

OUTGASSING PROPERTIES OF TITANIUM FOIL WINDOW AND ALUMINIUM ALLOY CHAMBER

Osamu Konno

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

A measurement has been made of the effects on the oxidized surface layer of aluminium when irradiated with a high energy electron beam, in a vacuum. Two samples were used; pure (99.99%) aluminium, and an alloy A6063-T6SE which contains Mg. The results show that the alloy is superior to the pure aluminium, in terms of both the amount of outgassing that occurs and changes in the chemical composition of the surface.

Although Ti is used extensively as window foil for reaction chambers, scanning electron microscope (SEM) indicated significant scoring and cavitation on the surface. Therefore when Ti foil is to be used as a window of an ultra-high vacuum system, considerable care should be taken.

1 実験方法と試験試料

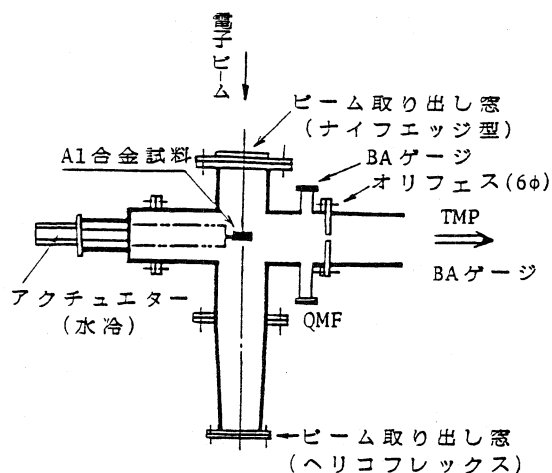
1.1 実験目的

イ) 電子リニアックのビームトランスポート系には、スリットやコリメーターが設置されるが、それらによって散乱された電子でダクトが発熱や放射化されるという問題が生じる。現有のリニアックのダクト発熱測定では110℃程度の発熱が観測されている。熱電導の良いAl材でダクトを製作したとしても発熱や放射化は避けられない。そこでAl材の表面酸化膜が電子ビームを照射した時、どのような化学組成の変化があるか、Al合金材の中からA6063-SE(特殊加工)と純Al材(99.99%)を選び、照射時のガス放出量の測定と照射前後の表面元素の変化をIMAで分析した。

ロ) ビーム取り出し窓の真空シール材にTi(58μm)を使用した場合のシールの問題点と耐熱性を調べた。

1.2 試験装置

照射試験ダクト(A6063T6)の概略図を第1図に示す。両側をTi板で真空シールしたダクトの中心を電子ビームが通過する。Al材は水冷却パイプ(2 l/min)にネジ締めされており、アクチュエーターによってビームの中心に出し入れ出来る様にする。試料室側にBAゲージと質量分析計(QMF)を取付け、オリフェス(6φ)を通してTMP(250 l/s)で排気する。その時のポンプ側真空圧力をBAゲージで測定する。電子ビーム照射中の試料からのガス分圧をQMFで測定し、ガス放出量はオリフェスの両側の差圧によりスルーポット法により求める。電子ビームは50MeV,平均電流70μA、ビーム径6mm程度である。



第1図 照射試験ダクト概略図

1.3 試料の化学組成

イ) Ti 板

ビーム取り出し窓用として3種類のTi板を試験した。その組成(発光分析)を第1表に示す。Ti板の耐熱性はTiの純度だけでなく、酸素や水素の含有量で決るとされている。Ti板の表面をSEMで、表面の元素分析をIMAで調べた。その結果は発表会の席上で示す。

	厚さ (μm)	硬度(Hv)	荒さ(μm)	引張強さ	Ti以外の主な残留成分(wt%)		
					O	H	Fe
日本製Ti板(A)	50	209	1.1	38kg/mm ²	0.079	0.0046	0.022
米国製Ti板(B)	58	124	1.0	45kg/mm ²	0.112	0.0078	0.031

ロ) Al 合金材

第1表 Ti板の組成と機械的性質

純Al材(99.99%)とA6063-SE(特殊加工)の化学組成(発光分析)を第2表に示す。照射前後の表面元素分析をIMAで調べた。その結果は発表会の席上で示す。

