvO. Hingegen ergeben sich für die individuellen Gesamtschichtmessungen weitgehend gleiche Konzentrationen, wie sie die ortsfesten Einstufungsmessungen während der AvO ausweisen.

In den Betrieben 1 und 4 wurden sieben Arbeitsplätze in sonderbewetterten Streckenvortrieben untersucht. Hier ergaben sich mittlere K_i 's im Betrieb 1 von 3,540 (AvO) bzw. 1,851 (GES) und im Betrieb 4 von 1,245 bzw. 1,420.

Weitere Untersuchungen erstreckten sich auf Arbeitsplätze mit z.T. weitläufigem Tätigkeitsbereich im Revier. Hierunter fallen z.B. Aufsichten, Revierhandwerker, Lokomotivführer, Anhydritblasmaschinenfahrer. Insgesamt gelangten 26 Arbeitsplätze in die Auswertung, die sich wie folgt aufteilen: 10 Arbeitsplätze mit relativ ortsgebundenem Tätigkeitsbereich und 16 mit nicht ortsmäßig festzulegender Tätigkeit.

Für diese Arbeitsplätze liegen keine personenbezogenen AvO-Messungen vor. Zur Beurteilung, wie dieser Personenkreis mit seinen Belastungsdaten einzuordnen

ist, wurden die GES-Messungen den zehenseitigen ortsfesten Einstufungsmessungen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt durch Vergleich der Vertrauensbereiche der Mittelwerte.

Bei den Personen mit relativ ortsfesten Arbeitsplätzen werden die Expositionsdaten durch die zehenseitigen Einstufungsmessungen sicher erfaßt. An keinem dieser Arbeitsplätze waren Auffälligkeiten zu verzeichnen.

Bei dem Personenkreis mit nicht ortsfest

mäßig zuzuordnenden Tätigkeitsbereich treten, wie zu erwarten war, neben deutlichen Überschreitungen ebenso deutliche Unterschreitungen des Einstufungswertes auf.

Zusammenfassend ist mithin zu schlußfolgern, daß eine globale Aussage über die Beziehung personenbezogener Messungen zu ortsfesten Einstufungsmessungen auf Grund der durchgeführten Untersuchung nicht möglich ist, da die Betriebsbedingungen in den untersuchten Betrieben einschließlich der An- und Ab-

fahrzeiten zu unterschiedlich waren. Ferner ist darzulegen, daß bei Betrieben mit schälender Kohलगewinnung, in denen der stauberzeugende Prozess während der Gewinnungsphase insgesamt gleichmäßiger ist, hinsichtlich der Verteilung auf die Streblänge mit anderen Ergebnissen zu rechnen ist, so daß diese vorliegenden Untersuchungen weitere Ergänzungen bedürfen. Sie rechtfertigen zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Änderung der Meßstrategie, insbesondere im Hinblick auf den erheblich höheren Meßaufwand bei der Individualmessung.

Measurements of personal dust exposure mostly performed with CIP 10-instruments (main emphasis: exposure values of single employees in faces, comparison with data determined for these individuals by routine measuring procedures)

I.G.F., BOCHUM, GERMANY

Contact No 7260-03/051/01

Duration: 1.11.87 - 31.10.90

According to regulations of the mining authority, the fine dust exposure of each workplace in underground hard coal mines has to be determined. It is permitted, however, to combine adjoining workplaces to a so-called classification range. In this case, the workplace with the highest fine dust load has to be surveyed by measurements.

Modern faces with high performance have only a small number of mostly stationary workplaces. The majority of employees executes mobile activities over rather long distances. Thus they work in several classification ranges over various periods of time.

We wanted to find out whether and to which extent measuring results of the two measuring procedures deviate and which consequences should be drawn. For this purpose, we conducted isochronic dust measurements with personal and stationary measuring instruments installed at sites prescribed by the dust measuring plan. Moreover, the effect of different travelling times on classification related to working hours *in situ* had to be elucidated. The present researchwork was also intended to show whether the results of personal total shift measurements, i.e. measurements with personal portable instruments carried from ascent to descent, deviate from results to be determined by stationary instruments at the end of classification ranges. It had to be clarified as well whether systematic differences between measurements related to working hours *in situ* and total shift measurements exist.

Trials were performed in four faces of Saarbergwerke AG. The mining procedure in each of the four faces was drum shearing (mining with self-filling). Shields with 4 props served as supports. Two faces had homotropical and two faces antitropical ventilation. Fat coal and flaming coal were mined. Exploitation was performed by advance, retreat and Z heading (ventilation according to the letter Z). Parallel faces were either already pre-driven and robbed off after termination, they were advanced or kept on line with the face. In the latter case, cutting was performed by a further coal getting machine. Face lengths were between 180 and 250 m with a dip of 3 to 12 gr (Gon). Thicknesses were between 2.3 and 3.2 m. Ventilation quantities supplied to faces were between 2000 and 3200 m³/min.

On the whole, 106 workplaces in 4 faces were included in personal measurements. 68 Workplaces were in the winning area, i.e. between face entry with fresh air current and return airway and 13 workplaces were in especially ventilated roadway headings or in other districts. In addition, 18 workplaces with non-stationary activities in the whole district were included.

MPG II instruments were used for stationary and CIP 10 instruments for personal measurement. Since Saarbergwerke routinely applies TBF 50 instruments these systems were also included in the trials. A total of 90 measuring shifts was conducted. About 2400 single

measurements were performed by portable CIP 10 instruments. Including stationary measurements at special sites, a total number of more than 3500 single measurements was carried out. Each CIP 10 instrument supplied about 50 single data per day amounting to 150.000 single data for CIP measurements alone. The corresponding data terms for stationary instrument have to be added. Together with instrument checking data more than 200.000 single data were provided.

At first, we compared the gravimetric instruments installed at special measuring sites (face entrance and exit) operating at the same time and the same place. This measure was induced to test the suitability of CIP 10 instruments. Special attention was paid to the degree of agreement of fine dust concentrations obtained by CIP 10 with those measured by routine instruments MPG II and TBF 50.

Extensive trials led to the following results:

- Fine dust concentrations determined by CIP 10 only permit ascertained evidence if dust masses > 3 mg can be detected on sample carriers.
- Considering the above mentioned restriction, the comparison c_{CIP}/c_{MPG} yields an average conversion factor $F = 1.02$ with a scattering factor of $f = 1.48$.

- The comparison c_{CIP}/c_{TBF} yields a conversion factor of $F = 1.08$ and a scattering factor of 1.48.
- Influences of different ash and quartz contents in fine dust on conversion factors were not found.
- The observed ash and quartz proportions of the three instruments do not differ significantly.

Summarized can be said: Measuring values obtained by CIP 10 instruments correspond to those obtained by the reference instrument MPG II and can therefore be referred to for evaluation of dust conditions without conversion if dust masses > 3 mg are provided by sample carriers.

Further evaluations were thought to clarify to which extent results of personal measurements during working hours *in situ* (AvO) correspond to those during the entire shift (GES) and which association between results of individual measurements and results of stationary measurements at the end of classification ranges exists.

For this purpose, we compared personal concentration measurements in four faces during working hours *in situ* with those obtained during the whole shift. The tendency in each of the four faces, whether with homotropical or antitropical ventilation, whether during working hours *in situ* or over the whole shift, shows a more or less distinct increase of average fine dust concentrations from face entrance with fresh air supply to return air current.

In general, mean concentrations differ only slightly for the same or similar activities in the same workplace atmosphere. Some workplaces, however, show significant deviations from comparable ones of the same group. But these exceptions are by chance and cannot be systematically registered.

Especially face 3 revealed the limit of applicability of CIP 10 instruments for fine dust concentrations. Dust occurrence in the fresh air current was too low to obtain amenable samples by personal or stationary measurements up to the face entrance with fresh air supply. Dust masses collected on sample carriers were always below 3 mg.

In spite of very different travelling proportions in faces, a global comparison of the 4 faces of fine dust concentration during the entire shift and working hours *in situ* revealed travelling to reduce the

concentration measuring value of working hours *in situ* by the factor 0.81 to that of the whole shift.

We also tried to calculate the occurring fine dust concentration during travelling. Only measurements of the same day can be directly compared, however. Such a direct comparison was in the majority of cases impossible since individual measurements during working hours *in situ* and over the entire shift were performed over 1 week each due to organisational reasons. Concentration measurements of the same day were conducted at special measuring sites at face entrance and exit. Only these sites had two parallel instruments for measurements over working hours *in situ* and measurements over the whole shift. These comparisons showed travelling proportions expressed by the ratio c_P/c_{AvO} in faces

- 1 and 2 between 0.22 and 0.29 and in faces
- 3 and 4 between 0.47 and 1.03.

The comparison of average quartz, cinder and anhydrite proportions showed slight deviations only. This means that travelling has only a small influence on these proportions.

To compare personal measurements during working hours *in situ* (AvO) and over the whole shift (GES) with classification data of stationary measurements workplaces in face area between special measuring sites KZ 91 and KZ 95 which had performed AvO and GES measurements were subjected to a thorough check as a first step. 43 Workplaces in this area were included for assessment. About one half of them was situated in faces with homotropical, the other half in faces with antitropical ventilation. The concentration index K_i served for evaluation of these workplaces. It presents the ratio between measuring value (fine dust concentration) in workplace atmospheres and average fine dust concentration of the corresponding measuring site for classification.

Single workplaces in faces showed for AvO measurements K_i indices between 0.595 and 2.227 and for GES measurements between 0.543 and 1.651. In 34 cases of AvO measurements, $K_i > 1$, in 9 cases $K_i < 1$. In 19 cases of GES measurements, $K_i > 1$, in 24 cases $K_i < 1$.

The direct comparison between K_{iGES} and K_{iAvO} does not permit unequivocal conclusions. Independent of ventilation and face, partly contrary results were yielded. $K_{iGES} > K_{iAvO}$ occurs in each classification range without system.

The findings indicate the difficulty to precisely classify exposures of single employees at prescribed measuring sites. Values exceeding or falling short of classification measurements without indicating systematic dependences.

Even summarizing workplaces in groups within classification ranges does in general not yield meaningful information. Only the summary of K_i indices of single faces by weighted mean values yield global K_i indices of 1.215 (AvO) and 0.994 (GES).

These data indicate a stationary classification of workplaces by measurements during working hours *in situ* to obtain a 20 per cent lower concentration in general than personal measurements during AvO. Individual total shift measurements obtain in general the same concentrations as stationary classification measurements during working hours *in situ*, however.

We checked 7 workplaces in particularly ventilated headings of faces 1 and 4. Average indices K_i in face 1 were 3,540 (AvO) or 1,851 (GES) and in face 4 from 1,245 to 1,420.

Further investigations comprised workplaces with partly far-reaching activities in the district. Employees exercising these activities are for instance supervisors, district craftsmen, engine drivers and drivers of anhydrite loaders. 26 Workplaces were evaluated on the whole to be divided as follows: 10 workplaces with relatively stationary activities and 16 ones with mobile activities.

These workplaces were not comprised in AvO measurements. To assess exposure data of these persons GES measurements were allotted to stationary classifying measurements carried out by mine personnel. Allotment is performed by comparison of confidence ranges of mean values.

Exposure data of employees exercising rather stationary activities are ascertained by classification measurements of mine personnel. None of these workplaces had extreme conditions.

As expected, persons exercising mobile activities were subjected to exposures that exceeded and also fell short of classification values.

Summarizing can be concluded that a global statement on the relation between personal measurements and stationary classification measurements on the basis

of conducted trials is not feasible since operational conditions in investigated faces including travelling periods were too different from each other. It has to be pointed out as well that faces applying

stripping winning methods the dust generating process of which is more uniform will certainly have a different outcome. The described trials require supplementary investigations, therefore. They do not

justify a modified measuring strategy for the time being, especially when taking into consideration the substantially higher measuring expenditure for individual measurements.

Mesure du risque coniotique individuel au moyen de conimètres CIP 10 portant en particulier sur certains mineurs des chantiers d'abattage et comparaison avec des données d'exposition fournies pour ces personnes par les relevés de routine

I.G.F., BOCHUM, ALLEMAGNE

Contrat n° 7260-03/051/01

Durée: 1.11.87 - 31.10.90

La réglementation minière stipule que, dans les mines souterraines, le risque coniotique dû aux poussières fines doit, en principe, être déterminé à chaque poste de travail. Cependant, il est possible de regrouper plusieurs postes de travail contigus en une "zone de classification". Dans ce cas, le point de mesure doit être situé au poste de travail où le risque d'em-poussiéage dû aux poussières fines est censé être le plus important.

Les chantiers d'abattage modernes à haut rendement ne comportent plus qu'un nombre limité de postes de travail essentiellement fixes. Dans leur majorité, les mineurs sont appelés à se déplacer sur des distances relativement grandes. Selon le moment et l'endroit où ils travaillent, ils passent donc d'une zone de classification à l'autre.

Au moyen de relevés conimétriques effectués simultanément à l'aide de conimètres individuels portatifs et d'appareils de mesure fixes situés aux endroits prévus dans le programme de mesure de l'em-poussiéage, il convenait donc d'étudier si les résultats de ces deux procédés de mesure divergeaient - et dans l'affirmative, avec quelle ampleur - afin, éventuellement, d'en tirer des conclusions. En outre, il s'agissait de clarifier la façon dont les différents temps de déplacements influent sur la classification obtenue, qui elle se rapporte au temps de travail sur site. Le présent projet de recherche se proposait également de déterminer si les résultats des mesures individuelles relatives à la totalité d'un poste - c'est-à-dire celles obtenues à partir d'un appareil porté par le mineur depuis le moment de son arrivée jusqu'à son départ - divergeaient des résultats fournis par les appareils de mesure à poste fixe situés à l'extrémité des zones de classification. Enfin, il fallait établir si des différences systématiques apparaissaient entre les mesures liées au temps de

travail sur site et les mesures relatives à la totalité du poste.

Les études ont été menées sur quatre chantiers d'abattage de la Saarbergwerke AG. Sur ces quatre chantiers, l'exploitation était effectuée par havage avec auto-remblayage (foudroyage). Le soutènement était constitué de piles à 4 étançons. Sur deux de ces chantiers, l'extraction était effectuée dans le sens du courant d'air et, sur les deux autres, dans le sens inverse. Les deux types de houille extraites étaient des houilles grasses et flam-bantes. L'exploitation se faisait selon la méthode chassante, rabattante ou en Z. Les voies d'accompagnement étaient soit déjà complètement tracées, puis foudroyées après havage, soit creusées un peu en avant de la taille ou encore conduites avec la taille. Dans ce dernier cas, le havage était effectué par une deuxième machine d'abattage. La longueur des tailles variait de 180 à 250 m et le pendage de 3 à 12 grades. L'épaisseur des gisements était comprise entre 2,3 et 3,2 m. Le débit d'air amené dans les tailles variait entre 2 000 et 3 200 m³/min.

Sur l'ensemble des quatre chantiers, des mesures individuelles ont été relevées à 106 postes de travail, dont 68 postes situés dans la zone d'abattage - c'est-à-dire dans la zone comprise entre l'entrée de la taille en amont aéraie et la voie de retour d'air, et 13 postes dans les chantiers de creusement sous aéraie secondaire ou à d'autres emplacements du quartier. Venaient ensuite 18 postes de travail où les activités n'étaient pas liées à un poste précis dans le quartier.

Les mesures à poste fixe ont été relevées à l'aide de conimètres MPG II et les mesures individuelles avec des conimètres CIP 10. Des conimètres TBF 50 ont également été utilisés, car ces appareils sont aussi employés dans les mines

de la Sarre pour des relevés de routine. Dans l'ensemble, les mesures se sont déroulées sur 90 postes. Près de 2 400 mesures ont été effectuées à l'aide des conimètres CIP 10 portés par les mineurs. En comptant celles qui ont été prises à poste fixe en des points spéciaux, le nombre total de mesures relevées s'élève à 3 500. Chaque conimètre CIP 10 enregistrait quotidiennement environ 50 données, si bien que les seules mesures effectuées à l'aide de ces appareils ont fourni près de 150 000 données. Il faut encore y ajouter les données correspondantes des appareils installés à des postes fixes. Si l'on compte celles enregistrées lors de la vérification des appareils, les données disponibles s'élèvent donc à plus de 200 000.

Il a d'abord été procédé à une comparaison des conimètres gravimétriques employés simultanément aux mêmes emplacements, c'est-à-dire aux points de mesure spéciaux (entrée et sortie de taille). Il s'agissait de vérifier que les conimètres CIP 10 étaient adaptés à une utilisation dans des conditions d'exploitation. Il convenait en particulier de contrôler que les concentrations de poussières fines déterminées à l'aide de ces appareils correspondaient aux valeurs enregistrées avec les conimètres MPG II et TBR 50 utilisés pour les relevés de routine.

Ces études, effectuées sur une vaste échelle, ont conduit aux résultats suivants:

- Les concentrations de poussières fines déterminées par les conimètres CIP 10 ne peuvent donner lieu à des interprétations sûres que lorsque les quantités de poussières déposées sur les supports d'échantillon sont strictement supérieures à 3 mg.
- En tenant compte de la restriction susmentionnée, la comparaison

c_{CIP}/c_{MPG} aboutit à un facteur moyen de conversion $F = 1,02$ avec un facteur de dispersion $f = 1,48$.

- Une comparaison c_{CIP}/c_{TBF} analogue donne un facteur de conversion $F = 1,02$. Le facteur de dispersion est aussi égal à 1,48.
- Aucune influence de la teneur des poussières fines en cendres ou en quartz sur les facteurs de conversion n'a été constatée.
- Les teneurs en cendres et en quartz indiquées par les 3 appareils ne font pas apparaître de différences significatives.

En résumé: les mesures fournies par les conimètres CIP 10 correspondent à celles enregistrées avec les conimètres de référence MPG II et peuvent donc être utilisées pour l'évaluation de l'empoussié-
rage à condition que les quantités de poussières déposées sur les supports d'échantillon soient supérieures à 3 mg.

La poursuite de l'exploitation des données devait permettre d'établir jusqu'à quel point les mesures individuelles obtenues pendant le temps de travail sur site (TTS) correspondaient à celles relevées durant la totalité du poste (TP) et quel était le rapport entre les mesures individuelles et les mesures à poste fixe enregistrées à l'extrémité des zones de classification.

À cette fin, une comparaison a été établie entre les concentrations relevées sur les quatre chantiers étudiés pendant le temps de travail sur site et durant la totalité du poste. Dans tous les chantiers, qu'ils soient aérés ou non dans le sens de l'extraction, la tendance observée pour les mesures TTS comme pour les mesures TP est une augmentation plus ou moins fortement prononcée de la concentration moyenne des poussières fines de l'entrée de la taille en amont aérage vers la voie du retour d'air.

De manière générale, les concentrations moyennes relevées sur les chantiers pour des activités analogues ou proches effectuées dans les mêmes zones de travail ne varient que très peu. Certains postes présentent cependant de nets écarts par rapport aux postes comparables du même groupe. Ces "marginiaux" n'apparaissent néanmoins que de façon fortuite et ne peuvent être identifiés de manière systématique.

En outre, les limites d'utilisation des conimètres pour les mesures de concen-

tration des poussières fines ont été atteintes, en particulier sur le chantier 3. L'empoussié-
rage dans le courant d'air entrant était tellement faible qu'aucun échantillon exploitable n'a pu être obtenu avec les conimètres CIP 10 jusqu'à l'entrée de la taille en amont aérage, aussi bien pour les mesures individuelles que pour celles relevées aux postes de travail. Les quantités de poussières déposées sur les supports d'échantillon étaient toutes inférieures à 3 mg.

Malgré la part des déplacements très différente dans chacun des chantiers, une comparaison des concentrations de poussières fines relevées durant la totalité du poste et pendant le temps de travail sur site a montré que, globalement, dans tous les chantiers étudiés, les déplacements réduisaient la concentration mesurée pendant le temps de travail sur site à celle relevée durant la totalité du poste par un facteur de 0,81.

Par ailleurs, il a aussi été tenté de déterminer la concentration de poussières fines existant probablement durant les déplacements.

Cependant, une comparaison directe ne pouvait être établie qu'à partir des mesures relevées le même jour. Dans la plupart des cas, une telle comparaison directe n'a pu être effectuée, car, pour des raisons d'organisation, les mesures individuelles pendant le temps de travail sur site et la totalité du poste étaient réalisées en alternance, d'une semaine sur l'autre. Ce n'est qu'aux points de mesure spéciaux, à l'entrée et à la sortie de la taille, que des concentrations ont pu être relevées durant les mêmes jours; là seulement étaient utilisés à chaque fois deux appareils en parallèle pour la mesure des concentrations TTS et TP. Les comparaisons établies ont permis de déterminer que la part des déplacements, exprimée par le rapport c_D/c_{TTS} variait:

- entre 0,22 et 0,29 pour les chantiers 1 et 2
- entre 0,47 et 1,03 pour les chantiers 3 et 4.

