

# ガスデポジション装置用搬送管の製作

石川健司<sup>1</sup>

筑波大学研究基盤総合センター 工作部門  
〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

## 概要

超微粒子金属を作るための「ガスデポジション装置」において、搬送管（トランスファーチューブ）を製作したので報告する。

## 1. はじめに

筑波大学数理物質科学研究科、喜多・柳原研究室と水林・谷本研究室では金属ナノ結晶作製法としてガスデポジション装置を用いている。この装置は上と下の部屋に不活性ガスを入れ圧力差を作り、下の部屋で 1300℃に加熱し融解する母材の蒸気と圧力差で出来たジェット気流を利用して上の部屋に飛ばし、冷却した基板に蒸着させている<sup>2</sup>。融解金属超微粒子が通る搬送管内面は円滑でなければならない。図1に水林・谷本研究室から提供されたガスデポジション装置の概略図を示す。

搬送管は消耗品であり製作を依頼されるが、どのように設計・溶接したら良いか、毎回試行錯誤して作っている。今まで使用していたアダプターでは、

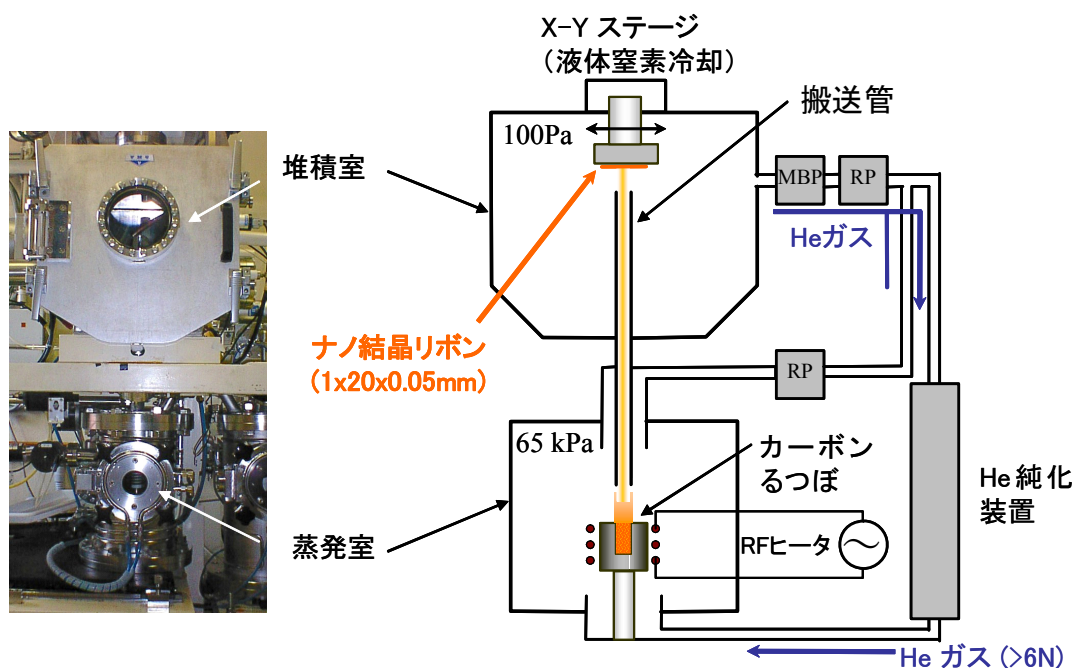
内管とアダプターの溶接の成功率が低いため、今回は試作品を作りどのような条件でアダプターと内管を溶接したとき、管の内側に溶接のはみ出しが出るかを知るため、アダプターを切断して原因を探り、再設計した。

## 2. 搬送管

### 2.1 搬送管の構成

搬送管はステンレス（SUS304）BA管、直径 1/8 インチ（約 3.2mm）・厚さ 0.72mm・長さ 600mm の内管と、直径 1/2 インチ（約 12.7mm）・厚さ 1.2mm・長さ 460mm の外管を一方の端をアダプターに TIG 溶接（タンダステン・イナートガス・アーク溶接）して二重管にした物で、反対側は開放してある。簡略断面図を図2に示す。

内管とアダプターの TIG 溶接は、溶け込みが深いと溶接の溶融金属が出るので溶け込みは浅く、気密性を要求されている。



超微粒子をガスジェット流  
を用いて数msのうちに基板  
上へ直接堆積固化

n-Au ( $\rho/\rho_0 > 99\%$ )  
n-Cu ( $\rho/\rho_0 > 96\%$ )  
n-Ni, n-Fe, ...