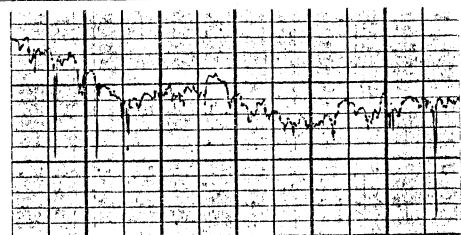
試験片	組成	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Na	Ni
6063-T6SE	wt%	Bal	0.44	0.2	0.01	Tr	0.51	Tr	Tr	0.01		
純Al	PPM	99.99%	28	31				9			10	10

第2表 Al試験片化学組成

2) 実験結果と考察

2.1 ビーム取り出し窓

Ti板を第1図に示すヘリコフレックスを使用したフランジとナイフエッジ型フランジ(A2219T852、プリネル硬度120)の両方で真空試験した。日本製Ti板(A)と米国製Ti板(B)の表面荒さを、触針法で測定した。その測定グラフを第2図に示す。この結果(A)では1.1 μm 、(B)では1.0 μm と殆ど差がなかったが(B)の荒さにはスパイクノイズが観測された。はじめ此のスパイクは浅いキズと考え、真空試験を行っところ、到達圧力は $\sim 10^{-8}$ Torr代しか得られなかった。SEMでTi表面を観測した結果、写真1に示す様にキズではなく、かなり深いクレーターの存在が解つた。この深さではナイフエッジで潰す事は出来ない(写真2)。Ti板(A)はロール加工後表面研磨されている為に真空シールに問題はなかった。Ti板の購入に当っては、表面荒さ、硬度、を調べただけではダメな事を示している。



第2図 米国製Ti板表面荒さ測定

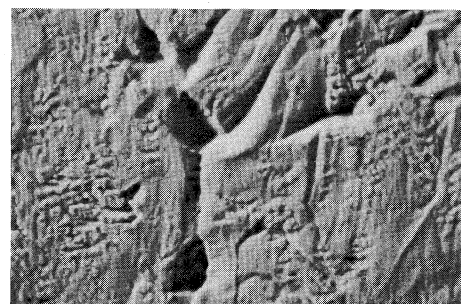


写真1 Ti板の表面(43mm=100 μm)

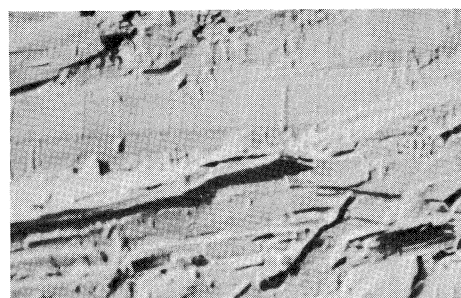


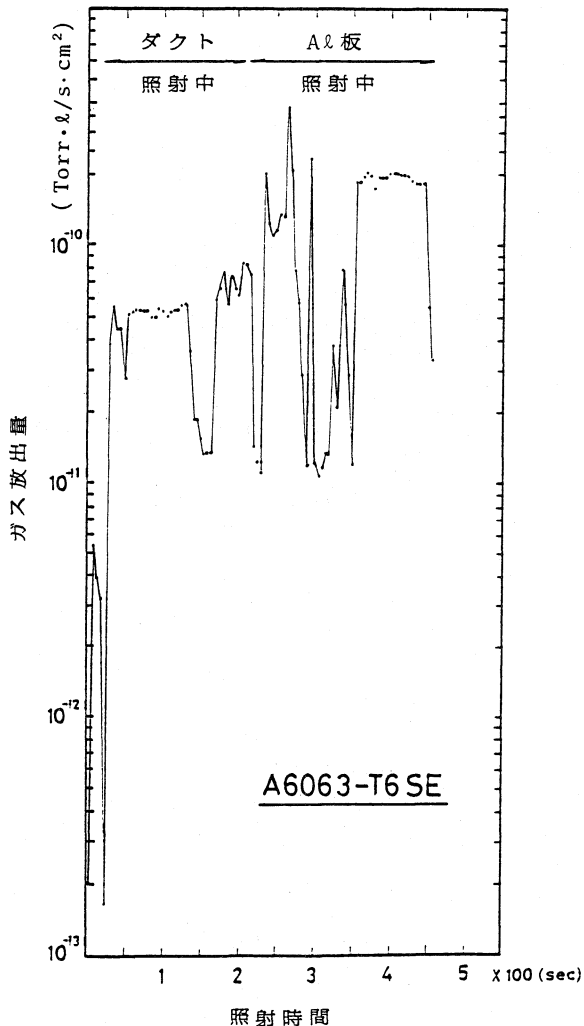
写真2 ナイフエッジで潰した面
(43mm=100 μm)