La comparaison des teneurs moyennes en quartz, cendres et anhydrite n'a révélé que des écarts minimes, ce qui signifie que les déplacements n'ont que peu d'influence sur ces valeurs.

Lors de la comparaison des résultats individuels enregistrés durant le TTS et la TP avec les valeurs de classification mesurées à poste fixe, les postes de travail situés dans la zone d'abattage entre les points de mesure spéciaux KZ 91 et KZ

95 - où des mesures TTS et TP avaient été effectuées - ont, dans un premier temps, été soumis à une étude plus approfondie. Cette zone comportait 43 postes étudiés, dont environ la moitié se trouvait dans les chantiers aérés dans le sens de l'extraction et l'autre moitié dans les chantiers aérés dans le sens opposé. Pour l'évaluation de ces postes de travail, un indice de concentration K_i représentant le rapport entre la valeur mesurée (concentration de poussières fines) au poste de travail et la concentration moyenne de poussières fines du point de mesure de la zone de classification correspondante.

Aux différents postes de travail des chantiers étudiés, les indices K_i obtenus variaient entre 0,595 et 2,227 pour les mesures TTS, et entre 0,543 et 1,651 pour les mesures TP; pour les mesures TTS, 34 indices étaient strictement supérieurs à 1 et 9 strictement inférieurs à 1. En revanche, pour les mesures TP, l'indice était strictement supérieur à 1 dans 19 cas et strictement inférieur à 1 dans 24 cas.

Une comparaison directe des indices $K_{i,TTS}$ et $K_{i,TP}$ ne permet pas non plus de tirer des conclusions claires. Des résultats parfois contradictoires apparaissent, indépendamment des conditions d'aérage et du chantier considéré. On trouve un indice $K_{i,TP}$ supérieur à l'indice $K_{i,TTS}$ pour toutes les zones de classification, sans qu'une explication puisse être systématiquement décelée.

On peut donc supposer qu'il n'est pas toujours possible, au moyen des mesures relevées dans les zones de classification à des points donnés, de déterminer avec suffisamment de précision l'exposition des différents mineurs. Les valeurs ainsi mesurées sont parfois supérieures ou inférieures à l'exposition réelle, sans qu'un lien puisse être systématiquement identifié.

Il n'est pas non plus possible de déduire des résultats de portée générale en rassemblant par groupe les postes de travail d'une même zone de classification. Ce n'est qu'en regroupant les K_i des différents chantiers en une valeur moyenne pondérée qu'on obtient des K_i globaux de 1,215 (TTS) et de 0,994 (TP).

Ces valeurs montrent qu'en règle générale, avec les mesures relevées durant le temps de travail sur site, la classification établie à partir de postes fixes fait apparaître des concentrations inférieures de 20% à celles indiquées par les mesures individuelles. En revanche, les mesures individuelles prises pendant la totalité du poste aboutissent à des concentrations

largement identiques à celles relevées à poste fixe, durant le temps de travail sur site.

Dans les chantiers 1 et 4, sept des postes de travail étudiés étaient situés dans des chantiers de creusement sous aéraje secondaire. Dans le premier chantier, les K_i moyens étaient de 3,540 (TTS) et de 1,851 (TP), et dans le chantier 4 de 1,245 et 1,420.

D'autres études ont porté sur des postes de travail comportant parfois un domaine d'activités très étendu dans le quartier, comme ceux du personnel de surveillance, des ouvriers de métier, des conducteurs de locomotive ou de remblayeuse pneumatique à l'anhydrite. Dans l'ensemble, les 16 postes de travail évalués se répartissaient comme suit: 10 postes comportant un domaine d'activités relativement fixe et 16 n'impliquant pas de tâches liées à un poste précis.

Pour ces postes de travail, aucune mesure individuelle n'a été relevée durant le temps de travail sur site. Afin de juger comment classer cette population et les valeurs d'exposition qui lui sont attachées, les mesures prises pendant la totalité du poste ont été associées, par comparaison des intervalles de confiance des valeurs moyennes, aux mesures de classification à poste fixe relevées par le personnel de la mine.

Pour les personnes travaillant à des postes relativement fixes, les mesures de classification effectuées par le personnel minier fournissent des valeurs d'exposition fiables. Aucune anomalie n'a été enregistrée à ces postes de travail.

Pour la population dont le domaine d'activités ne pouvait être rattaché à un poste précis, les mesures sont, comme prévu, parfois nettement supérieures ou inférieures à la valeur de classification.

En résumé, on peut conclure que l'étude effectuée ne permet pas de fournir une explication globale du rapport existant entre les mesures individuelles et les mesures de classification à poste fixe, car les conditions d'exploitation dans les chantiers étudiés, y compris les heures d'arrivée et de départ, étaient trop différentes les unes des autres. De plus, il convient de préciser que, dans les chantiers à abattage par rabot, où le processus de production des poussières durant la phase d'abattage est, dans l'ensemble, plus homogène, il faut s'attendre à d'autres résultats pour la répartition le long de la taille; dans ces chantiers, les études menées ici devront donc être complétées. Pour l'instant, celles-ci ne justifient pas encore de changement du dispositif métrologique, en particulier au vu des investissements nettement plus élevés que nécessite la prise de mesures individuelles.

Herstellung langer Bohrlöcher zum planmäßigen Tränken der Kohle

STEINKOHLBERGBAUVEREIN, ESSEN, DEUTSCHLAND

Vertrag Nr.: 7260-02/054/01

Dauer: 1.1.89 - 31.12.91

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden umfangreiche Untersuchungen und Weiterentwicklungen der Maschinenteknik für eine planmäßige Herstellung langer Tränkbohrlöcher durchgeführt. Die Untertageversuche fanden in Abbaubetrieben der Schachanlage Friedrich Heinrich, Ruhrkohle Niederrhein AG, und Auguste Victoria der BASF mit Unterstützung der Leitung und Fachstellen der Bergwerke statt, begleitet von Prüfstandsuntersuchungen auf den Prüfständen des DMT-Instituts für Staubbekämpfung, Gefahrstoffe und Ergonomie. Als Untersuchungsbetriebe wurden Betriebe in Flöz Girondelle 5 auf der Schachanlage Friedrich Heinrich und in Flöz Zollverein 6 (EB: Zv. 7/8) auf der Schachanlage Auguste Victoria bereitgestellt.

Ausgangspunkt für die Untersuchungen war die Entwicklung der Zuschnittplanung, wonach in zunehmendem Maße die Abbaubetriebe Z-bauartig, also mit nur einer vorweg aufgefahrenen Abbaustrecke, geführt werden. Damit ist aber die Anwendung der Langfrontränkung auf den Einsatz aus nur einer Abbaustrecke beschränkt, wodurch bisher noch zusätzlich das Nahtränkverfahren in einem Teilbereich des Strebes eingesetzt werden mußte.

Verbesserungen des Staubbekämpfungsverfahrens "Kohlenstoßtränken" setzten umfangreiche Untersuchungen im Bereich der Wasserhydraulik, Antriebstechnik und Bohrtechnik voraus.

Der erste Schritt zur Optimierung der Maschinenteknik war die Verbesserung der Spüleinrichtung. Durch eine Erweiterung der Spülwasserdurchführung der Bohrstangen und einer modifizierten Gestängekupplung konnte der Strömungswiderstand einer Bohrstange erheblich reduziert werden. Für die Erhöhung des Spülwasserdruckes wurde eine Spülpumpe in den Steuerstand integriert.

Nach der Verbesserung der Spüleinrichtung war vor dem Einsatz stärkerer Bohrmotore das Mehrzweck-Spülbohrgestänge anzupassen. Prüfstandsuntersuchungen zeigten, daß die Bohrstangenverbindungen mit 18er Vierkant nicht in der Lage waren, höhere Drehmomente zu übertragen. Die Entwicklungen konzentrierten sich aus diesem Grunde auf die Bereitstellung stärkerer Gestängeverbindungen. Die Veränderung der Geometrie des Steckvierkantes durch Einsatz eines 21er Vierkant brachte die erwartete Verbesserung.

Erst mit Abschluß dieser Untersuchungen war die Entwicklung eines stärkeren Bohrmotors sinnvoll. Nach Erstellen einer Studie wurde ein 18 PS-Motor konzipiert und erprobt. Die Kombination der vorgenannten Entwicklungen zeigte bei den ersten Betriebsversuchen die durchaus mögliche planmäßige Erstellung von Bohrlöchern größer als 100 m Tiefe bei der Langfrontränkung.

Festgebohrtes und nicht wiedergewinnbares Bohrgestänge stellt für den Gewinnungsbetrieb ein erhebliches Gefährdungspotential dar. Seitens der Schachanlage Friedrich Heinrich wurde ein Aufbohrgestänge entwickelt, mit dem bereits mehrfach festgebohrtes Gestänge bis zu einer Länge von 62 m wiedergewonnen werden konnte.

Für den Erfolg der Langfrontränkung ist eine einwandfreie Bohrlochabdichtung von Bedeutung. Es wurden unter Mitwirkung zweier Zulieferfirmen neue Zementgemische entwickelt, die eine Volumenvergrößerung bei dem Abbindevorgang von ca. 2% aufweisen.

Der Verlauf der Tränkbohrlöcher beeinflusst unter Umständen die Wirksam-

keit der Langfrontränkung. Es wurden mehrere Bohrlöcher vermessen. Dabei wurden Abweichungen von der Bohrachse bis zu 36 m festgestellt.

In den Betriebsversuchen war die Wirksamkeit der Langfrontränkung über nur ein langes Bohrloch aus einer Strecke

den bisherigen Verfahren mit Bohrlöchern aus beiden Abbaubegleitstrecken gegenüberzustellen. Es zeigte sich, daß bei der Tränkung über nur ein langes Bohrloch gegenüber der Tränkung aus beiden Abbaubegleitstrecken die Wirksamkeit in Bezug auf die Staubbekämpfung geringer ist; dieser Nachteil kann

aber über eine Erhöhung der aufgegebenen spezifischen Wassermenge ausgeglichen werden. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, daß grundsätzlich bei einer Erhöhung der aufgegebenen spezifischen Wassermenge die Feinstaubentwicklung reduziert wird.

Drilling of long holes for systematic water infusion of coal

STEINKOHLLENBERGBAUVEREIN, ESSEN, GERMANY

Contract No 7260-02/054/01

Duration: 1.1.89 - 31.12.91

Comprehensive investigations and engineering improvements were implemented under this research project on the systematic production of long infusion boreholes. The underground tests took place in face areas of Friedrich Heinrich (Ruhrkohle Niederrhein AG) and Auguste Victoria (BASF) collieries with the support of their managements and special departments and flanked by tests on the test rigs of the DMT Institute of Dust Prevention, Dangerous Materials, and Ergonomics. The face areas selected were situated in the Girondelle 5 seam of Friedrich Heinrich Colliery and in the Zollverein 6 seam (EB: Zv. 7/8) of Auguste Victoria.

The starting point of our investigations was the recent development in underground layouts which tend to be more and more of a Z configuration, with a single gateroad driven in advance. This limits infusion into longwall faces to just one gateroad and has necessitated the additional application of immediate infusion methods in parts of the face up to this day.

Improvements in the "infusion into the coal front" for dust precipitation necessitated, however, comprehensive investigations in the fields of waterbased hydraulics, drive systems and drilling technology.

The first step towards optimizing the engineering side consisted in an improved flushing equipment. By widening the slurry passage through the drillpipes and by a modified pipe coupling it was possible to reduce resistance of the drillpipes to the flushing flow. Integration of a flushing pump in the control stand helped to boost the slurry pressure.

Having provided this, we had to adapt the multi-purpose flushing drillpipe system to the envisaged utilization of more powerful drilling engines. Rig tests had shown, in fact, that the drillpipe connections (square, 18) were not apt to transfer higher torques. Our efforts, therefore, focussed on providing more powerful drillpipe connections. Improvement was brought about finally by some change to the geometry of the square connection profile using a 21 square connection piece.

Only after this work had been completed we could tackle the development of a more powerful drilling engine. After a preliminary study we designed and tested an 18 HP engine. During the first practical trials the combination of the aforesaid development items turned out to be well apt to systematically produce longwall face infusion boreholes of more than 100 m length.

Jammed and no longer recoverable drillpipes are a considerable risk potential

in every face area. Friedrich Heinrich colliery had developed a debugging drillpipe system by which they were able to recover at several instances jammed drillpipes up to a length of 62 m.

The success of longwall infusion depends on an impeccable borehole sealing. An appropriate cement was developed with the support of two suppliers, in the form of novel-type cementitious blends exhibiting an approx. 2 % volume expansion during setting.

Orientation of the infusion boreholes may also influence on the efficiency of longwall infusion. We measured several boreholes and found deviations of up to 36 m from the borehole axis.

The practical tests were aimed at confronting the efficiency of longwall infusion through just one long borehole from a single gateroad to the previous methods of boreholes from both of the gateroads. It turned out that infusion through a single long borehole is inferior to the infusion from both of the gateroads, as far as dust precipitation is concerned. This drawback may, however, be set off by increasing the specific feed water volume. It was furthermore verified that, by principle, any increase in the specific feed water volume helps to reduce the fine dust make.

Infusion systématique du massif de charbon par longs trous

STEINKOHLBERGBAUVEREIN, ESSEN, ALLEMAGNE

Contrat n° 7260-02/054/01

Durée: 1.1.89 - 31.12.91

Dans le cadre de ce projet de recherches on a réalisé des études et progrès techniques pour l'appareillage servant au forage des trous longs d'infusion. Les essais de fond ont eu lieu dans des chantiers des sièges respectivement Friedrich Heinrich (Ruhrkohle Niederrhein AG) et Auguste Victoria (BASF) avec l'appui de leurs directions et départements spécialisés et étaient accompagnés d'essais à la station expérimentale de la Société DMT (institut pour la lutte contre les poussières, matières dangereuses et ergonomie). Pour les essais souterrains on avait choisi des chantiers dans la veine Girondelle 5 (siège Friedrich Heinrich) et dans Zollverein 6 (EB: Zv. 7/8) (siège Auguste Victoria).

Le point de départ de nos études a été la tendance récente de l'aménagement des ouvrages souterrains allant, de plus en plus, vers des chantiers en forme de Z, donc avec une seule galerie de veine creusée à l'avance. Ce système restreint l'application de l'infusion à longue taille à partir d'une seule galerie dont s'ensuit qu'à ce jour on a dû recourir, comme mesure supplémentaire, à l'infusion immédiate dans des tronçons donnés de la taille.

Les améliorations de la lutte contre les poussières par "infusion d'eau dans le front de taille", ont dû être précédées de recherches extensives dans le domaine respectivement de l'hydraulique à l'eau, dans les technologies d'entraînement et de forage.

Le premier pas vers l'optimisation du côté appareillage a été un dispositif amé-

lioré de rinçage. Dans ce but on a élargi le passage de l'eau de rinçage à travers les tuyaux de forage et modifié leurs accouplements, ce qui a valablement réduit la résistance au flux de rinçage dans les tuyaux. Une pompe de rinçage a été intégré dans le pupitre de commande pour augmenter la pression du fluide de rinçage.

Ceci fait, on avait adapté la tuyauterie de forage à but multiple à l'utilisation envisagée de moteurs de forage plus puissants. Dès les essais préliminaires il s'était avéré, en effet, que les accouplements existants (type rectangulaire 18) ne permettaient pas la transmission d'un couple plus élevé. Nos efforts se sont, par conséquent, axés sur le développement d'accouplements plus puissants. Le résultat espéré a été atteint par le changement de la géométrie de la pièce de raccordement rectangulaire en y introduisant une pièce rectangulaire du type 21.

Ce n'était qu'après terminaison de cette recherche qu'on a pu s'attaquer au développement d'un moteur de forage plus puissant. Après une étude préliminaire on a conçu et essayé un moteur 18 CV. En assujettissant une combinaison des développements ci-dessus mentionnés à l'essai nous avons constaté qu'elle permettait sans difficulté la production systématique des trous de forage d'une longueur de plus de 100 m pour l'infusion des tailles longues.

Les tuyaux de forage bloqués et plus récupérables représentent un risque po-

tentiel élevé pour tout chantier d'exploitation. Le siège Friedrich Heinrich a porté remède à ce problème par le développement d'une tuyauterie de déblocage ayant permis, à maintes reprises, la récupération de tuyaux bloqués jusqu'à une longueur de 62 m.

Le succès de l'infusion à taille longue dépend d'une étanchéisation impeccable des trous de forage. Dans ce but on a copéré avec deux fournisseurs pour développer des mélanges de ciments nouveaux caractérisés par une expansion du volume d'environ 2 % au cours de la prise.

L'orientation des trous d'infusion pourrait, elle aussi, influencer sur l'efficacité de l'infusion à tailles longues. Nous avons mesuré un certain nombre de trous de forage et trouvé des déviations de l'axe de forage jusqu'à 36 m.

Nos essais sur place ont visé à comparer l'efficacité de l'infusion à taille longue à l'aide d'un seul forage long et à partir d'une seule galerie avec les procédés habituels avec trous de forage à partir des deux galeries de veine. Il s'est avéré que l'infusion à travers un seul trou long est inférieure à celle à partir de deux galeries de veine, en ce qui concerne la précipitation des poussières. Il est quand même possible de compenser ce désavantage par une augmentation de la quantité spécifique d'eau utilisée. Nous avons pu vérifier, de plus, que, en principe, toute augmentation de la quantité spécifique d'eau réduira le développement de poussières fines.

Anpassung des Wasserdurchsatzes an den Gewinnungsstrom

CERCHAR, REUIL-MALMAISON, FRANKREICH

Vertrag Nr.: 7260-02/056/03

Dauer: 1.7.88 - 1.7.91

DARSTELLUNG DER FORSCHUNGSARBEITEN

Die Staubbekämpfungssysteme der in der Reviergesellschaft Lothringen eingesetzten Schrämmwalzenlader haben einen gleichbleibenden Wasserdurchsatz; daher ist die eingesetzte Wassermenge wenig bedarfsgerecht:

- bei einer hohen Gewinnungsleistung ist der Durchsatz manchmal unzureichend,
- wenn die Maschine langsam oder im Leerlauf dreht ist der Durchsatz zu hoch, was sich am Strebfuß und im gesamten Fördersystem störend auswirkt.

Mit der Forschung sollen daher hauptsächlich Möglichkeiten zur Anpassung des Bedüsungswasserdurchsatzes an den Gewinnungsstrom untersucht werden, um so die Staubbelastung in den Streben zu verringern und gleichzeitig Reibungsentzündungen vorzubeugen.

FORSCHUNGSMETHODE

Gegenstand der Forschungsarbeiten waren folgende drei Aspekte:

- Optimierung der Schrämwälzen
- Optimierung des Bedüsungssystems der Schrämwälzen
- Versuche zur Kopplung des Wasserdurchsatzes an den Gewinnungsstrom.

OPTIMIERUNG DER SCHRÄMWÄLZEN

Der Walzentyp, mit dem eine Schrämmaschine ausgestattet ist, bestimmt maßgeblich deren Gewinnungs- und Ladeigenschaften, jedoch auch die Staubbildung.

Die Optimierung der Schrämwälzen wurde durch die Entwicklung neuer Schrämmeißel und eines neuen Schemas für die Anordnung der Meißel entsprechend zur erhöhten Fahrgeschwindigkeit der Walzenlader angestrebt. Hierzu wurde größtenteils das Programm PC DRUM benutzt, das in Zusammenarbeit mit der Ecole des Mines in Paris und dem INERIS ausgearbeitet wurde.

Die Untersuchungen haben eine geringere Staubbildung bei gleichzeitig verbesserter Korngrößenverteilung ergeben.

Die Meißel selbst waren Gegenstand eingehender Untersuchungen, wobei auf frühere Arbeiten zurückgegriffen wurde, die im Ausland insbesondere in England, durchgeführt worden waren. Aufgrund der Untersuchungen haben wir neue größere und längere Meißel für die neue Schrämladergeneration spezifiziert (Geschwindigkeit bis zu 14 m/min. Leistung des Schrämkopfs bis zu 450 kW).

Mit diesen Walzen mit geringerer Meißelzahl (72 lange Meißel anstelle von 118 herkömmlichen Meißeln bei einem Walzendurchmesser von 2340 mm) ist jetzt der Walzenschrämlader Electra 2000 ausgestattet (Gesamtleistung 1200 kW).

OPTIMIERUNG DER BEDÜSUNGSSYSTEME AN DEN SCHRÄMWÄLZEN

Parallel zur Entwicklung von Walzen mit hoher Gewinnungsleistung wurde an

der Optimierung des Bedüsungssystems gearbeitet, um gleichzeitig Staub niederzuschlagen und Reibungsentzündungen zu verhindern.

Bei den Forschungsarbeiten wurde von den Versuchen ausgegangen, die im Vereinigten Königreich mit Düsen in der Walzenachse und in der Bundesrepublik Deutschland mit Düsen im Schraubengang durchgeführt worden waren. Aufgrund von Versuchen unter unserer Versuchsbedingungen und mit unseren Anlagen haben wir uns für die Walze mit Düsen im Schraubengang unter Beibehaltung der Bedüsung hinter den Meißeln entschieden.