図1. ガスデポジション装置概略図

<sup>1</sup> E-mail: ishikawa@kou-c.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-2526

<sup>2</sup> [http://www.ims.tsukuba.ac.jp/~mizutani\\_lab/page/naiyou/kessyou/kessyou.htm](http://www.ims.tsukuba.ac.jp/~mizutani_lab/page/naiyou/kessyou/kessyou.htm)

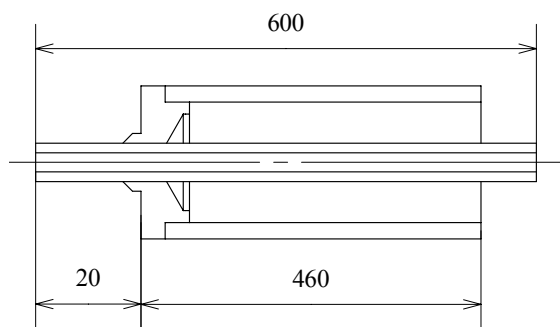


図2. 搬送管断面図

## 2.2 アダプター

アダプターはステンレス製（SUS304）で丸棒から削りだして作る。機械加工・溶接とも自分で行うので、溶接しやすいと思われる試作品を何点か作りアダプターの突起（へり）の形状（厚さと長さ）を変え、溶接のしやすさと管内部のはみ出しがどうか、切断して調べてみた。

アダプターのへりが薄いと溶接のとき内管への影響は少ない、しかしへりだけが溶けて丸まり、管と溶接できない状態になった。へりが厚いとアークをへりに飛ばしても、へりは溶けないで内管の方から溶け、管内部に熔融金属のはみ出しが出来る。

切断して初めてわかった事であるが溶接の熱で、管内部表面が酸化膜で覆われていた。

アダプターの溶接には、アークをアダプターのへりに飛ばし、へりを溶かしながら内管に溶接するのが一番良いと思い、図3の左側の形に決定した。この形状は、へりが内管と同じ厚さを持ち熱容量がほぼ等しくなっている。アークを飛ばした瞬間に、穴が開く事はないが、慎重に作業を進めないで熔融金属が内管の内側に出してしまう。

右側の図は今まで使っていたアダプターである。このアダプターはへりを小さく設計した。図3に新旧アダプターの断面図を示す。

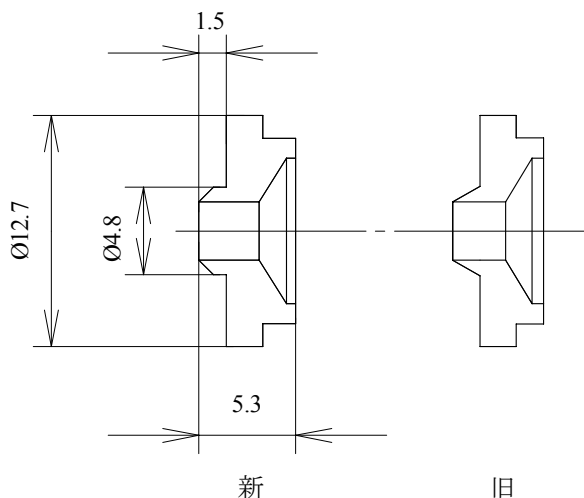


図3. 新旧のアダプター

## 2.3 溶接

溶接作業はアダプターと内管を溶接し、内側に熔融金属が出ていないか、直径1.6mmの棒（溶接用タングステン電極）が引っかかりなく通る事を確認して検査した。この段階では外側からルーペを使い、アダプターと内管が溶接されているか、目視検査した。

内側のはみ出しがなく、目視検査もよかった物に外管を溶接して、ヘリウム・リーク・ディテクターを使い気密性の検査をする。

## 3. 作業の結果

今回の作業の目的は、アダプターと内管を溶接することによって、内管の内側がどのように変化しているか、溶接による熔融金属がどれくらい出るのか、内径1.74mmの中を知る事である。

溶接後1.6mmのタングステン電極を通す検査をするが、止まると中の状態の確認は全く出来ない。ただ漠然と熔融金属がはみ出していることがわかるだけである。小径なので、はみ出している量や大きさもわからない。

作業を進めるためには、どのような状態になるのか正確に把握している必要がある。何に注意して、作業を進めたらいいか全く状況がわからないので、切断してみた。

管の内側のはみ出しには2種類あることがわかった、ひとつは溶接の溶け込み深さが深く管内部にはみ出した物と、もうひとつはアークが直接管にあたり溶けた物である。

溶接電流が大きいと加熱時間が短く管内部の酸化が少ない、しかし溶接部材が小さすぎるため、アークを飛ばして1/4周回らないうちに、加熱しすぎて溶け込みが深くなり、内部のはみ出し量が多い。溶接のスタート時は電流を大きめにしても、一部分でも管とアダプターが融合したら、電流を小さくして作業したほうが良いことがわかった。

また以前のアダプター形状では、へりが小さすぎたため、溶接時にアークが直接管を加熱し、内部にはみ出しが出来ることを、切断することによってわかった。管の肉厚が薄いため、管に直接アークが飛ぶと加熱しているところが溶け落ち、穴があくので管を直接加熱しないで、アダプターのへりを過熱して、溶かし込みながら管と溶接をするように新しいアダプターを設計した。