次に電子ビームによる耐熱試験では、(A)は強制風冷しているにもかかわらず数回の実験で、ビームによる変色が出来、部分的に脆くなった。Ti板(B)は耐熱性は良好であつた。IMAの観測では(A)材よりも(B)材のほうが表面に酸化チタンが多く確認されている。又、照射後の(A)材の表面には照射前に見られなかった元素=Mg, Si, Al, FeがIMAで確認された。此らの元素は、(B)材にも含まれている事から、耐熱性は、此ら以外の元素によるものと思われるがはつきりした点は分っていない。又、一般には酸素や水素の含まれる量が少ない方がよいと考えられるが何故か逆の結果になつた。

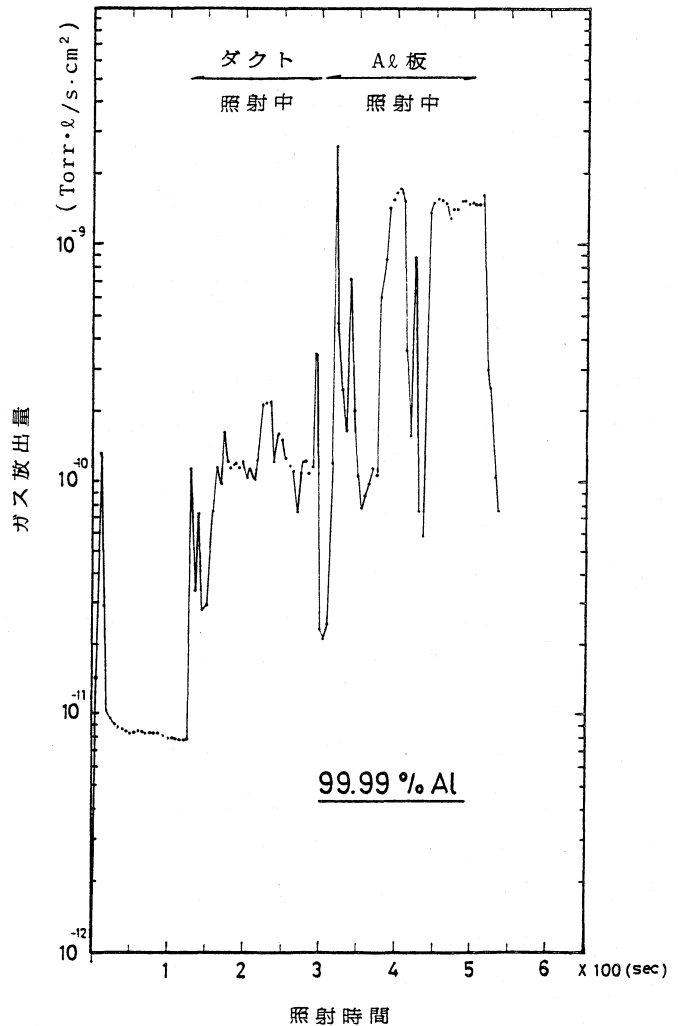
2.2) Al合金材の組成変化とガス放出量について

イ) 6063材には、約0.5%程度のMgがふくまれている。此の結果、他の材料よりもガス放出量が低く押えられる。今回、照射した6063-SE材は、ダクトを作る工程に於て表面層の膜が緻密な層になる様に作られており、KEKのダクト材としても使用されている。此の膜の組成が電子ビームによってどの様に変化するかを、IMAによって(その前後を)調べた。IMAのArイオンのスポットを100 μmにして表面付近の元素分析を行つた後、Mg, Alの元素が深さ方向にどの程度、観測されるかを調べた。なお、Mg, Alを調べる場合には、Arイオンのスポットを800 μmに大きくし、時間をかけて深さ方向の元素分布を調べた。此の結果、6063材表面層のMgは、照射前よりも減少するが、照射後もかなり存在しており、ガス放出量を押える役割をしている。照射中のガス放出量の測定結果を第3図に示す。又、QMFによる分圧測定では、電子が当たった当初だけかなり多くのガス放出が観測された。結果としては6063-SE材は予想どおりガス放出量が少なく、表面の状態も保たれ、ダクトの材料として優れている。

ロ) 純Al材のガス放出量の結果を第4図に示す。この結果から純Al材といえども、表面膜対策をしない材料は、一般材と同様に吸着ガスが多く、真空的には問題が有る事を示す。



第3図 A6063-T6SE材のガス放出量



第4図 純Al材のガス放出量