VERSUCHE ZUR KUPPLUNG DES WASSERDURCHSATZES AN DEN GEWINNUNGSSTROM UND ZUR BEGRENZUNG DER INGESETZTEN WASSERMENGE

Wasserversorgung der Walzen

Nachdem verschiedene Möglichkeiten untersucht worden waren, haben wir uns dafür entschieden, an den neuen Schrämwälzenladern eine mitgeführte Druckerhöhungspumpe zu installieren, die eine Weiterverwendung des Kühlwassers für die Bedüsung ermöglicht; dies hat zahlreiche Vorteile:

- der Wasserdruck in der Zuleitung bis zur Maschinen bleibt niedrig;
- die zur Kühlung und Staubbekämpfung erforderliche Wassermenge bleibt gering.

Die Versuche haben ergeben, daß eine Pumpe geeignet wäre, die 260 l/min Wasser mit einem Druck von 60 bar liefern kann. Eine solche Pumpe soll erprobt werden.

Bedüsungsverfahren

Erprobt wurden die sektorielle und die sequentielle Bedüsung.

Beide Systeme bewirken eine Wassereinsparung (von 20 bis 30%).

Leider mußten sie wegen des raschen Verschleißes ihrer Bauteile bald außer Betrieb gesetzt werden.

Während die sequentielle Bedüsung für die Zukunft kaum in Betracht kommt, läßt sich die sektorielle Bedüsung bei

gleichzeitiger Verwendung von gründlich ausgefiltertem und aufbereitetem Wasser in Betracht ziehen; dieses Problem ist Gegenstand einer anderen zur Zeit laufenden Forschung (7263-01/071/03).

Einstellung des Wasserdurchsatzes

In dieser Hinsicht wurde die Kupplung folgender Elemente untersucht:

- Kupplung der Druckerhöhungspumpe an dem Betrieb des Schrämwälzenladern,
- Kupplung des Wasserdurchsatzes an die Fahrgeschwindigkeit des Schrämwälzenladern,
- Kupplung des Wasserdurchsatzes an den Gewinnungsstrom.

Verschiedene Geräte wurden erprobt. Ergebnisse liegen vor, doch ist es uns nicht gelungen, ein Gerät zu entwickeln, das in allen denkbaren Phasen des Gewinnungszyklus absolut zuverlässig funktioniert.

Fernsteuerung des Zuflußventils für das Bedüsungswasser

Mit Hilfe dieser Vorrichtung kann der Schrämmaschinenführer den Wasserdurchsatz an den einzelnen Walzen den Betriebsbedingungen und dem Ablauf des Gewinnungszyklus anpassen.

Sie wird gegenwärtig an dem Schrämwälzenlader-Prototyp Electra 2000 in der Grube La Houve erprobt. Bisher sind die Versuche zufriedenstellend verlaufen.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Für die Zukunft sollte in Hochleistungsstreben mit raschem Abbaufortschritt eine Hochdruckbedüsung (mit einem Druck von 50 bis 100 bar) zur Verfügung stehen, damit eine wirksame Staubbekämpfung ohne übermäßigen Wasserdurchsatz erzielt werden kann.

Daher müßten Düsen mit kleinen Austrittsöffnungen verwendet werden; dies setzt voraus, daß auch im Untertagebetrieb die Wasserfilterung und Wasserqualität vollkommen beherrscht werden.

Künftige Forschungen auf diesem Gebiet sollten hierauf ausgerichtet werden.

Adaptation of water flow to the product output

CERCHAR, REUIL-MALMAISON, FRANCE

Contract No 7260-02/056/03

Duration: 1.7.88 - 1.7.91

PRESENTATION OF RESEARCH

The dust-neutralizing systems of the shearers in use at the Houillères du Bassin de Lorraine are of the fixed-flow type, giving rise to unsatisfactory management of the quantity of water used:

- the flow is sometimes insufficient when there is a greater quantity of coal being worked.
- the flow is excessive when the machine is advancing slowly or without load, leading to problems at the foot of the face and over the whole of the transportation system.

Therefore, the principal object of the research was to examine means of adjusting water flow as a spray to the quantity of products worked, with a view to reducing dust production for long faces while still effectively combatting the risks of frictional ignitions.

METHODOLOGY OF THE RESEARCH

The research followed three lines of approach:

- Optimization of the cutting drums,
- Optimization of the modes of spraying the drums,
- Attempts to interlock the water flow to the quantity of products being worked.

OPTIMIZATION OF THE CUTTING DRUMS

The type of drums used on the cutting machine determines its ability to cut and load the worked products; it also affects the quantity of dust produced.

Optimization of the drums was researched by means of the fitting of new picks and new arrangements of picks in conjunction with an increase in the speed of advance of the shearers. To this end, there was great use made of the PC DRUM software programme, produced in

collaboration with the Ecole des Mines de Paris and INERIS.

From these studies resulted a reduction in the quantity of dust produced, with a correlative improvement in granulometry.

In particular, the picks themselves were the subject of advanced research, carrying on from work already carried out abroad, especially in Britain. This research led us to design new picks, thicker and longer, for the new generation of fast shearers (speeds of up to 14 m/min with a cutting head power of up to 450 kW).

These drums with a reduced number of picks (72 long picks instead of the conventional 118 picks for a diameter of 2340 mm) are now fitted to the Electra 2000 shearer (total power 1200 kW).

OPTIMIZATION OF THE MODES OF SPRAYING THE DRUMS

In conjunction with the development of high-performance cutting drums, the optimization of the mode of spraying was researched with the aim to simultaneously achieve the laying of dust and the battle against the frictional ignitions.

The research was based on the testing of venturis integrated into the axis of the drum as carried out in Britain and the testing of venturis into the skirt of the drum as carried out in Germany. The tests which were carried out under our conditions and using our equipment led us to retain the drum with venturis integrated into the skirt with retention of spraying taking place behind the picks.

ATTEMPTS TO INTERLOCK THE WATER FLOW TO THE QUANTITY OF PRODUCTS BEING CUT AND TO LIMIT THE QUANTITY OF WATER BEING USED

Feeding water to the drums

After having looked at and tested several possibilities, for new shearers the choice fell on the integration of an on-board booster pump allowing the reuse of the cooling water for spraying purposes,

which brought several advantages:

- limiting the water pressure between the network and the machine,
- limiting the quantity of water necessary for cooling and neutralizing dust.

The tests showed that a pump capable of supplying 260 l/min of water at 60 bars should be suitable. Such a pump will be put to the test.

Modes of spraying

The tests concerned the use of sectorial and sequential modes of spraying.

These two devices proved their effectiveness in relation to the reduction of quantity of water used (a gain of between 20 and 30 %).

Unfortunately they had to be taken out of service after a short time because of the rapid wear of their components.

If a sequential mode of spraying seems difficult to be envisaged for the future, it is possible to envisage the use of the sectorial mode in parallel with the use of finely filtered and treated water, a problem which is the subject of another research project (7263-01/071/03).

Regulating water-flow rates

In this field the research was aimed at interlock:

- of the booster pump to the operation of the shearer,
- of the water flow to the advance speed of the shearer,
- of the water flow to the quantity of products being cut.

Various equipments were tested. Results were obtained, but it was not possible to set up a perfectly reliable device to cover all of the circumstances which may arise in the course of the cutting cycle.

Remote control of the operating valve for the spray

This device makes it possible to vary the water flow over one and/or the other drum as a function of the site conditions and the stage of the cutting cycle.

At present this is being tested on the Electra 2000 prototype shearer at U.E. La Houve. At the moment it is satisfactory.

CONCLUSION

For the future, in high-production faces with a rapid rate of advance, it will

be necessary to have a high-pressure spray (50 - 100 bars) available for the purposes of obtaining a good level of effectiveness in the battle against dust carried out without excessive water flow rates.

Therefore, it will be necessary to use nozzles with reduced outlet diameters,

which is, in the final analysis, dependent on the perfect control of the filtration and the quality of the water.

The research work of the future to be carried out in this field will have to follow this direction.

Adaptation du débit d'eau à la quantité de produits abattus

CERCHAR, REUIL-MALMAISON, FRANCE

Contrat n° 7260-02/056/03

Durée: 1.7.88 - 1.7.91

PRÉSENTATION DE LA RECHERCHE

Les systèmes de neutralisation des poussières des haveuses en service aux Houillères du Bassin de Lorraine sont à débit d'eau fixe, d'où une gestion imparfaite de la quantité d'eau utilisée:

- débit parfois insuffisant lorsque la production de charbon est importante,
- débit trop important lorsque la machine avance lentement ou à vide, d'où des nuisances au pied de taille et sur l'ensemble du circuit de déblocage.

La recherche a donc eu pour objet principal d'examiner les moyens d'adapter le débit d'eau pulvérisé à la quantité de produits abattus, dans l'optique de réduire l'empoussiérage des longues tailles tout en luttant efficacement contre les risques d'inflammations frictionnelles.

MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

La recherche a comporté trois volets:

- Optimisation des tambours d'abattage.
- Optimisation des modes d'arrosage sur les tambours.
- Essais d'asservissement du débit d'eau à la quantité de produits abattus.

OPTIMISATION DES TAMBOURS D'ABATTAGE

Le type de tambours équipant la machine d'abattage conditionne son aptitude à abattre et charger les produits abattus, mais également le niveau de production de poussières.

L'optimisation des tambours a été recherchée à travers la mise au point de nouveaux pics et de nouveaux schémas de pics en parallèle avec l'accroissement des vitesses de déplacement des haveuses. À cet effet, le logiciel PC DRUM, mis au point en collaboration avec l'École des Mines de Paris et l'INERIS, a été largement utilisé.

Il est résulté de ces études une réduction de la quantité de poussières produites et corrélativement une amélioration de la granulométrie.

Les pics eux-mêmes, en particulier, ont fait l'objet de recherches poussées, à partir de travaux déjà réalisés à l'étranger et notamment en Angleterre. Ces recherches nous ont amenés à définir de nouveaux pics, plus gros et plus longs pour la nouvelle génération de haveuses rapides (vitesse pouvant atteindre 14 m/min, puissance de la tête d'abattage jusqu'à 450 kW).

Ces tambours à nombre de pics réduits (72 pics longs au lieu de 118 pics traditionnels pour un diamètre de 2 340 mm) équipent maintenant la haveuse Electra 2 000 (puissance totale 1 200 kW).

OPTIMISATION DES MODES D'ARROSAGE SUR LES TAMBOURS

En parallèle avec le développement de tambours performants à l'abattage, l'optimisation du mode d'arrosage a été recherchée avec pour objectif de réaliser simultanément l'abattage des poussières et la lutte contre les inflammations frictionnelles.

Les recherches se sont appuyées sur les essais de venturis incorporés dans l'axe du tambour effectués au Royaume-Uni et les essais de venturis incorporés dans la jupe du tambour effectués en

R.F.A. Les essais réalisés dans nos conditions et avec nos équipements nous ont conduits à retenir le tambour à venturis incorporés dans la jupe avec l'arrosage derrière les pics conservé.

ESSAIS D'ASSERVISSEMENT DU DÉBIT D'EAU À LA QUANTITÉ DE PRODUITS ABATTUS ET DE LIMITATION DE LA QUANTITÉ D'EAU UTILISÉE

Alimentation en eau des tambours

Après avoir examiné et testé diverses possibilités, le choix s'est porté, pour les nouvelles haveuses, sur l'implantation d'une pompe surpresseuse embarquée permettant de réutiliser l'eau de refroidissement pour l'arrosage, ce qui présente de nombreux avantages :

- limitation de la pression d'eau depuis le réseau jusqu'à la machine,
- limitation de la quantité d'eau nécessaire au refroidissement et à la neutralisation des poussières.

Les essais ont montré qu'une pompe capable de fournir 260 l/min d'eau à 60 bars devrait convenir. Une telle pompe va être mise à l'essai.

Modes d'arrosage

Les essais ont porté sur l'utilisation des modes d'arrosage sectoriel et séquentiel.

Ces deux dispositifs ont prouvé leur efficacité relativement à la diminution de la quantité d'eau utilisée (gain de 20 à 30 %).

Malheureusement ils ont dû être rapidement mis hors service du fait de l'usure rapide des composants.

Si un mode d'arrosage séquentiel paraît difficile à envisager dans l'avenir, l'utilisation du mode sectoriel est à envisager en parallèle avec l'utilisation d'eau finement filtrée et traitée, problème qui fait l'objet d'une autre recherche en cours (7263-01/071/03).

Régulation des débits d'eau

Dans ce domaine, les recherches ont porté sur l'asservissement:

- de la pompe surpresseuse à la marche de la haveuse,
- du débit d'eau à la vitesse de déplacement de la haveuse,
- du débit d'eau à la quantité de produits abattus.

Divers matériels ont été testés. Des résultats ont été obtenus, mais il n'a pas été possible de mettre au point un dispositif parfaitement fiable dans tous les cas de figure pouvant être rencontrés durant le cycle de havage.

Télécommande de la vanne de mise en service de l'eau d'arrosage

Ce dispositif permet au haveur de faire varier le débit d'eau sur l'un et/ou l'autre tambour en fonction des conditions du chantier et du déroulement du cycle de havage.

Il est actuellement à l'essai sur la haveuse prototype Electra 2000 à l'U.E. La Houve. Il donne satisfaction pour l'instant.

CONCLUSION

Pour l'avenir, dans les tailles à haute production avançant rapidement, il faudra pouvoir disposer d'un arrosage à pression importante (50 à 100 bars) afin d'obtenir une bonne efficacité dans la lutte contre les poussières avec des débits d'eau qui ne soient pas excessifs.

Il faudra donc utiliser des buses à diamètre de sortie réduit, ce qui passe par la maîtrise parfaite, dans les conditions du fond, de la filtration et de la qualité de l'eau.

Les travaux de recherche à venir dans ce domaine sont à orienter dans ce sens.

Einfluss des Feinanteils lungengängiger Stäube aus das Pneumokonioserisiko

CERCHAR, REUIL-MALMAISON, FRANKREICH

Vertrag Nr.: 7260-03/061/03

Dauer: 1.11.88 - 31.10.90

Unter den Faktoren, die für die Abschätzung des Pneumokonioserisikos eine Rolle spielen könnten, kommt auch die mehr oder weniger große "Feinheit" der im Alveolarbereich deponierten Stäube in Betracht. Daher wird die Entwicklung einer im Feld anwendbaren Methode angestrebt, durch die sich bei Staubproben der Feinheitsgrad der Alveolardeposition bestimmen läßt; sie ist als Ergänzung zu den vorgeschriebenen Staubmessungen gedacht.

Da in den französischen Steinkohlengruben für Routinemessungen Geräte mit einem sich drehenden Schaumstofffilter verwendet werden, wurde zunächst eine Apparatur aus zwei solchen hintereinander geschalteten CIP-10-Geräten benutzt. Eine Untersuchung dieser Apparatur durch mathematische Simulation ergab, daß sie nur in Ausnahmefällen brauchbare Ergebnisse bringt. Daher wird auf diesem Wege nicht weiter geforscht.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Messung der Freien Oberfläche einer

mit dem CIP-10-Schaumstofffilter gesammelten Staubprobe. Zu diesem Zweck mußte zunächst eine Methode zur Extraktion der im Filter deponierten Stäube gefunden werden und anschließend - angesichts der geringen zur Verfügung stehenden Masse - eine Möglichkeit zur Messung der Oberfläche.

Verschiedene Methoden zur Extraktion der im Filter deponierten Stäube wurden untersucht. Wir haben uns dabei auf Nasse verfahren mit und ohne unterstützende Maßnahmen (z.B. Einsatz von Ultraschall) beschränkt. Schließlich wurde als Methode das Schütteln in einer Flüssigkeit unter Beimischung einer grenzflächenaktiven Substanz in einer Konzentration nahe der kritischen Mizellarkonzentration ausgewählt und optimiert. Das Schütteln erfolgt auf sehr kontrollierte Weise mit Hilfe eines unter der Bezeichnung "Turbula" bekannten Spezialgeräts. Nach drei aufeinanderfolgenden Extraktionsvorgängen wird die Suspension durch eine mikroporöse Membran gefiltert, auf der sich die Staub-

probe sammelt. Der gewichtsanalytische Wirkungsgrad der Methode betrug bei einem Testpulver (Tonerde) und bei verschiedenen Grubenstaubproben 98 % mit einem Variationskoeffizienten von 3 %.

Für die aus dem Schaumstofffilter gewonnene Staubprobe bietet sich wegen ihrer geringen Masse zur Messung der Oberfläche die "dynamische BET-Methode" an. Die Durchführbarkeit dieser Methode steht fest, ihre routinemäßige Anwendung setzt jedoch die Konzeption einer besonders kleinen Meßkammer voraus, die zur Aufnahme der verfügbaren Staubmenge von nur einigen Milligramm geeignet ist. Außerdem herrscht noch Ungewißheit, ob die Methode auf Grubenstäube anwendbar ist, deren Mikroporen teilweise für die bei der dynamischen BET-Methode benutzten Stickstoffmoleküle offen sind. Für den Fall, daß diese Vorbehalte ausgeräumt werden können, stünde ein routinemäßig anwendbares Verfahren zur Verfügung, mit dem sich die Oberfläche von Staubproben der Fraktion "Alveolardeposition" messen ließe.

The importance of the fine fraction of respirable dust in causing pneumoconiosis

CERCHAR, REUIL-MALMAISON, FRANCE

Contract No 7260-03/061/03

Duration: 1.11.88 - 31.10.90

Among the parameters that should be involved in the evaluation of the pneumoconiosis risk, the "fineness" of the dust deposited in the alveolar airways has to be taken into consideration. It is why we projected to study a method, usable in the field conditions, and be able to give an index of fineness for samples of the alveolar fraction of the airborne dust. Such a measurement would be a welcome complement to the dust concentrations measurements done on a regular basis.

In the French coal mines, the measuring instruments are mainly the CPM₃ and CIP₁₀ which work on the principle of a rotating foam. Accordingly, a first approach was to use a system of two CIP₁₀ in series with foam of various grades. But a study, using mathematical simulation, has shown that the system would be ineffective except for particular cases. No further research was done in that direction.

Another possibility to characterize the fineness of a dust sample is to measure its area. To follow that way, it was necessary to elaborate some method to extract the dust caught into the foam and then to be able to measure the area of the sample, the mass of which is usually small.

Several methods to extract the dust from the foam have been studied. The processes going through a liquid were selected and were studied with and without additive effects like using ultra sounds. Finally we chose and qualified a method of turbulent agitation in water containing surfactant with concentration near the critical micellar concentration. But that agitation is made in a well-controlled way in a special apparatus known as a "turbula". The suspension coming from three successive extractions is filtered through a microporous membrane and the dust is collected as a filter cake. The mass effi-

ciency of the process for a test dust (aloxite) on for mine dust is 98% with a coefficient of variation of 3%.

The filter cake could be scraped up but generally the resulting sample of dust has a small weight, too small to be measured by conventional BET method. Fortunately it was shown that the system called "BET-dynamical" was a solution, but only if a special sample holder of small dimensions is designed. On the other hand, we know that coal dust presents a microporosity, a part of which is accessible to the N₂ molecules used by the "BET dynamical". It will be necessary to evaluate the corresponding area and to compare with the external area of the dust. If these difficulties are solved, a method for measuring area or specific area of the alveolar fraction of the coal dusts could be designed and used as a routine basis.

Fraction fine des poussières respirables dans le risque pneumoconiotique

CERCHAR, REUIL-MALMAISON, FRANCE

Contrat n° 7260-03/061/03

Durée: 1.11.88 - 31.10.90

Parmi les facteurs qui pourraient intervenir dans l'appréciation du risque pneumoconiotique, la plus ou moins grande "finesse" des poussières déposées dans la zone alvéolaire est à considérer. Dans ce contexte, l'objectif visé est la mise au point d'une méthode de terrain qui viendrait en complément des mesures réglementaires et qui permettrait d'attribuer aux échantillons de poussières du dépôt alvéolaire un indice de finesse.

Compte tenu du fait que les mesures de routine dans les mines françaises utilisent des appareils à mousse rotative, une première tentative a été d'exploiter un appareillage constitué de deux CIP 10 en série. L'étude par simulation mathématique de ce montage a montré que son efficacité était limitée à des cas particuliers. Cette constatation a entraîné l'abandon de cette voie.

Une autre possibilité est de mesurer la surface exposée par l'échantillon de pous-

sières recueilli par la mousse du CIP 10. Pour aller dans cette direction il fallait mettre au point une méthode d'extraction des poussières déposées dans la mousse et ensuite être capable de mesurer leur surface compte tenu de la faible masse disponible.