## 4. まとめ

再設計したアダプターを使って溶接した結果、溶接が成功する確率が高くなった。前のアダプターでは6割ぐらいの成功率だったが、8割に上がった。これは管内部を切断して見ることにより、どれくらい加熱したら良いかわかったからである。タングステン電極を通す検査でも、引っかかりなく、またへり溶接することにより溶接部分の溶接による熱変形も小さくなったと思われる。

今後の課題は、極力熱変形が出ないようにする事と溶接内部を酸化させないことだと思う。熱変形は、短時間で溶接することにより可能なことなので、アダプターの改良にかかっている。

またアダプターと内管の溶接内部が酸化して酸化物質が付いていると、ナノ結晶に影響があると思われるので、次に製作依頼が来たときには試作品として、管内部に不活性ガスを充填させて溶接し、切断して様子を見ようと思っている。

今まで作業で失敗しても原因を考えなかったが、今回失敗した物を切断して原因を調べ設計しなおして成功率を上げることが出来た。

失敗した原因を調べ直せば、次に同じ仕事が来たときには同じ失敗はしないはずだと思うので、失敗をしたときは原因をはっきり調べるべきだと実感した。

以下に今回切断したアダプターの試作品と完成品の図を載せる。

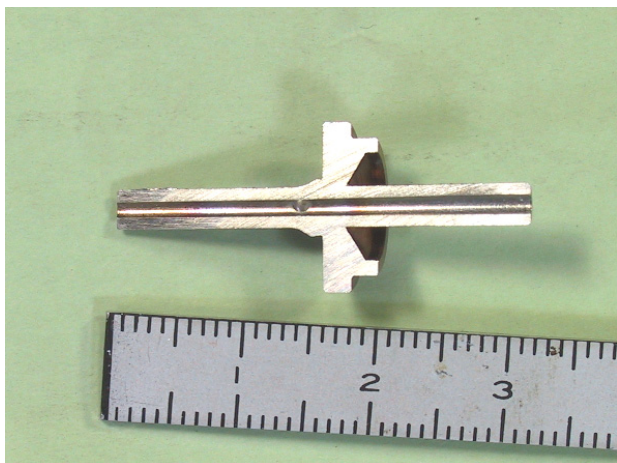


図4. 溶融金属が管内部に少しはみ出た溶接

これは、溶接時にアークを飛ばしたまま移動できずに、同じところを照射したためにできた物。

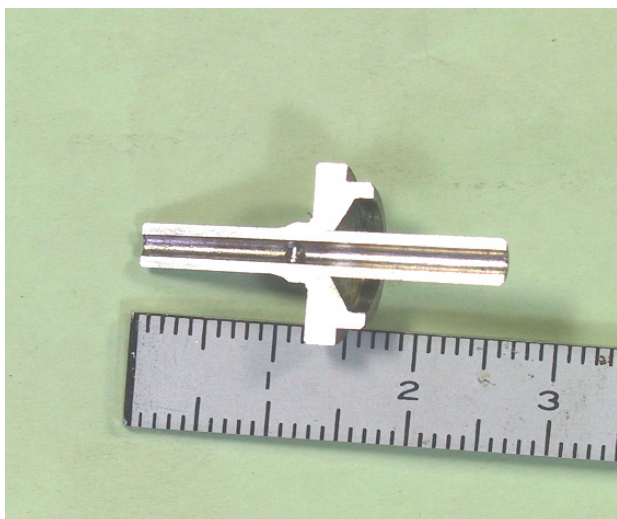


図5. 溶融金属が管内部に多くはみ出た溶接

これは、溶接電流が大きくて溶け込みが深くできた物。



図6. アダプターと管の溶接が成功した物  
これは、適当な電流と送りにより成功した溶接。

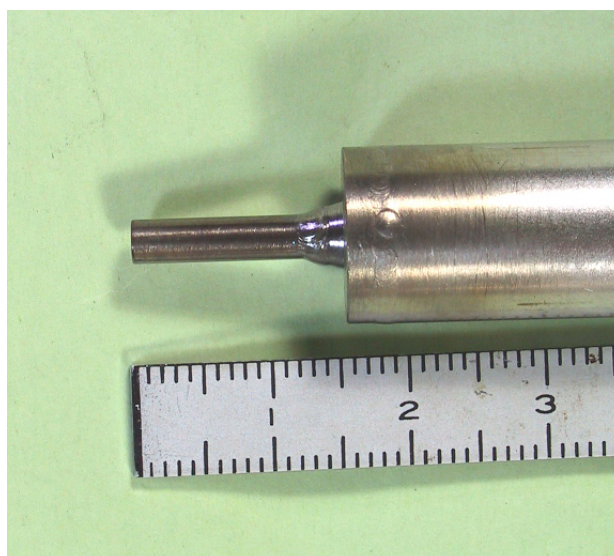


図7. 搬送管完成品

この図は搬送管のアダプター側の外管を溶接した完成品である。

## 謝辞

本報告書作成に当たり、資料を提供していただいた、本学数理物質科学研究科 谷本久典 助教授に感謝致します。