

学位論文の要旨

氏名

石原田 秀一

学位論文題目

環状吹出し管を備えた吸込みノズルの粉粒体空気輸送特性に関する研究

本論文は、環状吹出し管を備えた吸込みノズルの粉粒体空気輸送特性に関する研究についてまとめたものである。

第1章では、空気輸送技術における学術および産業上の背景について述べた。学術面については、国内外の先行研究を調査し、本論文の主題である環状吹出し管を備えた吸込みノズルの特性を明らかにするための比較対象を明確にした。産業面については、当技術に対する産業界の将来展望を示し、本研究の工業上の位置づけについて述べた。そのうえで、本論文の研究目的および構成について述べた。

第2章では、実験装置および方法について述べた。装置の全体像、ノズル形状の詳細について説明を行い、特にノズル形状については本実験で改良を加えた2種類の吹出し口を併用した吸込みノズルの構造について述べた。また、実験データの評価方法について記述し、混合比やノズル効率など、主要な性能値の定義を示した。さらに、3章から5章までの実験条件について系統的に述べた。

第3章では、ノズル性能におよぼす吹出し口半径方向位置の影響について実験結果を述べた。流動効果を積極的に利用する向流式吸込みノズル (Type A) の特性に対し、本論文で新たに提案する吹出し管を吸込みノズルの外周に設置した場合 (Type B) の流動特性は、ノズルへの流入が向流式でエアレーション現象が支配的であることがわかる。当初、本提案の吸込みノズルは、管外周からの吹出し流が吸込みノズル下端周りからの粉粒体流入の阻害要因となると想定していたが、吹出し管の出口流速を同一とした場合の吹出し口取付け位置の影響を調査すると、両者の限界混合比はほぼ同じであることがわかる。さらに、吹出し管を吸込みノズルの外側へ取付けた場合の出口流速の影響について調査すると、流動境界および崩落境界はそれぞれほとんど変化しないことから、混合比と同様、それぞれの境界についても吹出し流量に対する依存性を確認した。さらに、向流式であるType Aの場合に比べて、並流式であるType Bでは、その流動化領域は狭くなり、吹出し管を吸込みノズル外側へ取付けると粉粒体の流動化を抑制できることもわかる。

第4章では、ノズル性能におよぼす吸込みノズル深さおよび吹出し管挿入長さの影響について、実験結果を述べた。混合比におよぼす吸込みノズル深さの影響について調べると、Type Aの場合と同様、Type Bの場合もほとんど変化しないことから、吸込みノズル深さの影響を受けないことがわかる。また、高流量比域において吹出し管挿入長さの影響について調べると、混合比の増加率はType Bのほうが大きくなることが確認された。ただし、挿入長さが大きすぎると、この条件の限界混合比が小さくなり、作動条件として適さなくなった。また、本実

験条件のうち、低流量比域においてType Bの場合には混合比の高い状態で作動できないことから、この領域において作動させる場合には吹出し挿入管を備えたType Aを選定するのが適することもわかる。さらに、各Typeにおける影響因子の大小関係を混合比について検討した結果、Type Aの場合、吹出し管挿入長さより吸込みノズル深さのほうが、またType Bの場合、吹出し管挿入長さの影響が大きいことが確認できた。ノズル性能に関する最適条件の観点から評価すると、両Typeの混合比が最大となる場合のノズル効率はほとんど同程度の値を示すことから、Type Bの場合でも、高流量比域において十分使用可能であることが確認できた。

第5章では、ノズル性能におよぼす吸込み流速および粒子径の影響について実験結果を述べた。粒子径の影響を正確に評価するには、供試粒子の浮遊速度とノズル内の吸込み流速の関係性を把握する必要がある。これまでType Aの場合については、作動範囲の大きさという観点から調査されている。その視点に対し、本章では、本研究の目的に則り、高濃度・高効率の観点について調査した。その結果、混合比におよぼす吸込み流速の影響について調べると、Type Aの場合と同様、Type Bの場合も、混合比の結果はほとんど同様な傾向を示すことを確認した。また、粒子径の影響についても、ノズル深さが与えられた幾何条件では、両Typeともにその影響はほとんど見られないことを確認した。

第6章では、第3章から第5章の結論を総括した。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

A Study on Pneumatic Conveying Characteristics of a Suction Nozzle with an Annular Injection Pipe for Powder and Particles

Name: ISHIHARADA Shuichi

This thesis describes the study on pneumatic conveying characteristics of suction nozzle with an annular injection pipe.