Différentes méthodes d'extraction des poussières déposées dans les mousses rotatives du CIP 10 ont été étudiées. On s'est limité aux procédés passant par le milieu liquide avec ou non action d'effets adjuvants tels que l'emploi des ultra-sons. La solution choisie et qualifiée a été l'agitation en milieu liquide additionné de tensio-actif à une concentration proche de la concentration micellaire critique. Cette agitation se fait de façon très contrôlée dans un appareillage connu sous le nom de "Turbula". La suspension issue de trois extractions successives est filtrée sur une membrane microporeuse en vue de recueillir l'échantillon de poussières. L'efficacité pondérale de la méthode appliquée

à une poudre test (alumine) et à des échantillons de poussières de mine est de 98% avec un coefficient de variation de 3%.

Lorsque l'on dispose de l'échantillon extrait de la mousse, à cause de sa faible masse, la solution envisageable pour mesurer sa surface est le "BET dynamique". La faisabilité de cette approche a été établie, mais sa mise en œuvre en routine nécessite la conception d'une mini-cellule propre à recevoir les quelques milligrammes de poussières disponibles. D'autre part il subsiste une incertitude quant à l'application aux poussières de mine qui possèdent une microporosité dont une fraction pourrait être accessible aux molécules d'azote utilisées par le BET dynamique. Si ces réserves peuvent être levées, il sera possible d'avoir une méthode de mesure de la surface des échantillons de dépôt alvéolaire, applicable en routine.

Erfassung von Staubemissionen durch Kohlenbergbaubetriebe über Tage

BRITISH COAL CORPORATION, BURTON-ON-TRENT, ENGLAND

Vertrag Nr.: 7263-02/077/08

Dauer: 1.1.91. - 31.12.91

Es wurde eine Strategie erarbeitet, mit der die Staubexposition von Tagebau-Arbeitnehmern bewertet werden kann. Die Probenahme erfolgte an drei Betriebsstätten im Vereinigten Königreich. Dabei wurden kontinuierliche Staub- und Wetterüberwachungsgeräte sowie High-Volume-Sampler für die Konzentrationen lungengängiger und einatembarer Stäube verwendet. Um festzustellen, ob lokale Quellen die Umgebungstaubkonzentrationen erhöhen, werden in jedem Standort an gegenüberliegenden, relativ weit voneinander entfernten Betriebspunkten ermittelte Daten verglichen. Es zeigte sich, daß die Konzentration lungengängiger Stäube in der Luft stunden- oder tageweise schwankt. Lokale Staubquellen verursachten kurzfristige Spitzenwerte der Grundbelastung, trugen insgesamt jedoch nicht wesentlich zur mittleren Jahresdosis bei. In relativ geringen Abständen (Meter) von spezifischen Quellen konnten minimale Konzentrationserhöhungen festgestellt werden, doch der Staub verteilte sich schnell, und die Wirkung war nicht mehr festzustellen.

Staubquellen innerhalb oder außerhalb eines Geländes können lokalisiert und ihre relative Stärke kann festgestellt werden, wenn die Daten als Stundenmittelwerte ausgedrückt werden. Das OSIRIS-SA-Instrument erwies sich als geeignetes Meßgerät für die lungengängige Fraktion; zur Ermittlung der Quellen gröberer Staubfraktionen müssen jedoch noch weitere Instrumente entwickelt werden.

Die fast während des ganzen Jahres 1991 von 14 Überwachungsanlagen an drei Standorten ermittelten OSIRIS-Daten ergaben keinen Hinweis auf bedeutende lokale Emissionen von feinem lungengängigem Staub durch Bergbauarbeiten. Bei den Konzentrationen von lungengängigem Staub handelte es sich hauptsächlich um Umgebungskonzentrationen, die an den einzelnen Standorten oder sogar im Vereinigten Königreich unverändert waren. Die mittlere Konzentration von lungengängigem Staub betrug $39 \pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kalibriertes OSIRIS-Gerät); dieser Mittelwert der Daten aller drei Standorte liegt somit um Größenordnungen unter dem britischen

Grenzwert für berufsbedingte Exposition (Occupational Exposure Standard - OES) für Kohlenstaub von $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die höchsten Konzentrationen von lungengängigem Staub waren auf vom Festland herübergewehrte Staubpartikel zurückzuführen. Mehr als 40 % der Jahresdosis eines Arbeitnehmers waren auf die 20 % der Zeit zurückzuführen, in der der Wind vom Festland wehte. In mehreren Fällen wurden einzelne "Staubwolken" erkannt und auf ihrem Weg über das Vereinigte Königreich verfolgt.

Über einatembare Stäube lagen nur begrenzte Daten vor. Sie reichten jedoch aus, um zu zeigen, daß eine andere Konzentrationsverteilung vorliegt als bei lungengängigem Staub. So gab es Hinweise auf eine Erhöhung der Umgebungskonzentrationen durch lokale Quellen, insbesondere bei trockenem Wetter. Bei allen Proben von einatembarem Staub lagen die Konzentrationen jedoch weit unter den OES von $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Höchstwert $1,45 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Assessment of dust emissions from surface coal mining operations

BRITISH COAL CORPORATION, BURTON-ON-TRENT, ENGLAND

Contract No 7263-02/077/08

Duration: 1.1.91 - 31.12.91

A strategy has been developed, whereby workers' exposure to dust can be assessed, in open-air situations. Sampling was carried out at three operating sites across the United Kingdom, using continuous monitors of both dust and weather conditions, plus high-volume samplers of respirable and inhaleable dust levels. Data from opposite corners of each site were compared, to seek evidence of on-site sources adding to ambient dust levels. The monitoring demonstrated that airborne concentrations of respirable dust vary by the hour or day. On-site sources of dust added short-term spikes to instantaneous levels, but the net contribution to annual mean dose was insignificant. Minimal contributions to levels could be discerned, within metres of specific sources, but the dust was soon dispersed, and the effect lost.

The relative strength and direction of sources of dust on or off a site can be identified, if the data is temporally resolved to within hourly means. The OSIRIS SA instrument provided an adequate monitor of the respirable fraction, but similar resolution of sources of coarser fractions of dust requires the development of further instruments.

There was no evidence of significant on-site emissions of fine respirable dust from colliery operations, on the basis of OSIRIS data collected throughout most of 1991, using fourteen monitors at three different sites. Respirable dust levels were predominantly ambient levels, unchanged across sites, or even across the United Kingdom. Mean respirable dust concentration was $39 \pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (calibrated OSIRIS) averaged from all data at all three sites, orders of magnitude lower than

the UK Occupational Exposure Standard (OES) for coal dust $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

The highest levels of respirable dust resulted from intercontinental transport of particulate. Over 40% of a worker's Annual Dose was associated with the 20% of the time that winds blew from the direction of the continental landmass. Individual 'clouds' of dust were identified, and tracked across the UK, on more than one occasion.

Data from the inhaleable samplers was limited in number, but sufficient to show a different pattern to that from the respirable samplers. There was evidence of on-site operations adding to ambient levels, particularly in dry conditions. Nevertheless, all inhaleable samples were well below the OES of $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (maximum value $1.45 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Évaluation des émissions de poussières dues aux activités de surface

BRITISH COAL CORPORATION, BURTON-ON-TRENT, ANGLETERRE

Contrat n° 7263-02/077/08

Durée: 1.1.91 - 31.12.91

Une stratégie a été mise au point afin d'évaluer l'exposition des travailleurs aux poussières en situation de plein air. L'échantillonnage a été effectué sur trois sites du Royaume-Uni, à l'aide d'appareils de mesure en continu du niveau d'empoussiérement et de stations météorologiques, associés à des appareils à grand volume de prélèvement des poussières respirables et inhalables. Les données recueillies à des angles opposés de chaque site ont été comparées en vue d'établir l'existence de sources locales d'exposition accentuant le niveau d'empoussiérement ambiant. Les mesures réalisées ont montré que les concentrations de poussières respirables en suspension variaient d'une heure ou d'un jour à l'autre. Les sources locales d'empoussiérement entraînaient des pointes d'exposition dans les niveaux instantanés, mais leur apport net à la dose moyenne annuelle était négligeable. Des apports minimes ont pu être détectés dans un périmètre de quelques mètres autour de sources précises, mais les poussières se dispersaient facilement, supprimant tout effet tangible.

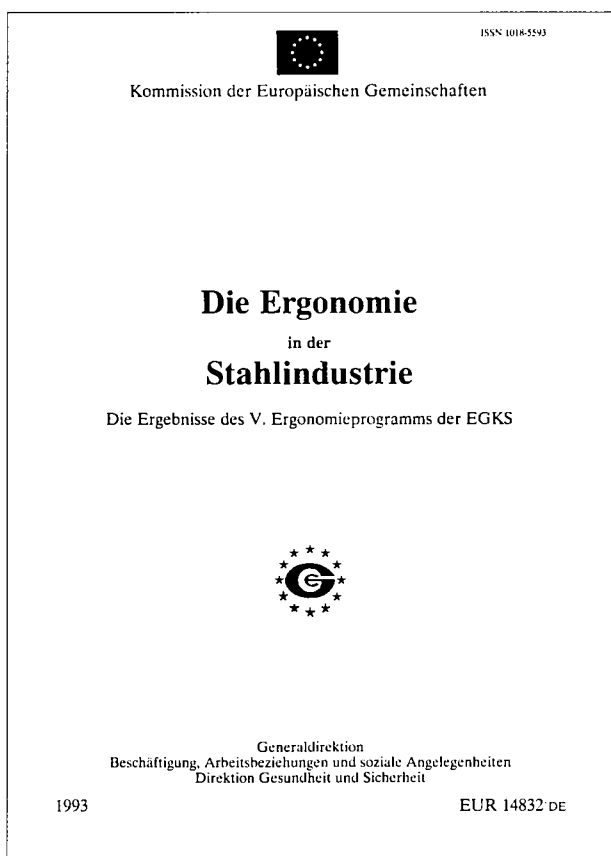
L'intensité et la direction relatives des émissions de poussières provoquées par des sources situées sur le site ou en dehors peuvent être déterminées si les données sont recueillies avec une résolution temporelle d'une heure ou moins. L'appareil OSIRIS SA permettait une mesure adéquate de la fraction de poussières respirables, mais une résolution similaire pour des sources de poussières plus grosses nécessite la mise au point d'autres instruments.

Les données recueillies au cours de la majeure partie de l'année 1991 sur les 14 appareils OSIRIS répartis sur les trois sites n'ont révélé aucune émission locale notable de poussières fines respirables due à des opérations minières. Les niveaux de poussières respirables étaient essentiellement des niveaux ambiants, ne variant pas d'un site à l'autre, ni même sur le territoire du Royaume-Uni. La concentration moyenne de poussières respirables établie à partir des moyennes de toutes les données recueillies sur l'ensemble des trois sites était de $39 \pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (appareil OSIRIS calibré), soit un ordre de grandeur inférieur à la norme britannique

d'exposition professionnelle (Occupational Exposure Standard) pour les poussières de charbon, qui s'élève à $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($2\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les niveaux les plus élevés de poussières respirables provenaient du transport intercontinental de particules. Une proportion de plus de 40% de la dose annuelle d'exposition des travailleurs est liée aux 20% du temps durant lesquels les vents soufflent en provenance des masses continentales. À plusieurs reprises, différents "nuages" de poussières ont été identifiés et suivis à travers le Royaume-Uni.

Bien que limitées en nombre, les données fournies par les appareils de prélèvement de poussières inhalables étaient suffisantes pour faire apparaître des différences par rapport aux poussières respirables. Il a été démontré que certaines opérations sur site contribuaient à l'augmentation du niveau d'empoussiérement ambiant, en particulier par temps sec. Néanmoins, les mesures de poussières inhalables restaient nettement inférieures à la norme d'exposition professionnelle, qui est de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (valeur maximale = $1,45 \text{ mg}/\text{m}^3$).



Europäische Gemeinschaften – Kommission

EUR 14832 – Die Ergonomie in der Stahlindustrie

Odette Berchem-Simon

Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften

1993 – XIV, 440 S., Tab., Abb. – 17,6 × 25,0 cm

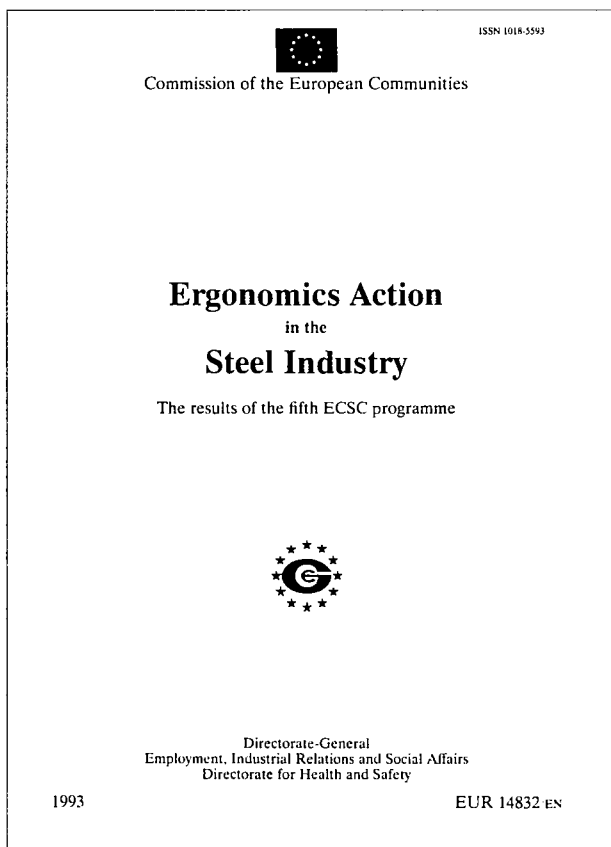
Serie: Gesundheit und Sicherheit

ISBN 92-826-5093-6

Preis in Luxemburg (ohne MwSt.): ECU 51

Im dem vorliegenden Band werden die Ergebnisse eines von der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl finanzierten und organisierten Ergonomieprogramms 1987–1992 mit der Zielsetzung: Verbesserung der Gesundheits- und Sicherheitsbedingungen und Steigerung der Lebensqualität in der Stahlindustrie vorgelegt. Es werden 39 Projekte aus dem ergonomischen Bereich präsentiert.

Bei den Berichten geht es hauptsächlich um die ergonomische Gestaltung der neuen technologischen Systeme, die seit kurzem Eingang in die Stahlherstellung gefunden haben und weiterhin finden, einschließlich des Einsatzes robotisierter Systeme. Zu den behandelten Gebieten gehören Warmbreitband-Walzwerke, Blechwalzstraßen, Stahlkonverter, Strangguß, Pfannenöfen, Beizanlagen, Glühanlagen und Transportsysteme. Ein höchst bedeutsamer Beitrag befaßt sich mit der Verringerung des Risikos biomechanischer Schädigungen im Zusammenhang mit verschiedenen körperlich anstrengenden Tätigkeiten, insbesondere Instandhaltungsarbeiten, die bei der Stahlherstellung immer noch zwangsläufig anfallen. In einer Reihe von Berichten werden „Expertensysteme“ für die Erkennung und Beseitigung von Mängeln der ergonomischen Gestaltung vorgestellt.



European Communities – Commission

EUR 14832 – Ergonomics Action in the Steel Industry

Odette Berchem-Simon

Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

1993 – XIV, 428 pp., num. tab., fig. – 17,6 × 25,0 cm

Health and safety series

ISBN 92-826-5094-4

Price (excluding VAT) in Luxembourg: ECU 51

This volume presents the results of a programme of ergonomics aimed at improved health, safety and quality of life in the steelmaking industry funded and organized by the European Coal and Steel Community which was completed during the period 1987 to 1992. Some 39 ergonomics action projects are presented.

The reports are in the main related to the ergonomic design of the new technological systems which recently have been, and continue to be, introduced into steelmaking, including the use of robotized systems. Areas covered include hot-rolled wide strip milling, sheet mills, converters, continuous casting, ladle furnaces, pickling plants, annealing lines and transport systems. There is also a very significant contribution related to the reduction of the risk of biomechanical damage associated with various physically strenuous activities, particularly maintenance, which are still intrinsic to steelmaking. A number of reports present 'expert systems' for the identification and rectification of ergonomic design faults.

FORSCHUNGSVERTRÄGE
RESEARCH AGREEMENTS
CONVENTIONS DE RECHERCHE

FÜNFTEN PROGRAMM "UMWELTSVERSCHMUTZUNG IM
STAHLWERK"
FIFTH PROGRAMME "POLLUTION IN THE STEEL INDUSTRY"
CINQUIÈME PROGRAMME DE RECHERCHE "POLLUTION EN
SIDÉRURGIE"

Minderung der NO_x-Emission bei Verbrennungsprozessen durch Eindüsung von Wasser

THYSSEN STAHL AG, DUISBURG, DEUTSCHLAND

Vertrag Nr.: 7261-01/431/01

Dauer: 01.01.89 - 31.12.90

Ziel dieses Forschungsvorhabens mit finanzieller Unterstützung der EGKS war es, die Möglichkeiten der NO_x-Minderung an technischen Flammen in Öfen der Eisen- und Stahlindustrie durch Eindüsung von Wasser in flüssiger oder dampfförmiger Form zu untersuchen.

Erste theoretische Berechnungen mittels eines neuerstellten einfachen mathematischen Modells zeigten für die Bildungsgeschwindigkeiten des Stickstoffmonoxides unter Berücksichtigung der aus der Literatur als bestimmend bekannten Reaktionsmechanismen den deutlichen Einfluß der Zugabe von Wasser als Kühlmedium für die Flamme. Für verschiedene hüttentechnische Gase ergaben sich unterschiedliche Minderungspotentiale in Abhängigkeit von der eingesetzten Wasserdampfmenge.

Im nächsten Schritt sind in labortechnischen Versuchen mit den gängigen Brenngasen eines integrierten Hüttenwerkes an verschiedenen Brennern Untersuchungen zur NO_x-Emission und der Minderung durch Wassereindüsung durchgeführt worden. Von den in der Eisen- und Stahlindustrie üblichen Brennern ist jeweils ein Typ mit dem Mischprinzip:

- Parallelstrom
- Kreuzstrom
- Wirbelstrom

untersucht worden.

Als Brenngase standen zur Verfügung:

- Koksofengas
- Konvertergas
- Mischgas (Hochofen, Erdgas)
- Erdgas,

die in Kombination mit den o.g. Brennern zum Einsatz kamen. Dabei wurden auch für eine Brenner-Brenngas-Kombination die Abhängigkeiten der Stickoxidproduktion von dem Luftfaktor, der Brennluftvorwärmung und der zugeführten Leistung untersucht.

Bei den Versuchen zeigten sich bei gleicher Brenngasbeaufschlagung grobe Unterschiede in der NO-Emission zwischen den einzelnen Brennertypen. Eindeutig stellte sich der Parallelstrombren-

ner bei allen eingesetzten Brenngasen als besonders NO-emittierend heraus. Auch das als besonders wenig NO_x-produzierende Erdgas führte zu Emissionswerten, die an die TA-Luft-Grenzwerte heranreichte. Wesentlich günstiger waren die Brennlufttypen Kreuz- und Wirbelstrombrenner, wobei letzterer auch bei dem Koksofengas die geringste Stickoxidemission erzeugte. Von den Brenngasen erwies sich das Koksofengas als stark NO_x-produzierend, wobei für Erdgas noch etwa 50% der Stickoxidmenge hiervon und ein hüttenübliches Mischgas mit einem Heizwert von 9.800 KJ/m³ nur etwa 20% mit dem gleichen Brenner gemessen worden sind.

Der Parallelstrombrenner zeigte in Kombination mit dem NO-trächtigen Brenngas bei der Wasser- bzw. Dampfeindüsung ein Minderungspotential von 50% bei Zusatzmengen von bis zu 60 g/m³ Brennluft. Nach den Erkenntnissen am Versuchsofen sind bei Wirbelstrombrennern, speziell in Deckenstrahlungsbrennern die niedrigsten NO-Emissionen zu verzeichnen, die bei Luftvorwärmtemperaturen bis zu 400 °C unter der Grenzkurve der TA-Luft für Wärmöfen der Stahlindustrie liegen.

Verbunden mit der Erhöhung des Wasserdampfanteils in der Flamme ist ein Anstieg des Emissionsgrades des Verbrennungsgases. Mittels Berechnungsmethoden für die Gasstrahlung bei verschiedenen Temperaturen sind die Emissionsgrade mit und ohne Wasserzusatz ermittelt worden, die im Verbrennungsgas bis zu 10% abhängig von der Brenngasart bei konstantem Luftfaktor ansteigen können. Diese erhöhte Emissionsfähigkeit des Verbrennungsgases könnte zumindest teilweise die Absenkung der Flammentemperatur bezüglich der Wärmeübertragung im Ofenraum kompensieren, so daß nicht unbedingt eine Erhöhung des Brennstoffeinsatzes im Wärmeprozess eintritt.

Im großtechnischen Versuch an einem Wärmofen für Stahlknüppel ist die Ofen-

zone mit der höchsten Brenngasmenge mit einer Dampfeindüsung in die Heizluftleitung ausgerüstet worden. Mittels einer automatischen Datenerfassung sind je 400 Stunden Betriebszeit des Ofens mit und ohne Dampfeindüsung in die vorgewärmte Brennluft erfaßt und ausgewertet worden. Eine globale Auswertung der aufgrund von NO- und O₂-Meßwerten berechneten NO₂-Emissionen zeigt bei der untersuchten Koksofengasfeuerung mit Parallelstrombrennern und Lufttemperaturen bis 250 °C ein Minderungspotential von bis zu 10%, wobei berücksichtigt werden muß, daß die Dampfeindüsung nicht für den ganzen Ofen installiert worden war. Eine Erhöhung des spezifischen Brennstoffbedarfs konnte an dieser Produktionsanlage aufgrund der Eindüsung von Wasserdampf nicht festgestellt werden. Unter Berücksichtigung des Brennstoffes für die Erzeugung des eingedüsten Dampfes in einem Kessel ergibt sich gesamtbetrieblich ein Mehraufwand an Energie von etwa 2,5%.

Die Eindüsung von Wasserdampf in die vorgewärmte Brennluft ist eine Maßnahme zur NO_x-Minderung, die dann sinnvoll einsetzbar ist, wenn die NO-Emissionen der Anlage nicht wesentlich über dem zulässigen Grenzwert liegen. Inwieweit der energetische Mehraufwand günstiger zu bewerten ist gegenüber dem Austausch der Brenner gegen sogenannte Low-Nox-Brenner, die nach bisherigen Erfahrungen ebenfalls einen Mehrverbrauch an Brennstoff mit sich bringen, ist je nach Anwendungsfall individuell zu prüfen.

Die Dampfeindüsung könnte als temporäre Maßnahme gegen NO_x-Spitzen, die die Halbstundenmittelwerte einer kontinuierlichen Messung gemäß TA-Luft belasten, sinnvoll sein, sofern die erreichte Minderung zum Unterschreiten der zulässigen Grenzwerte ausreicht. In diesem Fall kann der durch den Dampfeinsatz zeitweilige energetische Mehraufwand gegenüber dem ständigen Mehrverbrauch an Brennstoff durch Einsatz von Nox-armen Brennern wirtschaftlich sein.

Reduced emission of nitrogen monoxide through the injection of water during the combustion process

THYSSEN STAHL AG, DUISBURG, GERMANY

Contract No 7261-01/431/01

Duration: 01.01.89 - 31.12.90

The aim of this research project, which received funding from the ECSC, was to investigate ways of reducing NO_x flame emission in iron and steel industry furnaces by injecting water in liquid or steam form.

In the light of what is known from the literature regarding the controlling reaction mechanisms, initial theoretical calculations based on a newly designed simple mathematical model indicated the marked effect of adding water as a flame cooling medium on the rate of formation of nitrogen monoxide. For different metallurgical gases, there were found to be different rates of reduction potential depending on the volume of steam used.

The next step was to carry out laboratory tests using conventional combustion gases from an integrated metallurgical plant and a variety of burners, and thereby to investigate NO_x emission and the reduction effect of water injection. Of the various types of burner used in the iron and steel industries, one type each illustrating the following three mixing principles was used:

- parallel current
- cross current
- counter current

The following combustion gases were available:

- coke oven gas
- converter gas
- mixed gas (blast furnace plus natural gas)
- natural gas.

These were used in combination with the above burners. The dependent relationship between nitrogen production and the air factor, combustion air pre-heating and performance was investigated for a given combination of burner and combustion gas.

The test indicated substantially different NO emissions for the various burner types at a fixed rate of combustion gas emission. For all types of combustion gas, the parallel-flow burner proved to be a particularly marked source of NO emission. Even natural gas, generally seen as an unobjectional

producer of NO_x, gave emission readings up to the TA-Luft (German air pollution regulations) limits values. Much better readings were returned by the cross-flow and counter-current burners, with the latter also giving the lowest level of NO_x emission for coke oven gas. Of the various types of combustion gas, coke oven gas produced high levels of NO, while natural gas generated only half the amount of NO, and a conventional metallurgical mixed gas with a calorific value of 9800 KJ/m³ only some 20% with the same burner.

In combination with the top NO-producing combustion gas, the parallel-flow burner yielded - with water or steam injection - a reduction potential of 50% with the addition of up to 60 g/m³ combustion air. Furnace experiments show that the lowest level of NO emission can be obtained with counter-current burners, more particularly roof-mounted burners. NO emission here, with pre-heated air temperature of up to 400 °C, remain below the TA-Luft limit value curve for steel industry furnaces.

The increase in the proportion of steam in the flame goes hand in hand with an increase in the level of emission of the combustion gas. Using methods for computing the gas radiation at various temperatures, we worked out the levels of emission with and without added water, and found that these can increase in the combustion gas by up to 10% depending on the type of gas and with a constant air factor. This increased emissibility of the combustion gas might, to some extent at least, offset the lower flame temperature in terms of heat transfer in the furnace area, with the result that there may not necessarily be any increase in fuel input in the heating process.

In a large-scale trial on a steel billet reheating oven, the furnace zone with the highest combustion gas rating was equipped with steam injection facilities

into the hot air intake. Electronic data logging techniques were used to record and analyse 400 hours' worth each of furnace operation with and without steam injection into pre-heated combustion air. A global evaluation of the NO₂ emissions computed on the basis of NO and O₂ readings indicates a reduction of potential of up to 10% for the type of coke oven gas firing under investigation using parallel-flow burners and air temperatures of up to 250 °C. Although, it has to be borne in mind that the steam injection facility had not been installed for the entire furnace. No increase in the specific fuel requirements due to steam injection was ascertained on this production plant arrangement. Taking into consideration the fuel needed to generate the required steam in a boiler, the additional energy input for the plant as a whole can be put at something like 2.5%.

Injecting steam into the pre-heated combustion air is a way of reducing NO_x which makes sense provided the plant's NO emissions are not substantially above the maximum limit value. It will have to be decided on a case-by-case basis whether the additional energy input requirement is to be judged in a more positive light than installing burners of the "low-NO_x" type, which have likewise been shown to increase fuel consumption.

Steam injection might reasonably be used as a temporary means of dealing with NO_x peaks which have a detrimental effect on the half-hourly average readings under a TA-Luft continuous measuring system, but only where the resultant reduction is sufficient to bring the reading down to below the limit value. In such cases, the limited-duration additional energy input requirement caused by the use of steam might make economic sense when compared with the constant additional fuel consumption caused by the use of low-NO_x burners.

Réduction de l'émission d'oxydes d'azote dans les processus de combustion par injection d'eau

THYSSEN STAHL AG, DUISBURG, ALLEMAGNE

Contrat n° 7261-01/431/01

Durée: 1.1.89 - 31.12.90

L'objectif de ce projet de recherche co-financé par la CECA était d'étudier les possibilités de réduction des émissions d'oxydes d'azote produites par les flammes des fours de l'industrie sidérurgique, au moyen d'injections d'eau sous forme liquide ou de vapeur.

Les premiers calculs théoriques établis à partir d'un modèle mathématique simple nouvellement conçu ont montré que, compte tenu des mécanismes de réaction connus comme déterminants dans la littérature technique, l'apport d'eau sous forme d'agent de refroidissement de la flamme avait une nette influence sur la vitesse de formation du monoxyde d'azote. Le potentiel de réduction des émissions variait, pour les différents gaz utilisés dans la sidérurgie, en fonction de la quantité d'eau injectée.

Dans une seconde étape, des essais en laboratoire ont été réalisés sur différents brûleurs avec les gaz de combustion habituels d'une usine sidérurgique intégrée, afin d'étudier les émissions d'oxydes d'azote et leur réduction par injection d'eau. Ces études ont porté sur les différents types de brûleur couramment utilisés dans la sidérurgie, qui sont fondés sur les techniques de mélange suivantes:

- filets parallèles
- courants croisés
- courants tourbillonnaires.

Les gaz de combustion disponibles étaient les suivants:

- gaz de cokerie
- gaz de convertisseur
- gaz mixte (haut fourneau, gaz naturel)
- gaz naturel.

Ces gaz étaient employés en combinaison avec les types de brûleur susmentionnés. De plus, l'influence du facteur d'air, du réchauffage de l'air de combustion et de la puissance utilisée sur la production d'oxydes d'azote a été étudiée pour chacune des combinaisons brûleur/gaz de combustion.

Ces essais ont montré qu'avec le même apport de gaz de combustion, les émissions de monoxyde d'azote variaient considérablement selon le type de brûleur employé. Il est apparu clairement que, quel que soit le gaz de combustion utilisé, le brûleur à filets parallèles produisait des quantités de monoxyde d'azote particulièrement importantes. Même les valeurs obtenues avec le gaz naturel, dont la combustion dégage vrai-

ment peu d'oxydes d'azote, atteignaient les valeurs limites fixées en matière de lutte contre la pollution atmosphérique (T.A. Luft). Les brûleurs à courants croisés et à courants tourbillonnaires se sont révélés nettement meilleurs, ce dernier type étant celui qui, même en combinaison avec du gaz de cokerie, produisait le moins d'émissions d'oxydes d'azote. De tous les gaz de combustion, c'est le gaz de cokerie qui produisait le plus de monoxyde d'azote, les émissions d'oxydes d'azote mesurées avec le gaz naturel et un gaz mixte couramment employé en sidérurgie - dont le pouvoir calorifique est de 9 800 KJ/m³ - atteignant respectivement 50% et 20% de celles dégagées par le gaz de cokerie sur le même type de brûleur.

Avec un apport supplémentaire d'air de combustion allant jusqu'à 60 g/m³, l'injection d'eau ou de vapeur a permis de réduire les émissions de 50% sur un brûleur à filets parallèles alimenté avec le gaz de combustion émettant le plus d'oxydes d'azote. D'après les résultats obtenus dans les fours d'essai, c'est avec les brûleurs à courants tourbillonnaires et, plus particulièrement, avec ceux à plafond radiant, qu'on enregistre, pour des températures de réchauffage de l'air allant jusqu'à 400 °C, les valeurs les plus faibles pour les émissions d'oxydes d'azote, inférieures aux valeurs limites fixées aux fours de réchauffage par la réglementation en matière de lutte contre la pollution atmosphérique.

L'augmentation de la proportion de vapeur dans la flamme va de pair avec une hausse du taux d'émission de gaz de combustion. Des méthodes de calcul du rayonnement du gaz à différentes températures ont permis de déterminer les taux d'émission avec ou sans apport d'eau: dans des conditions d'apport d'air constantes, ce taux peut augmenter jusqu'à 10%, selon le type de gaz utilisé. Cet accroissement du taux d'émission du gaz de combustion pourrait compenser, tout au moins partiellement, la baisse de température de la flamme liée au transfert de chaleur à l'intérieur du four, si bien qu'il ne serait pas obligatoirement nécessaire d'augmenter la quantité de combustible utilisée dans le processus thermique.

Lors de l'essai effectué au niveau industriel dans un four de réchauffage à billettes, la zone du four comportant le plus de gaz de

combustion a été dotée d'un système d'injection de vapeur dans la conduite d'air chaud. Un système de saisie automatique de données a permis d'enregistrer et d'évaluer à chaque fois 400 heures d'exploitation du four, avec ou sans injection de vapeur dans l'air de combustion réchauffé. Une évaluation globale des émissions d'oxydes d'azote calculée à partir des mesures de NO et de O₂ a montré, pour la combustion de gaz de cokerie étudiée, une réduction possible des émissions pouvant atteindre 10% avec les brûleurs à filets parallèles et des températures d'air allant jusqu'à 250 °C - étant entendu que le système d'injection de vapeur n'était pas installé pour l'ensemble du four. Sur cette installation de production, il n'a été constaté aucune augmentation des besoins spécifiques en combustible liés à l'injection de vapeur d'eau. En tenant compte du combustible nécessaire à la production, dans une chaudière, de la vapeur injectée, le coût supplémentaire en énergie requis pour l'ensemble de l'exploitation est d'environ 2,5%.

L'injection de vapeur d'eau dans l'air réchauffé est une méthode de réduction des oxydes d'azote dont l'emploi se justifie si les émissions produites par l'installation ne sont que faiblement supérieures aux valeurs limites permises. Il convient de juger au cas par cas si ce coût supplémentaire en énergie est plus avantageux que l'installation de nouveaux brûleurs "à faible émission d'oxydes d'azote", lesquels, selon l'expérience disponible jusqu'ici, entraînent également une augmentation de la consommation en combustible.

À condition que la réduction obtenue permette de passer en dessous des valeurs limites permises, l'injection de vapeur pourrait se justifier comme mesure temporaire visant à éliminer les valeurs de crête d'oxydes d'azote; en effet, ce sont ces pointes qui font augmenter les valeurs moyennes relevées toutes les demi-heures, en continu, conformément aux prescriptions de la lutte contre la pollution atmosphérique. Dans ce cas le coût supplémentaire en énergie entraîné temporairement par l'emploi de vapeur pourrait s'avérer rentable par rapport à l'augmentation permanente de la consommation de combustible nécessitée par l'utilisation de brûleurs à faible émission d'oxydes d'azote.

Das Verhalten toxischer Metalle beim Plasmaschmelzen des in der Herstellung nichtrostender Stähle anfallenden Staubs und die Entwicklung lebensfähiger Entsorgungstechniken

BRITISH STEEL CORPORATION, ROTHERHAM, SOUTH YORKSHIRE, VEREINIGTES KÖNIGREICH

Vertrag Nr.: 7261-03/437/08

Dauer: 01.01.89 - 31.12.9

Ein Plasmaschmelzofen wurde 1988 bei BS-Stainless in Sheffield eingebaut und zwar mit dem Hauptziel in bezug auf das Recycling wertvoller Metalle (Cr, Ni, und Mo), die aus dem Staub stammen, der aus Vorschmelzöfen abgesaugt wird. Andere Metalle (Zn, Pb und Cd) werden in dem aus einem Plasmaofen abgesaugten Abgas angereichert, und deshalb sind sie in der Industrie für Verarbeitung eisenfreier Werkstoffe von großem Interesse, außerdem wird dadurch das Abladen potentiell toxischer Verunreinigungsmittel vermieden. Das Hauptziel dieses Vorhabens ist die Untersuchung des Verhaltens verschiedener Metalle im Schmelzprozeß gewesen, die bedeutend für die Umwelt sind.

Anhand einer Analyse der Produkte wie z.B. Metall, Tuchfilterstaub und Schlacke aus dem Schmelzprozeß konnte man nachweisen, daß die Prozeßmetallurgie gute Übereinstimmung zwischen den tatsächlichen Betriebsergebnissen und den theoretischen Vorhersagen zeigt. Man hat aber gewisse Schwierigkeiten wegen der kurzen Plasmabrennerhaltbarkeit angetroffen und deshalb mußte der Plasmabrenner durch eine Graphitelektrode ersetzt werden. Diese Veränderungen im Prozeß haben das Verhalten der toxischen Metalle während der Schmelzarbeiten nicht beeinflußt, und aus dem Grunde wurde dieses Forschungsprogramm entlang der bereits festgelegten Richtlinien fortgesetzt.

Man hat zwei großtechnische Versuche im Betrieb mit dem Gleichstrombrenner durchgeführt. Die Massengleichgewichte haben gezeigt, daß man die Schlüsselemente Cr, Ni, Mo, An, Pb und As gut begründen kann.

Das Umschmelzen des Abgasstaubs, der während des Verbrennens nichtrostender Stahlplatten erzeugt wird, und des ausgewählten mit Lichtbogen/AOD-Staub vermischten Blechwalzwerkstaub ist auch untersucht worden. Angesichts des hohen Nickelgehaltes ist der Blechwalzwerkstaub ein attraktiver Werkstoff für Recycling gewesen.

Die aus dem Kamin am Sekundärtuchfilter in die Atmosphäre ausströmenden Blei-, Kadmium- und Makroteilchenmissionen sind niedriger als 3,8 g/h, 0,2 g/h bzw. 4,0 mg/m³ gewesen, und sie liegen weit unter den vom britischen Gesetz (vom für Verunreinigung verantwortlichen I.M. Inspektorat) vorgeschriebenen Grenzen von 330 g/h für Blei, 80 g/h für Kadmium und 50 mg/m³ für die Gesamtmakroteilchen. Man hat die Quecksilberdampfemission zur Atmosphäre untersucht, und die Ergebnisse sind gleichbleibend und sollten keine Probleme mit sich bringen. Man hat auch den in der Luft befindlichen Staub und die toxischen Metalle in der Gleichstrom-Lichtbogenanlage untersucht. Obwohl manche Arbeiter einem Bleigehalt ausgesetzt worden sind, der über dem britischen Ak-

tionsniveau von 0,075 mg/m³ gelegen hat, geben die Ergebnisse in bezug auf Blei im Blut keinen Grund für Besorgnis.

Man hat das mögliche Recycling des Sekundärtuchfilterstaubs im Tetrronics-Plasmaschmelzwerk in Faringdon untersucht. Der durchschnittliche Zinkoxydgehalt im Tuchfilterstaub, der während dieser Versuche erzeugt wurde, hat zwischen 59% und 65% gelegen, und das definiert wahrscheinlich die Grenze der Zinkoxydkonzentration aufgrund aufeinanderfolgender Reduktions-/Verdampfungsbehandlungen.

Eine Auslauguntersuchung wurde ebenfalls durchgeführt, denn man wollte versuchen, die potentiellen Umweltgefahren abzuschätzen, die damit verbunden sein könnten, wenn im Schmelzvorgang produzierte Schlacke als Pflasterstein verwendet wird. Untersuchungen haben auch die potentiellen Umweltprobleme hervorgehoben, die mit dem unkontrollierten Abladen des Sekundärtuchfilterstaubs verbunden sind. Obwohl dies zur Zeit nicht das übliche Verfahren im SMACC-Werk ist, muß man sich diesen Problemen in der Zukunft widmen.

Zum Schluß hat man bessere analytische Methoden für den Nachweis von Arsen und Quecksilber im Staub entwickelt, der in der Herstellung nichtrostender Stähle anfällt.

The behaviour of toxic metals during the plasma smelting of stainless steelmaking dust and the development of viable disposal practices

BRITISH STEEL CORPORATION, ROTHERHAM, SOUTH YORKSHIRE, UNITED KINGDOM

Contract No 7261-03/437/08

Duration: 01.01.89 - 31.12.91

A plasma smelting furnace was installed at BS Stainless, Sheffield in 1988 with the primary purpose of recycling the valuable metals (Cr, Ni and Mo) arising in the dust extract from the primary melting furnaces. Other metals (Zn, Pb and Cd) are enriched in the fume extracted from the plasma furnace making them at-

tractive to the non-ferrous smelting industry and thus avoiding the tipping of potentially toxic pollutants. The main objective of this project has been to examine the behaviour of a range of environmentally important metals in the smelting process.

Analysis of the products from the

smelting process, i.e. metal, bag-filter dust and slag show that the process metallurgy displayed good agreement between the actual operating results and the theoretical predictions. However there have been some operational difficulties due to the short lift times of the plasma torches, resulting in the plasma torch being re-

placed by a single graphite electrode. These process changes did not influence the behaviour of the toxic metals during the smelting operations, and hence this research has continued along the lines already established.

Two full scale trials have been carried out with the dc torch in operation. Mass balances have shown good accountability for the key elements Cr, Ni, Mo, Zn, Pb and As.

The smelting of fume generated during the burning of stainless plates and designated plate mill dust, blended with arc/AOD dust has been investigated. Plate mill dust was an attractive material for recycling in view of its high nickel content.

Emissions of lead, cadmium and particulates to the external environment via the stack serving the secondary bag-filter

were less than 3.8 g/h, 0.2 g/h and 4.0 mg/m³ respectively and are well below the limits imposed by the UK's legislative body (HM Inspectorate of Pollution) for 300 g/h for lead, 80 g/h for cadmium and 50 mg/m³ for total particulates. The emission of mercury vapour to atmosphere has been investigated. The results are consistent and should present no problems. An airborne dust and toxic metal survey has been carried out at the dc arc plant. Although some of the personal exposures of operatives to lead were above the UK action level of 0.075 mg/m³ the lead in blood results did not give cause for concern.

The feasibility of recycling the secondary bag-filter dust has been investigated at the Tetronics plasma smelting plant, Faringdon. The average zinc oxide content of the bag-filter dust produced

during these trials ranged between 59% and 65% and probably defines the limit of zinc oxide concentration by successive reduction/volatilisation treatments.

A leaching study has been carried out in an attempt to assess the potential environmental hazards associated with the use of the slag produced by the smelting process as a roadstone. Studies have also highlighted potential environmental problems associated with the uncontrolled tipping of secondary bag-filter dust. Although this is not the present practice at SMACC, these problems may need to be addressed in the future.

Finally, improved analytical methods have been developed for the determination of arsenic and mercury in stainless steelmaking dusts.