Chapter 1 describes academic and industrial background in pneumatic conveying technology. On the academic aspect, the preceding research in Japan and overseas is investigated, and the comparison object for clarifying the characteristics of the suction nozzle equipped with an annular injection pipe which is the subject of this paper is defined. On the industrial aspect, considering the various types of powder and particles applied in the field, the direction of the industry for this technology is shown, and the positioning of this research is described. After understanding them, purpose of this research and the structure of this thesis are explained.

Chapter 2 describes experimental apparatuses and methods. The whole picture of the apparatus and details of the nozzle shape are explained, and especially on the nozzle shape, the structure of the suction nozzle which combines two types of injection pipe inlets improved in this experiment is described. The evaluation method of the experimental data is described, and the definition of major performance values such as mixing ratio and nozzle efficiency is shown. Additionally, experimental conditions from Chapter 3 to Chapter 5 are systematically described.

Chapter 3 describes the experimental results of the effect of the injection pipe inlet radial position on nozzle performance. In contrast to the characteristics of the countercurrent suction nozzle (Type A), it is found that Type B which is the characteristics of the suction nozzle with the injection pipe installed on the outer periphery newly proposed in this paper is co-current, and the aeration phenomenon is dominant. At past, Type A utilizes the fluidization effect. This suction nozzle was initially assumed that the injection flow from the outer pipe periphery would be an inhibitor of the powder inflow from the lower end area of the suction nozzle. However, by investigating the effect of the outlet mounting position when the injection flow velocity of the injection pipe is set as equal, it is found that the limit mixing ratio of both is almost the same. The investigation of the outlet flow velocity effect while the injection pipe is installed outside of the suction nozzle indicates that there is the dependence on the injection flow rate for each boundary as well as the mixing ratio, since the fluidization boundary and the collapse boundary hardly change respectively. It is also found that the operating range becomes narrower at the concurrent

flow Type B compared with the countercurrent Type A. And the fluidization of powder and particles can be suppressed when the injection pipe is installed outside of the suction nozzle.

Chapter 4 describes experimental results on the effect of insertion length of suction nozzle and injection pipe on nozzle performance. When the effect of insertion length of suction nozzle on the mixing ratio is examined, it is not affected by the insertion length of suction nozzle since there is almost no change in the case of Type B as in the case of Type A. By examining the effect of injection pipe insertion length in the high flow ratio range, it is confirmed that the increase rate of the mixing ratio is larger in Type B. However, if the insertion length is too large, the limit mixing ratio of this condition becomes small and unsuited as an operating condition. Among these experimental conditions, it is also indicated that selecting Type A with an insertion length of injection pipe is suitable to operate in this range, since Type B cannot be operated in the low flow ratio range. In addition, as a result of examining the magnitude correlation of the influence factor in each Type on the mixing ratio, it is confirmed that in the case of Type A, the insertion length of suction nozzle influences larger than the insertion length of injection pipe, and in the case of Type B, the insertion length of injection pipe influences larger. Evaluating from the optimum condition perspective on the nozzle performance, Type B is confirmed as sufficiently applicable in the high flow ratio range as the nozzle efficiency indicates almost the same value when the mixing ratio of both Types is maximized.

Chapter 5 describes experimental results on the effect of suction velocity and particle diameter on nozzle performance. In order to accurately evaluate the effect of particle diameter, it is necessary to understand the relationship between the floating velocity of the test particles and the suction velocity in the nozzle. The case of Type A has been investigated from the perspective of the operating range magnitude. Regarding this perspective, in this chapter, investigation from the viewpoint of high efficiency and high concentration is conducted according to the purpose of this study. As the result, examining the effect of the suction velocity on the mixing ratio and nozzle efficiency, it is not significantly affected by the suction velocity since the case of Type B showed almost the same tendency as in the case of Type A. When the effect of particle diameter in Type B is examined, the result of Type B is as same as Type A on the case of the condition which is high efficiency (case of add the insertion length of suction nozzle). Both Type are not significantly affected by the particle diameter.

Chapter 6 summarizes the conclusions of Chapters 3 through 5.