Le comportement de métaux toxiques pendant la fusion à plasma de poussières d'acier inoxydable et le développement de méthodes viables d'évacuation

BRITISH STEEL CORPORATION, ROTHERHAM, SOUTH YORKSHIRE, ROYAUME-UNI

Contrat n° 7261-03/437/08

Durée: 1.1.89 - 31.12.91

En 1988 on a installé un four de fusion à plasma à BS STAINLESS de Sheffield. Ce four avait pour but principal le recyclage des métaux de valeur (Cr, Ni et Mo) présents dans les poussières extraites des fours de fusion primaire. D'autres métaux (Zn, Pb et Cd) sont enrichis dans les poussières extraites du four à plasma, ce qui est non sans intérêt pour l'industrie des métaux non-ferreux et permet d'ailleurs d'éviter l'évacuation de polluants potentiellement toxiques. Ce projet avait pour objectif principal d'étudier le comportement pendant la fusion d'une gamme de métaux pouvant entraîner des conséquences au niveau de l'environnement.

L'analyse des produits de fusion (métal, poussières retenues dans les sacs de filtration, scories) a montré de bonnes correspondances entre les résultats obtenus et les prédictions. Toutefois, on a rencontré des problèmes d'ordre opérationnel provoqués par la faible durée de vie des torches à plasma, et en effet on a remplacé la torche à plasma par une électrode de graphite. Cela n'a pas influé sur le comportement des métaux toxiques pendant la fusion, ainsi cette étude s'est poursuivie de la manière prévue au début.

On a effectué deux essais en vraie

grandeur avec la torche à courant continu. Pour ce qui est de l'équilibrage des masses, le bilan était très positif pour les éléments clés Cr, Ni, Mo, Zn, Pb et As.

On a étudié la fusion des poussières produites par l'oxycoupage de tôles d'acier inoxydable et des poussières de laminoir à tôles, mélangées avec des poussières arc/AOD. Les poussières de laminoir à tôles offre des avantages sur le plan du recyclage grâce à leur forte teneur en nickel.

Les émissions de plomb, de cadmium et de particules vers le milieu externe via la cuve comportant le sac de filtration secondaire étaient inférieures à 3,8 g/h, 0,2 g/h et 4,0 mg/m³ respectivement, donc bien au-dessous des limites imposées par les autorités britanniques (l'Inspection de la pollution), à savoir 300 g/h (Pb), 80 g/h (Cd) et 50 mg/m³ (particules totales). On a contrôlé les émissions vers l'atmosphère des vapeurs mercurielles; les résultats étaient cohérents et l'on n'envisage aucun problème à cet égard. On a étudié également, à l'installation de fusion à courant continu, les poussières et les métaux toxiques en suspension dans l'air. Tandis que, dans quelques cas, les valeurs d'exposition au plomb chez les opérateurs dépassaient le niveau actif (R.-U.) de 0,075

mg/m³, les taux de plomb observés dans le sang n'ont pas donné lieu à s'inquiéter.

À l'installation de fonderie à plasma TETRONICS de Faringdon, on a examiné la possibilité de recycler les poussières secondaires (les poussières retenues dans le sac de filtration secondaire). La teneur moyenne en oxyde de zinc des poussières produites pendant ces essais était de 59% à 65%, ce qui définit vraisemblablement la limite des concentrations obtenues par des procédés successifs de réduction/volatilisation.

On a réalisé une étude de lessivage en vue d'évaluer les risques écologiques pouvant être entraînés par l'emploi comme matériaux de construction des routes des scories produites par la fusion. D'autres études ont permis de mettre en lumière les problèmes éventuels au niveau de l'environnement risquant d'être provoqués par l'évacuation incontrôlée des poussières secondaires. Bien que ce ne soit pas là une pratique courante chez SMACC, on aura peut-être à étudier ces problèmes à l'avenir.

Pour terminer, on a su mettre au point des méthodes d'analyse permettant de déterminer la teneur en arsenic et en mercure des poussières produites pendant l'élaboration de l'acier inoxydable.

Untersuchung der Kriterien, die für die berufsbedingte Exposition gegenüber polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) an Arbeitsplätzen in Kokereien ausschlaggebend sind - Bestimmung und Quantifizierung der Risikofaktoren

ENSIDESSA, AVILES, SPANIEN

Vertag Nr.: 7261-04/440/14

Dauer: 01.11.88 - 01.11.91

EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht faßt die Ergebnisse zusammen, die im Laufe der Untersuchung der Pak Belastung an den Arbeitsplätzen von Koksofenbatterien im Rahmen des "Fünften EGKS-Forschungsprogramms" erzielt worden ist. Die Untersuchung wurde in Abstimmung mit Phase 2 der Forschungsvorhaben der Coal Products Limited (UK), der Bergbau-Forschung (D) und der Laboratoire d'Etude et Contrôle de l'Environnement Sidérurgique (F) durchgeführt, in deren Rahmen im Laufe der letzten Jahre wichtige Erkenntnisse gewonnen werden konnten.

Hauptziel der Untersuchung war die Festlegung von Risikokriterien, die für die Bewertung der Arbeitsumgebung eine Rolle spielen. Dabei sollten die Arbeiten vorrangig auf das Sammeln von Daten über die Belastung der von den Arbeitnehmern eingeatmeten Luft ausgerichtet sein und sowohl die organische Fraktion wie auch das Vorhandensein von Eisen und granulometrische Aspekte des Staubes berücksichtigen. Außerdem wurde das in Edinburgh entwickelte Probenahmegerät AISPAAH für einatembare Partikel getestet, indem Zuverlässigkeitsprüfungen im Nahbereich der Koksofenbatterien durchgeführt und die Ergebnisse mit derjenigen von parallel dazu vorgenommenen Gesamtstaubprobenahmen (MTPS) verglichen wurden.

Die Luftverunreinigung an den Arbeitsplätzen der Koksofenbatterie wurde mittels systematischer Erfassung von 31 verschiedenen PAK in zwei unterschiedlichen Fraktionen - Partikel und Dampfphase - überprüft, wofür die entsprechenden Analyseinstrumente auf der Grundlage des vom NIOSH empfohlenen Probenahme- und Analysesystem entwickelt wurden. Da die BTX-emissionen wegen ihres potentiell synergetischen Zusammenwirkens mit krebserzeugenden PAK von toxikologischem Interesse sind, werden auch sie - nach Abscheidung auf Aktivkohlefiltern - chromatographisch überwacht, ebenso die Präsenz von Eisenoxid in der mineralischen Fraktion des auf den Sammelfiltern abgedehnten Staubes durch AAS.

Die Proben für die Korngrößenprüfung wurden mit dem Kaskadenimpaktor SIERRA entnommen. An den einzelnen Fraktionen konnte die Verteilung des Benz[a]pyrens überprüft werden; die Tests mit dem AISPAAH Gerät wurden nach den Anweisungen des IOM ausgeführt, wobei die gezogenen Proben unter den gleichen Analysebedingungen verarbeitet wurden wie die Proben aus der Untersuchung auf der Ofendecke.

DIE ERGEBNISSE

In den Arbeitsbereichen an den Koksofenbatterien wurden systematisch 29 PAK erfaßt, darunter fünf krebserzeugende einschließlich des Benz[a]pyrens. Verifiziert wurde auch, daß die Fraktion der Polyaromaten in der flüchtigen Phase zwar die wichtigste ist, was die Masse angeht, aber von geringerer toxikologischer Bedeutung, da sie keine der biologisch aktiven Agenzien enthält. Beobachtet wurde eine ausgezeichnete Korrelation zwischen der Konzentration krebserzeugender Substanzen und dem Benz[a]pyren (95,88%), während sie für die Gesamt PAK in der Umgebungsluft 72,86% beträgt. Das Pyren erreicht mit 62,79 bzw. 85,02% ebenfalls signifikante Werte.

Die mit dem achtstufigen Kaskadenimpaktor durchgeführte Meßkampagne hat ergeben, daß in der Staubwolke die einatembaren Teilchen vorherrschen, wobei hohe Prozentsätze von Benz[a]pyren festgestellt wurden. Unter diesen Umständen ist davon auszugehen, daß die PAK bis in die Alveolen vordringen und vor allem in diesem Bereich der Atmungsorgane ihre toxikologische Wirkung entfalten.

An den Arbeitsplätzen wurden schwankende Mengen von Benzol, Toluol und Xylol festgestellt. Benzol ist der wichtigste Schadstoff in der organischen BTX Fraktion, wobei allerdings die Mengen gering sind. Dennoch kann die Möglichkeit synergetischer Wirkung, insbesondere mit Benz[a]pyren, nicht ausgeschlossen werden. Die Anwesenheit von Toluol und Xylol scheint, berücksichtigt man das niedrige festgestellte Expositions-niveau, keine Ge-

fahr für die Koksofenarbeiter darzustellen.

Bestätigt wurde auch, daß in der Einatemluft der Beschäftigten Eisenoxid in Mengen bis zu 3,05% der Gesamtpartikelmasse vorhanden ist. Dies ist von Bedeutung, da dieser Stoff möglicherweise in Verbindung mit den PAK die Häufigkeit von Lungenkrebs erhöht.

Schließlich werden die Ergebnisse der Untersuchung der organischen Fraktion mit Hilfe des Probenahmegeräts AISPAAH für einatembare Partikel vorgestellt. Die Daten lassen im Vergleich zu den Ergebnissen paralleler Gesamtstaub-Probenahmen auf eine zufriedenstellende Abscheideleistung im Hinblick auf die organische Fraktion schließen; gleichzeitig wurde das Vorhandensein von krebserzeugenden Stoffen bestätigt; die Korrelationen erwiesen sich als den auf der Ofendecke festgestellten vergleichbar.

SCHLUßFOLGERUNGEN

Für die Untersuchung der Verunreinigung der Umgebungsluft von Koksofenbatterien ist eine multifaktorielle Analyse der toxischen Belastung erforderlich. Die Gefahr der Alveolardeposition krebserzeugender Substanzen wurde bestätigt, weshalb die Gesundheitsüberwachung eine auf die Gesamtheit der möglicherweise von den Beschäftigten eingeatmeten Substanzen ausgerichtete Bewertungsstrategie voraussetzt. Ein vorrangiges Ziel muß dabei die Überprüfung der biologischen aktiven Agenzien und ihre Quantifizierung über die Harnausscheidung sein, vermutlich ein interessantes Verfahren zur Bestimmung der Beziehung Exposition-Dosis.

Die Tests mit dem Probenahmegerät AISPAAH verliefen äußerst zufriedenstellend. Mit diesem Gerät kann die organische PAK Fraktion mit großer Zuverlässigkeit abgeschieden und können aufschlußreichere Informationen gewonnen werden als mit der Gesamtstaubmethode (MTPS). Zu beobachten ist eine hervorragende Korrelation zwischen Benz[a]pyren und den Gesamt-PAK (89,44%).

Study of the criteria which determine occupational exposure to PAH in coking plants - characterization and quantification of the risk factors

ESIDESA. AVILES, SPAIN

Contract No 7261-04/440/14

Duration: 01.11.88 - 01.11.91

INTRODUCTION

The present report compiles the results that were obtained all along the investigation that studied pollution produced by PAH in work places in the coke top battery, as part of the "V CECA Programme". The study was carried out in coordination with phase 2 of the projects developed by Coal Products Limited (GB), Bergbau-Forschung GmbH (D) and Laboratoire d'Étude et Contrôle de l'Environnement Sidérurgique (F), that have acquired important knowledge about this matter during these last years.

The main objective of the study was to investigate the risk criteria that determine the ambient evaluation. Priority was given to obtaining data concerning pollution of air inhaled by workers, taking into consideration the organic fraction, as well as the presence of iron and granulometric aspects of particulate matter. Moreover, the AISPAAH inhalable particle sampling equipment, that had been developed in Edinburgh, was tested. In the area next to the coke top battery, reliability tests were carried out comparing the results with those obtained with parallel samples of total particulate matter (MTPS).

The level of air pollution in work places in the battery has been examined, systematically identifying 31 different PAH. Two different fractions were determined: one in form of particles and the other in vapour phase. For this purpose, the corresponding analytical support was developed, basically using the sampling system and subsequent analysis recommended by NIOSH. Because of their toxicological interest as agents having a potential synergistic effect in presence of carcinogenic PAH, BTX emissions, previously captured in active carbon tubes, were also examined by GC, as well as the presence of iron oxide in the mineral fraction of the particulate matter, that had been collected in the collector filters by AAS.

With respect to the samples for the granulometric study, they were obtained

with the SIERRA ambient cascade impactor. The different fractions made it possible to verify the distribution of the Benzo(a)pyrene they contained. Moreover, the tests that were made with the AISPAAH sampler were carried through according to IOM indications, processing the samples that were obtained in identical conditions as those that were examined in the study of the coke top.

RESULTS

In the work area of the battery, 29 PAH were systematically detected, among which 5 carcinogenics predominate, including Benzo(a)pyrene. Likewise, it was verified that the polyaromatic fractions in volatile phase is the one having the greatest importance with respect to mass; it is of less importance from the toxicological point of view, due to the fact that it contains none of the biologically active agents. An excellent correlation between carcinogenic concentration and Benzo(a)pyrene (95,88%) was observed, while for the total PAH present in the air, it reaches 72,86%. Pyrene attains significant values, reaching 62,79 and 85,02% respectively.

The sampling campaign carried through with the cascade impactor with 8 stages of separation, show a predomination of inhalable particles. Significant percentages of Benzo(a)pyrene were detected. Under these circumstances, the penetration of PAH at alveolar level is assured, and the toxicological action is preferably situated in this area of the respiratory tract.

Variable quantities of Benzene, Toluene and Xylene were detected in the work places. Benzene is the major pollutant in the BTX fraction, but the levels that were detected are low. Nevertheless, the possibility of synergistic effects cannot be ruled out, particularly concerning Benzo(a)pyrene. On the other hand, the presence of Toluene and Xylene does not seem to be a risk for operators at the bat-

tery, as very low levels of exposure were observed.

The presence of iron oxide in the air that is inhaled by workers is confirmed. Percentages of up to 3,05% of the total mass of airborne particles were attained. The interest that this verification represents resides in the fact that this agent, in association with PAH could possibly increase the incidence of lung cancer.

Finally, results concerning the study of the organic fraction, using the AISPAAH inhalable particle sampler are presented. Results indicate a satisfactory performance in capturing the organic fraction, in relation with those obtained in parallel samples of the total particulate mass. Moreover, the presence of carcinogenic agents is confirmed, while identical correlations are observed as those obtained in the air on the battery top.

CONCLUSIONS

The study of pollution in the steelwork battery area requires a multifactorial analysis of the topic charge. The risk of alveolar of carcinogenic agents remains confirmed, and for this reason, the hygienic surveillance requires a suitable strategy for the valuation of the group of substances that are liable of being inhaled. Verification of biologically active agents should be given priority, and its quantification through urinary excretion, should probably be considered an interesting method for establishing the relation exposure/dose.

The tests that were made with the AISPAAH sampler proved to be very satisfactory. The equipment makes it possible to reliably capture the organic fraction of the PAH and offers more interesting information than using total particle control methodology (MTPS).

Étude des critères qui déterminent l'exposition professionnelle aux HAP aux postes de travail d'une cokerie - caractérisation et quantification des facteurs de risque

ENSIDESA, AVILES, ESPAGNE

Contrat n° 7261-04/440/14

Durée: 1.11.88 - 1.11.91

INTRODUCTION.

Le présent rapport rassemble les résultats obtenus au cours de la recherche consacrée à la pollution par les HAP aux postes de travail des batteries de fours à coke dans le cadre du "V^e programme CECA". Cette étude a été réalisée en coordination avec la phase 2 des projets de la Coal Products Limited (UK), de la Bergbau-Forschung GmbH (D) et du Laboratoire d'étude et de contrôle de l'environnement sidérurgique (F), qui avaient acquis au cours des dernières années des connaissances importantes sur ce thème.

L'objectif principal de l'étude consistait à définir les critères de risque qui déterminent l'évaluation du milieu ambiant, les travaux étant orientés en priorité vers la collecte de données sur la pollution de l'air inhalé par les ouvriers en tenant compte aussi bien de la fraction organique que de la présence de fer et des aspects granulométriques des poussières. De même, l'échantillonneur de particules inhalables AISPAAH, mis au point à Edimbourg, a été testé. Au moyen de cet équipement, des tests de fiabilité ont été réalisés à proximité des batteries de fours à coke, les résultats obtenus étant comparés à ceux fournis par des échantillons parallèles des poussières totales (masse totale des particules en suspension, MTPS).

Le niveau de pollution de l'air aux postes de la batterie a été analysé en procédant à l'identification systématique de 31 HAP différents, évalués en deux fractions distinctes, l'une sous forme de particules et l'autre en phase vapeur. Pour ce faire, l'infrastructure analytique correspondante a été mise en place, en recourant pour l'essentiel au système d'échantillonnage et d'analyse ultérieure recommandé par le NIOSH. Étant donné leur intérêt toxicologique en tant qu'agents exerçant un effet synergétique potentiel en présence de HAP cancérigènes, les émissions de BYX ont également été contrôlées par chromatographie après captage dans des tubes de charbon actif, comme l'a été également la présence d'oxyde de fer dans la fraction minérale des poussières recueillies dans les filtres collecteurs par SAA.

Les échantillons destinés à l'analyse granulométrique ont quant à eux été prélevés au moyen de l'impacteur à cascade SIERRA. Les différentes fractions ont permis de vérifier la distribution du benzo(a)pyrène à l'intérieur de celles-ci et les essais réalisés avec l'appareil AISPAAH ont été conduits en suivant les indications de l'IOM, les échantillons obtenus étant soumis aux mêmes conditions d'analyse que ceux provenant de l'étude portant sur la couverture des fours.

RÉSULTATS OBTENUS

Dans les zones de travail de la batterie, 29 HAP ont été systématiquement détectés: parmi ceux-ci, on relève 5 agents cancérigènes, y compris le benzo(a)pyrène. De même, il a été confirmé que la fraction des hydrocarbures polycycliques aromatiques volatils est la plus importante par la masse. Son intérêt toxicologique est cependant moindre car elle ne contient aucun des agents biologiquement actifs. Une excellente corrélation a été observée entre la concentration en agents cancérigènes et le benzo(a)pyrène (95,88), tandis que pour le total des HAP présents dans l'air, elle est de 72,86%. Le pyrène atteint des valeurs significatives, de 62,79 et 85,02% respectivement.

La campagne de mesures effectuée au moyen de l'impacteur à cascade, doté de 8 étages d'impaction, montre une prédominance des particules inhalables dans le nuage de poussière, des pourcentages importants de benzo(a)pyrène étant mis en évidence. Dans ces conditions, la pénétration des HAP au niveau alvéolaire est certaine et l'action toxicologique se localise de préférence dans cette zone des voies respiratoires.

Des quantités variables de benzène, de toluène et de xylène ont été détectées aux postes de travail. Le benzène est le polluant majoritaire de la fraction organique de BTS, mais les niveaux décelés peu élevés. Cependant, la possibilité d'effets synergétiques, notamment avec le benzo(a)pyrène, n'est pas exclue. Il ne semble pas que la présence de toluène et de xylène constitue un risque pour les

opérateurs de la batterie, compte tenu des faibles niveaux d'exposition observés.

Il se confirme que l'air inhalé par les ouvriers contient de l'oxyde de fer dont la part peut atteindre 3,05% de la masse totale des particules. L'intérêt de cette vérification tient à la possibilité que cet agent augmente l'incidence des cancers pulmonaires en association avec les HAP.

Enfin, le rapport présente les résultats relatifs à l'étude de la fraction organique au moyen de l'échantillonneur de particules inhalables AISPAAH. Les chiffres indiquent des rendements satisfaisants dans le captage de la fraction organique par rapport à ceux obtenus dans des échantillons parallèles de la masse particulaire totale. Dans le même temps, la présence d'agents cancérigènes est confirmée et l'on observe des corrélations similaires à celles observées au-dessus des fours.

CONCLUSIONS

L'étude de la pollution à proximité des batteries de fours à coke d'une installation sidérurgique exige une analyse multifactorielle de la charge toxique. Le risque de déposition alvéolaire des agents cancérigènes est confirmée et c'est pourquoi la surveillance en matière d'hygiène impose une stratégie d'évaluation de l'ensemble des substances qui peuvent être inhalées par les opérateurs de l'installation. La vérification des agents biologiquement actifs doit constituer un objectif prioritaire et sa quantification, dans les urines, est probablement une méthode intéressante dans la définition de la relation exposition-dose.

Les essais réalisés avec l'échantillonneur AISPAAH ont été très satisfaisants. Cet équipement permet de capter la fraction organique des HAP avec une grande fiabilité et fournit des informations plus intéressantes que la méthode de contrôle des particules totales (MTPS). On observe une excellente corrélation entre le benzo(a)pyrène et le total des HAP (89,44%).

Beherrschung der Lärmbelastung in Werkshallen der Stahlindustrie durch Schallintensitätsmessungen und Vorausbestimmung des Schallpegels

LECES, MAIRIÈRES-LES-METY, FRANKREICH

Vertrag Nr.: 7261-05/443/03

Dauer: 1.12.88 - 30.11.91

Es ist noch schwer, die Lärmpegel und Wirksamkeit der Schalldämpfungssysteme für Industriehallen wie die Walzwerke, das Elektrostahlwerk ... vorauszusagen. Die von vielen Quellen abgegebene Schalleistung ist unbekannt, und die Lärmverbreitung ist oft wegen der Form bestimmter Hallen und der in den Werkshallen bestehenden Überfüllung: Maschinen, Lagerung, Laufkräne, kompliziert.

Die Schalldiagnose einer Werkhalle erfordert nämlich hauptsächlich zwei wichtige Stufen: Die Kennzeichnung der Geräuschquellen und die Kenntnis der Lärmausbreitung im Innern der Werkhallen. Neue akustische Allzweckgeräte sind jetzt zur Erleichterung dieser Untersuchungen verfügbar: die Schallintensitätsmessung und die Technik der Schallstrahlen.

Dieser Bericht beschreibt die mit diesen Geräten durchgeführten Hauptarbeiten in Werkhallen der Stahlindustrie, die Forschung ausschliesslich in Industriewerkstätten verlaufend. Die Forschungsarbeiten wurden mit der CEDIA (halbjährlich Besprechungen) abgestimmt und ein gemeinsames Experiment wurde durchgeführt.

Im Hüttenbereich beruht die Kennzeichnung der Lärmquellen meistens auf der Messung vor Ort der von der Quelle abgegebenen Schalleistung. Diese Messung vor Ort anhand der konventionellen Methoden, denen der Schalldruck zugrunde liegt, ist immer noch eine schwierige Aufgabe gewesen. Die Intensitätsmessmethoden ergeben eine gute Genauigkeit und sind weniger von dem Grundrauschen der anderen Quellen beeinflusst. Messungen wurden überwiegend an Walzanlagen, wo die Geräuschquellendichte gross ist, mit einem tragbaren Intensitätsmessgerät durchgeführt.

Die Festpunktanalysen, eine genormte Methode, ermöglichen es, eine gute Abschätzungsgenauigkeit [besser als 3 dB (A)] zu erreichen. Die Analysenzeit zur Erreichung einer solchen Genauigkeit ist jedoch schwer mit der Betriebsbeständigkeit der Industriequellen verträglich. Die Analysen durch Abtastung bieten dann eine grössere Zeiteinsparung mit einem mit der Festpunktmethode verglichenen zumutbaren Genauigkeitsverlust. Es erscheint dann als vorzuziehbar, rasche Verschiebungsgeschwindigkeiten, ca. 2m/Sek., anzusetzen und die Messfläche mehrmals zu prüfen. Diese Technik, deren Einsatz im Industriebereich bevorzugt werden soll, erfordert noch Arbeit um ihren Gültigkeitsbereich und ihre Genauigkeit besser festzulegen.

Die an bestimmten Quellen verzeichneten Spektren zeigen auch das Interesse, das ausgestrahlte Intensitätsspektrum in Realzeit messen zu können, was jetzt anhand tragbarer Geräte möglich ist, jedoch im Verlauf der Forschung nicht verwirklicht werden konnte.

Die Modellenuntersuchung der Lärmausbreitung im Innern einer Werkhalle erfordert die Verwendung eines angepassten Modells. Die Schallstrahlentechnik ist gegenwärtig das anpassungsfähigste Gerät. Es ermöglicht nämlich die Gestaltung von Räumlichkeiten von beliebiger Form und mit Hindernissen wie Abschirmungen. Zwei Ausführungen dieses gleichen Modells wurden im Verlauf der Forschung eingesetzt: ein konventionelles Schallstrahlen-Software von CEDIA und in LECES, ein Software das die Raumüberfüllung statistisch in Betracht zieht, wobei dieses letztere Software dem INRS-Institut hergestellt wurde.

Die an ein und derselben Werkhalle anhand beiden Softwarearten durchgeführten Modellbaugestaltung hat gleichwertige Ergebnisse gebracht, wobei die statistischen Berücksichtigung der Raumüberfüllung es ermöglicht, die Anzahl der Umfassungsflächen auf 120 gegenüber 730 deterministische Hindernisbestimmungen herabzusetzen, mit einem selbstenartigen Zeitgewinn.

Auf andere Werkshallen, wie Langproduktwalzwerke, Verzinnungs- und Verzinkungsanlagen, Elektrostahlwerk, angewandt, hat sich die Modellgestaltung durch die Technik der Schallstrahlen mit Abweichungen zwischen der Vorhersage und der Schalldruckmessung am Ort unter 3 dB (A) als gut angepasst erwiesen.

Die Schallstrahlentechnik zeigt dann ein gewisses Interesse für die Optimierung der anzubringende Lärminderungsmaßnahmen. Zwei Beispiele sind in dem Bericht hinsichtlich den Walzwerkhallen beschrieben. Diese Technik ermöglicht es, die Abmessungen der Vorrichtungen: Lage, Oberfläche Absorbierungsgrad der Schutzwände genau zu vollziehen, wobei sich diese Simulationsart dann als ein hochwirksames Mittel herausstellt, um mit einem Baubüro zu arbeiten und Bauausführungen zu starten.

In einer abschliessende Besprechung wird unter Hervorhebung der zur Ergründung als wichtig erscheinenden Punkte eine Zusammenfassung der Arbeiten durchgeführt. Es wird hauptsächlich die Fortsetzung der Arbeiten in der Schallintensitätsmessung mit einer neuen Generation von tragbaren Analytoren, der Optimierung der Abtastungsverfahren und der Entwicklung von Messtechniken an Ort und Stelle der akustischen Merkmale der Materialien angeführt.

Control of acoustical environment in steelwork by means of intensimetry and predictive modelling

LECES, MAIZIÈRES-LES-METY, FRANCE

Contract No 7261-05/443/03

Duration: 1.12.88 - 30.11.91

It is still difficult to predict sound levels and the efficiency of sound insulation devices for industrial shops such as rolling mills, the electric arc furnace....The sound power emitted by many sources is unknown and the study of noise propagation is often complex because of the shape of some bays and the fittings existing in the shops: machines, storage, cranes,

In fact, the acoustic diagnosis of a shop mainly requires two important steps: the characterization of noise sources and the knowledge of noise propagation inside the shops. New acoustic tools for universal use are now available to make these studies easier: sound intensimetry and the ray tracing technique.

This report describes the main work realized using these tools in iron and steelmaking shops, the research taking place only in industrial shops. The research work was coordinated with the CEDIA (semi-annual meetings) and joint experiments were made.

In the iron and steelmaking world, the characterization of noise sources most often rests on in-situ measurement of the sound power emitted by the source. This in-situ measurement has always been a difficult task when using classical methods based on sound pressure. Measurement made with a sound intensity meter give a good accuracy and are less influenced by background noise emitted by other sources. The measurements were mainly made on rolling lines where the

density of sound sources is high, using a portable sound intensity meter.

Spot analyses, a standardized method, make it possible to reach a good accuracy of evaluation (better than 3 dB (A) but the duration of analysis to reach this precision is not easily compatible with the functioning stability of industrial sources. Analyses by scanning then offer an important time saving with an acceptable loss of accuracy compared with the fixed point method. It then seems preferable to use fast movement speeds, about 2 m/sec., and to control the measurement surface several times. This technique, whose use will be preferred in industry, still needs to be worked on to be able to define better its domain of validity and its accuracy.

The spectra obtained on some sources also show the interest of being able to measure emitted intensity spectra in real time, which is now possible using portable devices but could not be done during the research.

Modeling sound propagation inside a shop requires the use of an adapted model. The ray tracing technique is presently the most universal tool. Indeed, it allows modeling premises of any shape and obstacles as shields. Two versions of this same model were used during the research: classical sound ray software by CEDIA and software statistically taking fitting into account by LECES, the latter having been elaborated by INRS.

Modeling realized in the same shop using both software packages has given equivalent results, statistically taking fitting into account making it possible to reduce the number of planes to be modeled to 120 instead of 730 using a deterministic approach to obstacles, reducing calculation time in proportion.

Applied to other shops: bar rolling mills, tinning and galvanizing lines, electric arc furnace, modeling by sound rays has revealed itself to be well adapted, with differences between predictions and in-situ sound pressure measurements less than 3 dB(A).

The ray tracing technique is then interesting for optimization of the sound insulation means to be installed. Two examples are described in the report concerning rolling mills. This technique makes it possible to stimulate accurately the dimensions of sound-proofing devices: position, surface absorption characteristics of shields this type of simulation then revealing itself to be a powerful tool for working with a design department and starting realizations.

Finally, a synthesis of work is made by highlighting the points that seem important to study more thoroughly. Pursuing work in sound intensimetry with a new generation of portable analyzer, optimization of scanning techniques and the development of in-situ measurement techniques for acoustic characteristics of material may mainly be mentioned.

Maîtrise de l'environnement sonore dans les ateliers sidérurgiques par l'utilisation de l'intensimétrie acoustique et de l'acoustique prévisionnelle

LECES, MAIZIÈRES-LES-METY, FRANCE

Contrat n° 7261-05/443/03

Durée: 1.12.88 - 30.11.91

Il est encore difficile de prédire les niveaux sonores et l'efficacité de dispositifs d'insonorisation pour des ateliers industriels tels que les laminoirs, l'aciérie électrique ... La puissance sonore émise par de nombreuses sources est inconnue et

l'étude de la propagation du bruit est souvent complexe à cause de la forme de certaines halles et de l'encombrement existant dans les ateliers; machines, stockage, ponts roulants.....

En fait, le diagnostic acoustique d'un atelier nécessite principalement deux importantes étapes: la caractérisation des sources de bruit et la connaissance de la propagation du bruit à l'intérieur des ateliers. De nouveaux outils acoustiques

d'usage universel sont maintenant disponibles pour faciliter ces études: l'intensimétrie acoustique et la technique des rayons sonores.

Ce rapport décrit les principaux travaux réalisés à partir de ces outils dans les ateliers sidérurgiques, la recherche s'étant déroulée uniquement dans les ateliers industriels. Les travaux de recherche ont été coordonnés avec le CEDIA (réunions semestrielles) et une expérimentation commune a été réalisée.

Dans l'univers sidérurgique, la caractérisation des sources de bruit réside le plus souvent dans la mesure in situ de la puissance sonore émise par la source. Cette mesure in situ a toujours été une tâche difficile à partir des méthodes classiques basées sur la pression sonore. Les méthodes intensimétriques donnent une bonne précision et sont moins influencées par le bruit de fond émis par les autres sources. Des mesures ont principalement été réalisées sur les lignes de laminage, où la densité des sources sonores est importante, à partir d'un intensimètre portable.

Les analyses par ponté, méthode normalisée, permettent d'atteindre une bonne précision d'évaluation (meilleure que 3 dB (A)) mais la durée d'analyse pour atteindre une telle précision est difficilement compatible avec la stabilité de fonctionnement des sources industrielles. Les analyses par balayage offrent alors une

économie importante de temps avec une perte acceptable de précision comparée avec la méthode par point fixe. Il semble alors préférable d'utiliser des vitesses de déplacement rapides, environ 2 m/s, et de contrôler plusieurs fois la surface de mesure. Cette technique, dont l'usage sera privilégié en milieu industriel, nécessite encore des travaux pour mieux définir son domaine de validité et sa précision.

Les spectres relevés sur certaines sources montrent aussi l'intérêt de pouvoir mesurer en temps réel le spectre d'intensité émis, ce qui est maintenant possible à partir d'appareils portables mais n'a pu être réalisé au cours de la recherche.

La modélisation de la propagation sonore à l'intérieur d'un atelier nécessite l'utilisation d'un modèle adapté. La technique des rayons sonores est actuellement l'outil le plus universel. Il permet en effet la modélisation de locaux de forme quelconque et d'obstacles comme des écrans. Deux versions de ce même modèle ont été utilisées au cours de la recherche: un logiciel classique de rayons sonores par le CEDIA et un logiciel prenant en compte l'encombrement de façon statistique par le LECES, ce dernier logiciel ayant été élaboré par l'INRS.

La modélisation réalisée sur un même atelier à partir de ces deux logiciels a donné des résultats équivalents, la prise en compte de l'encombrement de façon statistique permettant de réduire le

nombre de plans à modéliser à 120 contre 730 avec une approche déterministe des obstacles, réduisant en proportion la durée des calculs.

Appliquée à d'autres ateliers: trains à produits longs, lignes d'étamage et de galvanisation, aciérie électrique, la modélisation par la technique des rayons sonores s'est révélée bien adaptée avec des écarts entre la prévision et la mesure de pression sonore in situ inférieurs à 3 dB(A).

La technique des rayons sonores montre alors un intérêt certain pour optimiser les moyens d'insonorisation à installer. Deux exemples sont décrits dans le rapport concernant des ateliers de laminage. Cette technique permet de simuler avec précision les dimensions des dispositifs anti-bruit: position, surface, caractéristiques d'absorption des écrans ..., ce type de simulation se révélant alors un outil puissant pour travailler avec un bureau d'étude et engager des réalisations.

En discussion finale, une synthèse des travaux est réalisée en mettant l'accent sur les points qui paraissent importants à approfondir. On cite principalement la poursuite des travaux en intensimétrie acoustique avec une nouvelle génération d'analyseur portable, l'optimisation des techniques de balayage et le développement de techniques de mesures in situ des caractéristiques acoustiques des matériaux.

Reduktion der CO, NO und SO₂ - Emission aus der Agglomerationsanlage durch Veränderungen der Beschickung und des Verfahren

CENTRO SVILUPPO MATERIALI S.P.A. - ROM, ITALIEN

Vertrag Nr.: 7261-01/450

Dauer: 1.1.90 - 31.12.91

Gegenstand der Forschung war das Studium von modifizierenden Eingriffen auf die Beschickung (Koks) und das Verfahren (Dampfaufblasung) mit dem Ziel, die Anteile von CO und NO_x an der Rauchgasemission herabzusetzen.

Dazu wurden Experimente in der Agglomerationsversuchsanlage des CSM durchgeführt. Diese ist mit Mess- und Regelsystemen für die Ströme, die Temperaturen (Anfeuerungstemperatur, Temperatur im Gemenge und unter dem Rost) und die Zusammensetzung der Rauchgase (CO, CO₂, O₂, NO_x und SO₂) ausgestattet und mit einem Kontrollzentrum für die Produktion von ungefähr 300 kg/h

Dampf von 180 °C und ungefähr 12 kg/cm² Druck versehen.

Ein mit den Instrumenten verbundener Prozessrechner HP 9000 besorgt die Erfassung und Verarbeitung der Messdaten.

Die Versuche haben bezüglich der Beschickung zu einer Abgrenzung der Bedingungen für eine Anreicherung des Koks mit Katalysatoren geführt. Diese beschleunigen zwar die Koksverbrennung, haben aber auf Grund des geringen Umwandlungsgrades von Koksstickstoff in NO zu keiner nennenswerten Reduktion der NO_x-Emission geführt.

Dagegen hat, was das Verfahren betrifft, das Blasen von Dampf (30 -36 kg/t Aggl.) auf das Gemenge von variierender Durchlässigkeit neben einer Produktionssteigerung (5,3% - 6,3%) und Erhöhung des FeO - Anteils am Agglomerat (von 5% auf 6,2%) eine beträchtliche Verminderung der spezifischen Werte für CO (bis zu 25%) und NO_x (bis zu 12,3%) ermöglicht.

Die erzielten Resultate legen die Fortsetzung der Experimente auf industrieller Basis nahe, einmal um das Ausmass der Schadstoffemissionsverminderung (NO_x, CO, SO₂ und Staub) zahlenmässig erfassen zu können, zum anderen zur Abschätzung der Investitions- und Betriebskosten.

Reduction of CO, NO_x and SO₂ emissions from sintering plants by measures concerning the charge and the process

CENTRO SVILUPPO MATERIALI S.P.A. - ROME, ITALY

Contract No 7261-01/450

Duration: 1.1.90 - 31.12.91

The research involved the study of measures designed to modify charge materials (coke) and process materials (steam), so as to reduce of CO and NO_x in sintering waste gases.

For this purpose the CSM pilot plant was used. The plant is complete with systems for measuring and regulating flows, temperatures (ignition in the bed and beneath the grate) and waste-gas composition (CO, CO₂, O₂, NO_x and SO₂). It also has a facility for producing about 300 kg/h of steam at 180 °C and a pressure of around 12 kg/cm².

Data logging and processing is performed by an HP9000 process computer connected to the plant systems.

The work done on the charge has resulted in the establishment of conditions for treating the mixture coke with catalysts. While this approach improves the combustion rate of the coke it does not significantly reduce the NO_x emissions owing to the low level of conversion of the coke nitrogen to the original NO.

Action taken on the process, involving blowing steam onto the bed (30-36

kg/t sint.) when using mixtures of different permeability, has resulted in increased productivity (5.3-8.3%) and a higher quantity of FeO in the sinter 9 (from 5 to 6.2%), while considerably reducing the specific CO and NO_x values to 25% and 12.3 respectively.

It ensues from the results that it would be advisable to run trials on a Works scale, injecting steam with a view to quantifying the magnitude of the reduction of harmful emissions (NO_x, CO, SO₂ and dust) and to estimating capital and operating costs.

Réduction des émissions de CO, NO_x et SO₂ par des implantations d'agglomération moyennant des interventions sur la charge et sur le processus

CENTRO SVILUPPO MATERIALI S.P.A. - ROMA, ITALIE

Contrat n° 7261-01/450

Durée: 1.1.90 - 31.12.91

La recherche consiste dans l'étude d'interventions visées à la modification des matériaux de charge (coke) et du processus (introduction de vapeur) dans le but d'obtenir la réduction des émissions de CO et NO_x des fumées d'agglomération.

Dans ce but a été utilisé l'implantation pilote d'agglomération du C.S.M. donné de systèmes de mesure et de réglage des débits, des températures (d'allumage, dans la couche et sous grille), de la composition des fumées (CO, CO₂, O₂, NO_x et SO₂) et muni d'un dispositif pour la production de près de 300 kg/h de vapeur à 180° ca une pression de près de 12 kg/cm².

Un ordinateur de processus HP9000, connecté aux équipements de l'installation pourvoit à saisir et à traiter les mesures.

D'après les interventions effectuées il en résulte que pour ce qui concerne les actions sur la charge les conditions d'addition de la vitesse de combustion du coke ont été défini, n'ont pas provoqué des significatives réductions des émissions de NO_x pour le bas niveau de conversion de l'azote du coke à NO_x départ.

L'action effectuée sur le processus avec la technique de l'inspiration de vapeur sur la couche (30-36 kg/t aggl.) de mélange à différente perméabilité, a, au

contraire, permis outre qu'une augmentation de la productivité (5,3-6,3%) même une considérable réduction des valeurs spécifiques de CO jusqu'à 25% et de NO_x jusqu'à 12,3%.

D'après les résultats obtenus il résulte qu'il est opportun de continuer l'expérimentation sur échelle industrielle avec la technique de l'inspiration de la vapeur soit pour pouvoir quantifier l'importance de la réduction des émissions nuisibles (NO_x, CO, SO₂ et poudres) soit pour évaluer les frais de gestion et d'investissements.



Comunità europee — Commissione

EUR 14344 — Trasporto di materiali e/o persone in miniere di carbone con mezzi gommati a trolley

Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee

1993 — XVI, 141 pag. — tab., fig. — 17,6 x 25,0 cm

Serie: Ricerca tecnica carbone

ISBN 92-826-5384-6

Prezzo in Lussemburgo, IVA esclusa: ECU 16,50

Il progetto di ricerca «Trasporto di materiale e/o persone in miniere di carbone con mezzi gommati a trolley» ha avuto inizio nell'aprile 1986 ed è stato portato a termine, con successo, nel mese di marzo 1991.

L'obiettivo della ricerca è stato quello di sviluppare un moderno sistema di trasporto, idoneo all'impiego in miniere di carbone, che consentisse elevata flessibilità, produttività e sicurezza.

Il progetto è stato svolto in quattro fasi, iniziando dall'analisi dei dati, confronto fra le diverse soluzioni possibili e stesura del progetto base (1^a fase), per proseguire poi con la scelta dei costruttori degli impianti e la realizzazione degli impianti stessi (2^a fase) e per concludersi con la fase di sperimentazione, miglioramenti ed esame dei collegamenti logistici del sistema (3^a e 4^a fase).

Il sistema di trasporto elaborato è stato impostato su due livelli:

- un sistema di trasporto primario, affidato a carri gommati elettrici a trolley di elevata capacità, per il trasporto dei materiali dal piazzale di magazzino all'esterno, attraverso una discenderia ed una galleria di struttura della miniera fino ai punti di trasferimento materiali in sottosuolo;
- un trasporto secondario, eseguito con carri diesel gommati del tipo «Scoop», per il trasporto materiali dal punto di trasferimento all'interno fino ai cantieri.

The research project 'Transport of material and/or personnel in collieries by means of trolley vehicles' started in April 1986 and was successfully terminated in March 1991.

The object of the research was to develop a modern transport system, suitable for use in collieries which permitted high flexibility, productivity and safety.

The project was carried out in four phases: analysis of the data, comparison between the different possible solutions and layout of the basic design (first phase); choice of the constructors of the plants and realisation of same (second phase); experimental phase, improvements and examination of the logistic connections of the system (third and fourth phase).

The elaborated transport system is set up in two levels:

- a primary transport system utilizing trackless electric trolley vehicles of high capacity for the transport of materials from the warehouse yard on surface, through an inclined shaft and the base roadway of the mine, to the transfer stations in underground;
- a secondary transport carried out by means of trackless diesel vehicles of the type 'Scoop', for the transport of materials from the transfer stations in underground to the working sites.

GEMEINSCHAFTSNACHRICHTEN
COMMUNITY NEWS
NOUVELLES DE LA COMMUNAUTÉ

RAPPORT SUR LES ÉTATS
FINANCIERS DE LA CECA

Journal officiel des Communautés européennes
C 220 du 14 août 1993

BERICHT

des Rechnungshofes der Europäischen Gemeinschaften über den Jahresabschluß der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl zum 31. Dezember 1992

1. Der vorliegende Bericht erstreckt sich auf die Ordnungsmäßigkeit der Rechnungsvorgänge und des Finanzgebarens der Kommission (Hohe Behörde) gemäß Artikel 78f Absatz 5 des Vertrages über die Gründung der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl, geändert durch Artikel 8 des Vertrages vom 22. Juli 1975 zur Änderung bestimmter Finanzvorschriften der Verträge zur Gründung der Europäischen Gemeinschaften sowie des Vertrages zur Einsetzung eines gemeinsamen Rates und einer gemeinsamen Kommission der Europäischen Gemeinschaften.
2. Der Hof hat die Buchführung und den Jahresabschluß der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl zum 31. Dezember 1992 geprüft. Diese Prüfung wurde im Einklang mit den allgemein anerkannten Abschlußprüfungsrichtlinien durchgeführt und umfaßte die Kontrollmaßnahmen, die für notwendig erachtet wurden.
3. Nach Ansicht des Hofes vermittelt der als Anlage beigefügte Jahresabschluß (Bilanzen zum 31. Dezember 1992 und 1991, Gewinn- und Verlustrechnungen für die am 31. Dezember 1992 und 1991 endenden Haushaltsjahre, die Erläuterungen zu diesen Bilanzen und Gewinn- und Verlustrechnungen, Verwendung der Ergebnisse der am 31. Dezember 1992 und 1991 endenden Haushaltsjahre) ⁽¹⁾ der entsprechend den allgemein anerkannten Grundsätzen der Rechnungslegung (insbesondere der veröffentlichten Richtlinien des Rates) erstellt wurde, ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Bild von der Vermögens- und Finanzlage der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl zum 31. Dezember 1992 und vom Ergebnis ihrer Tätigkeit in dem an diesem Datum endenden Haushaltsjahr.

Luxemburg, den 30. Juni 1993

A. Middelhoek
Präsident des Rechnungshofes

B. Friedmann
Mitglied des Rechnungshofes

⁽¹⁾ Siehe Abl. Nr. C 220 vom 14.8.1993, S.3.

REPORT

of the Court of Auditors of the European Communities on the financial statements of the European Coal and Steel Community as at 31 December 1992

1. This report concerns the regularity of accounting and financial management by the Commission (the High Authority), in accordance with Article 78f (5) of the Treaty establishing the European Coal and Steel Community, as amended by Article 8 of the Treaty of 22 July 1975 amending certain financial provisions of the Treaties establishing the European Communities and of the Treaty establishing a Single Council and a Single Commission of the European Communities.

2. The Court has audited the accounts and financial statements of the European Coal and Steel Community at 31 December 1992, in accordance with generally accepted auditing standards and carried out such checks as it considered necessary.

3. In the Court's opinion, the attached financial statements (balance sheets at 31 December 1992 and 1991, profit-and-loss accounts, for the financial years ending 31 December 1992 and 1991, the notes relating to balance sheets and profit-and-loss accounts, allocation of profit for the financial years ending 31 December 1992 and 1991) ⁽¹⁾ which have been prepared in accordance with generally accepted accounting practice (and the Council's published instructions in particular), give a true and fair view of the financial situation of the European Coal and Steel Community at 31 December 1992 and of the results of its operations for the year then ended.

Luxembourg, 30 June 1993

A. Middelhoek
*President of the
Court of Auditors*

B. Friedmann
*Member of the Court
of Auditors*

⁽¹⁾ See OJ No. C 220, 14.8.1993, p.3.

RAPPORT

de la Cour des comptes des Communautés européennes sur les états financiers au 31 décembre 1992 de la Communauté européenne du charbon et de l'acier

1. Le présent rapport traite de la régularité des opérations comptables et de la gestion financière de la Commission (Haute Autorité), conformément à l'article 78 *septies* paragraphe 5 du traité instituant la Communauté européenne du charbon et de l'acier, modifié par l'article 8 du traité du 22 juillet 1975 portant modification de certaines dispositions financières des traités instituant les Communautés européennes et du traité instituant un Conseil unique et une Commission unique des Communautés européennes.

2. La Cour a examiné la comptabilité et les états financiers au 31 décembre 1992 de la Communauté européenne du charbon et de l'acier. Cet examen a été effectué conformément aux normes de révision généralement admises et a comporté les contrôles considérés comme nécessaires.

3. De l'avis de la Cour, les états financiers ci-joints (bilans aux 31 décembre 1992 et 1991, comptes de pertes et profits pour les exercices se terminant aux 31 décembre 1992 et 1991, les notes afférentes à ces bilans et ces comptes de pertes et profits, états des affectations des résultats pour les exercices se terminant aux 31 décembre 1992 et 1991)⁽¹⁾ établis conformément aux principes comptables généralement admis (et, notamment, les directives publiées du Conseil), présentent une image fidèle du patrimoine et de la situation financière de la Communauté européenne du charbon et de l'acier au 31 décembre 1992 ainsi que du résultat de ses opérations pour l'exercice clôturé à cette même date.

Luxembourg, le 30 juin 1993

A. Middelhoek
*Président de la
Cour des comptes*

B. Friedmann
*Membre de la Cour
des comptes*

⁽¹⁾ Voir JO No. C 220 du 14.8.1993, p.3.

RELAZIONE

della Corte dei conti delle comunità europee sugli stati finanziari della comunità europea del carbone e dell'acciaio al 31 dicembre 1992

1. La presente relazione verte sulla regolarità delle operazioni contabili e della gestione finanziaria della Commissione (Alta autorità) in conformità dell'articolo 78 *settimo*, paragrafo 5 del Trattato che istituisce la Comunità europea del carbone e dell'acciaio, modificato dall'articolo 8 del Trattato del 22 luglio 1975 che modifica talune disposizioni finanziarie dei Trattati che istituiscono le Comunità europee e del Trattato che istituisce un Consiglio unico e una Commissione unica delle Comunità europee.

2. La Corte ha esaminato la contabilità e gli stati finanziari al 31 dicembre 1992 della Comunità europea del carbone e dell'acciaio. Tale esame è stato svolto in conformità delle norme di revisione generalmente accettate ed ha comportato l'espletamento dei controlli ritenuti necessari.

3. La Corte è dell'avviso che gli stati finanziari qui allegati (bilanci al 31 dicembre 1992 e 31 dicembre 1991, conti profitti e perdite per gli esercizi chiusi al 31 dicembre 1992 e 31 dicembre 1991, note relative a detti bilanci e conti profitti e perdite, destinazione dei risultati per gli esercizi chiusi al 31 dicembre 1992 e 31 dicembre 1991) ⁽¹⁾ stabiliti in conformità dei principi contabili generalmente accerrari (e in specie delle direttive pubblicate dal Consiglio), presentano fedelmente il patrimonio e la situazione finanziaria della Comunità europea del carbone e dell'acciaio al 31 dicembre 1992, nonché il risultato delle sue operazioni per l'esercizio chiuso alla stessa data.

Lussemburgo, 30 giugno 1993

A. Middelhoek
*Presidente della
Corte dei conti*

B. Friedmann
*Membro della
Corte dei conti*

⁽¹⁾ Vedi GU n. C 220 del 14.8.1993, pag. 3.

INFORME

del Tribunal de Cuentas de las Comunidades Europeas sobre los estados financieros de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero hasta el 31 de diciembre de 1992

1. El presente informe se ocupa de la regularidad de las operaciones contables y de gestión financiera de la Comisión (Alta Autoridad), de conformidad con el apartado 5 del artículo 78 *séptimo* del Tratado constitutivo de la Comunidad del Carbón y del Acero, modificado por el artículo 8 del Tratado de 22 de julio de 1975, por el que se modifican determinadas disposiciones financieras de los Tratados constitutivos de las Comunidades Europeas y del Tratado constitutivo de un Consejo y una Comisión únicos de las Comunidades Europeas.

2. El Tribunal de Cuentas ha examinado la contabilidad y los estados financieros de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero hasta el 31 de diciembre de 1992. Dicho examen se ha realizado de conformidad con las normas de revisión generalmente admitidas, incluyendo los controles que se han considerado necesarios.

3. De acuerdo con el dictamen, los estados financieros que se adjuntan (balances hasta los 31 de diciembre de 1992, cuentas de beneficios y pérdidas para los ejercicios que concluyen los 31 de diciembre de 1992 y 1991, las cuotas correspondientes a dichos balances y cuentas de beneficios y pérdidas y los estados de asignación de resultados para los ejercicios que concluyen los 31 de diciembre de 1992 y 1991) ⁽¹⁾ elaborados de conformidad con los principios contables generalmente admitidos (y, en especial, las directivas publicadas por el Consejo), presentan una imagen fidedigna del patrimonio y de la situación financiera de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero hasta el 31 de diciembre de 1992, así como de las operaciones para el ejercicio que se cierra con la misma fecha.

Luxemburgo, el 30 de junio de 1993

A. Middelhoek
*Presidente del
Tribunal de Cuentas*

B. Friedmann
*Miembro del
Tribunal de
Cuentas*

⁽¹⁾ Véase DO nº C 220 de 14.8.1993, p.3.

SUBSCRIPTION INFORMATION

Progress in coal, steel and related social research (ISSN 1015-6275) is published four times a year by the Office for Official Publications of the European Communities, L-2985 Luxembourg.

Orders can be placed at any time using the Detachable subscription card. Subscriptions are on an annual basis, from January to December.

Annual subscription rate:
ECU 90 (four issues)

Progress in Coal, Steel and Related Social Research

A European Journal

ORDER FORM

ISSN 1015-6275

Progress in Coal, Steel and Related Social Research

- I wish to receive a complimentary copy
 Annual subscription (4 issues per year)

ECU 90

Number of
copies:

.....
.....

Name and address:

Date:

Signature:

ORDER FORM

ISSN 1015-6275

Progress in Coal, Steel and Related Social Research

- I wish to receive a complimentary copy
 Annual subscription (4 issues per year)

ECU 90

Number of
copies:

.....
.....

Name and address:

Date:

Signature:

ORDER FORM

ISSN 1015-6275

Progress in Coal, Steel and Related Social Research

- I wish to receive a complimentary copy
 Annual subscription (4 issues per year)

ECU 90

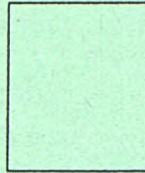
Number of
copies:

.....
.....

Name and address:

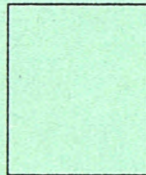
Date:

Signature:



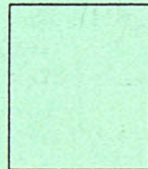
Office
des publications officielles
des Communautés européennes

L-2985 Luxembourg



Office
des publications officielles
des Communautés européennes

L-2985 Luxembourg



Office
des publications officielles
des Communautés européennes

L-2985 Luxembourg

**Venta y suscripciones • Salg og abonnement • Verkauf und Abonnement • Πωλήσεις και συνδρομές
Sales and subscriptions • Vente et abonnements • Vendita e abbonamenti
Verkoop en abonnementen • Venda e assinaturas**

BELGIOUE / BELGIE

Moniteur belge / Belgisch staatsblad
Rue de Louvain 42 - Leuvenseweg 42
B-1000 Bruxelles / B-1000 Brussel
Tel. (02) 512 00 26
Fax (02) 511 01 84

Jean De Lannoy

Avenue du Roi 202 / Koningslaan 202
B-1060 Bruxelles / B-1060 Brussel
Tél. (02) 538 51 69
Télex 63220 UNBOOK B
Fax (02) 538 08 41

Autres distributeurs/
Overige verkooppunten:

**Librairie européenne/
Europese boekhandel**

Rue de la Loi 244/Wetstraat 244
B-1040 Bruxelles / B-1040 Brussel
Tél. (02) 231 04 35
Fax (02) 735 08 60

Document delivery:

Credoc

Rue de la Montagne 34 / Bergstraat 34
Bte 11 / Bus 11
B-1000 Bruxelles / B-1000 Brussel
Tél. (02) 511 69 41
Fax (02) 513 31 95

DANMARK

J. H. Schultz Information A/S

Herstedvang 10-12
DK-2620 Albertslund
Tlf. 43 63 23 00
Fax (Sales) 43 63 19 69
Fax (Management) 43 63 19 49

DEUTSCHLAND

Bundesanzeiger Verlag

Breite Straße 78-80
Postfach 10 05 34
D-50445 Köln
Tel. (02 21) 20 29-0
Telex ANZEIGER BONN 8 882 595
Fax 202 92 78

GREECE/ΕΛΛΑΔΑ

G. C. Eleftheroudakis SA

International Bookstore
Nikis Street 4
GR-10563 Athens
Tel. (01) 322 63 23
Telex 219410 ELEF
Fax 323 98 21

ESPAÑA

Boletín Oficial del Estado

Tratado, 27-29
E-28071 Madrid
Tel. (91) 538 22 95
Fax (91) 538 23 49

Mundi-Prensa Libros, SA

Castelló, 37
E-28001 Madrid
Tel. (91) 431 33 99 (Libros)
431 32 22 (Suscripciones)
435 36 37 (Dirección)

Télex 49370-MPLI-E

Fax (31) 575 39 98

Sucursal:

Libreria Internacional AEDOS

Consejo de Ciento, 391
E-08009 Barcelona
Tel. (93) 488 34 92
Fax (93) 487 76 59

**Libreria de la Generalitat
de Catalunya**

Rambla dels Estudis, 118 (Palau Moja)
E-08002 Barcelona
Tel. (93) 302 68 35
Tel. (93) 302 64 62
Fax (93) 302 12 99

FRANCE

**Journal officiel
Service des publications
des Communautés européennes**

26, rue Desaix
F-75727 Paris Cedex 15
Tel. (1) 40 58 77 01/31
Fax (1) 40 58 77 00

IRELAND

Government Supplies Agency

4-5 Harcourt Road
Dublin 2
Tel. (1) 66 13 111
Fax (1) 47 80 645

ITALIA

Licosa SpA

Via Duca di Calabria 1/1
Casella postale 552
I-50125 Firenze
Tel. (055) 64 54 15
Fax 64 12 57
Telex 570466 LICOSA I

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

Messageries du livre

5, rue Raiffeisen
L-2411 Luxembourg
Tél. 40 10 20
Fax 49 06 61

NETERLAND

SDU Overheidsinformatie

Externe Fondsen
Postbus 20014
2500 EA 's-Gravenhage
Tel. (070) 37 89 911
Fax (070) 34 75 778

PORTUGAL

Imprensa Nacional

Casa da Moeda, EP
Rua D. Francisco Manuel de Melo, 5
P-1092 Lisboa Codex
Tel. (01) 69 34 14
Fax (01) 69 31 66

**Distribuidora de Livros
Bertrand, Ld.^a**

Grupo Bertrand, SA

Rua das Terras dos Vales, 4-A
Apartado 37
P-2700 Amadora Codex
Tel. (01) 49 59 050
Telex 15798 BERDIS
Fax 49 60 255

UNITED KINGDOM

HMSO Books (Agency section)

HMSO Publications Centre
51 Nine Elms Lane
London SW8 5DR
Tel. (071) 873 9090
Fax 873 8463
Telex 29 71 138

ÖSTERREICH

**Manz'sche Verlags-
und Universitätsbuchhandlung**

Kohlmarkt 16
A-1014 Wien
Tel. (1) 531 610
Telex 112 500 BOX A
Fax (1) 531 61-181

SUOMI/FINLAND

Akateeminen Kirjakauppa

Keskuskatu 1
PO Box 218
FIN-00381 Helsinki
Tel. (0) 121 41
Fax (0) 121 44 41

NORGE

Narvesen Info Center

Bertrand Narvesens vei 2
PO Box 6125 Etterstad
N-0602 Oslo 6
Tel. (22) 57 33 00
Telex 79668 NIC N
Fax (22) 68 19 01

SVERIGE

BTJ AB

Traktorvgen 13
S-22100 Lund
Tel. (046) 18 00 00
Fax (046) 18 01 25
30 79 47

SCHWEIZ / SUISSE / SVIZZERA

OSEC

Stampfenbachstraße 85
CH-8035 Zürich
Tel. (01) 365 54 49
Fax (01) 365 54 11

BÄLGARIJA

**Europress Klassica BK
Ltd**

66, bd Vitosha
BG-1463 Sofia
Tel./Fax 2 52 74 75

ČESKÁ REPUBLIKA

NIS ČR

Havelkova 22
CZ-130 00 Praha 3
Tel. (2) 235 84 46
Fax (2) 235 97 88

MAGYARORSZÁG

Euro-Info-Service

Európa Ház
Margitsziget
H-1138 Budapest
Tel./Fax 1 111 60 61
1 111 62 16

POLSKA

Business Foundation

ul. Krucza 38/42
PL-00-512 Warszawa
Tel. (22) 621 99 93, 628-28-82
International Fax&Phone
(0-39) 12-00-77

ROMÂNIA

Euromedia

65, Strada Dionisie Lupu
RO-70184 Bucuresti
Tel./Fax 0 12 96 46

RUSSIA

CCEC

9.60-letiya Oktyabrya Avenue
117312 Moscow
Tel./Fax (095) 135 52 27

SLOVAKIA

**Slovak Technical
Library**

Nm. slobody 19
SO-812 23 Bratislava 1
Tel. (7) 220 452
Fax : (7) 295 785

CYPRUS

**Cyprus Chamber of Commerce and
Industry**

Chamber Building
38 Grivas Dhigenis Ave
3 Deligiorgis Street
PO Box 1455
Nicosia
Tel. (2) 449500/462312
Fax (2) 458630

MALTA

Miller distributors Ltd

PO Box 25
Malta International Airport
LOA 05 Malta
Tel. 66 44 88
Fax 67 67 99

TÜRKİYE

**Pres Gazete Kitap Dergi
Pazarlama Dagitim Ticaret ve sanayi
AŞ**

Narlıbaçe Sokak N. 15
Istanbul-Cagaloglu
Tel. (1) 520 92 96 - 528 55 66
Fax 520 64 57
Telex 23822 DSVO-TR

ISRAEL

ROY International

PO Box 13056
41 Mishmar Hayarden Street
Tel Aviv 61130
Tel. 3 496 108
Fax 3 648 60 39

**EGYPT/
MIDDLE EAST**

Middle East Observer

41 Sherif St.
Cairo
Tel/Fax 39 39 732

**UNITED STATES OF AMERICA /
CANADA**

UNIPUB

4611-F Assembly Drive
Lanham, MD 20706-4391
Tel. Toll Free (800) 274 4888
Fax (301) 459 0056

CANADA

Subscriptions only
Uniquement abonnements

Renouf Publishing Co. Ltd

1294 Algoma Road
Ottawa, Ontario K1B 3W8
Tel. (613) 741 43 33
Fax (613) 741 54 39
Telex 0534783

AUSTRALIA

Hunter Publications

58A Gipps Street
Collingwood
Victoria 3066
Tel. (3) 417 5361
Fax (3) 419 7154

JAPAN

Kinokuniya Company Ltd

17-7 Shinjuku 3-Chome
Shinjuku-ku
Tokyo 160-91
Tel. (03) 3439-0121

Journal Department

PO Box 55 Chitose
Tokyo 156
Tel. (03) 3439-0124

SOUTH-EAST ASIA

Legal Library Services Ltd

STK Agency
Robinson Road
PO Box 1817
Singapore 9036

SOUTH AFRICA

Safto

5th Floor, Export House
Cnr Maude & West Streets
Sandton 2146
Tel. (011) 883-3737
Fax (011) 883-6569

**AUTRES PAYS
OTHER COUNTRIES
ANDERE LÄNDER**

**Office des publications officielles
des Communautés européennes**

2, rue Mercier
L-2985 Luxembourg
Tél. 499 28-1
Télex PUBOF LU 1324 b
Fax 48 85 73/48 68 17

Price (excluding VAT) in Luxembourg: **ECU 25** (single issue)
ECU 90 (four issues per year)



OFFICE FOR OFFICIAL PUBLICATIONS
OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

L-2985 Luxembourg



CD-AC-93-002-5D-C