

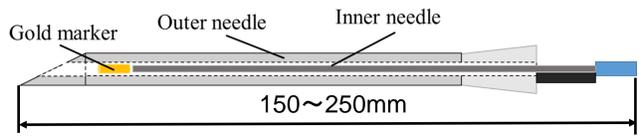
STUDY OF THE EFFECT OF MODIFICATION OF MECHANICAL PROPERTIES BY PLASMA NITRIDING TREATMENT ON THE STRAIGHT-LINE STABILITY OF RADIOTHERAPY NEEDLES

UNIVERSITY OF YAMANASHI

Keita ITO, Yasumi ITO, Ryuichi YAMADA, Kensuke HATTORI, Masahide SAITO and Hiroshi ONISHI
University of Yamanashi
E-mail: g22tm004@yamanashi.ac.jp, ryamada@yamanashi.ac.jp15 – 18 November 2023,
Corus Hotel Kuala Lumpur,
MalaysiaITO YAMADA
L A B

緒言

放射線治療の分野において、サイバーナイフを用いた動体追尾照射がある。体内にあらかじめ留置した金マーカをリアルタイムに追跡しながら放射線照射を行うことで、照射範囲を縮小させることができる技術である。金マーカを体内に留置する際に、留置用ニードルを使用する。



留置用ニードル使用時の問題点

細いニードル

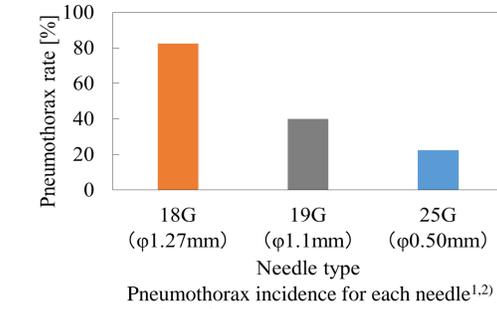
体内でのニードルのたわみが発生することで金マーカの位置ずれが生じ治療効果の減少につながる

太いニードル

体内での直進性は高いが穿刺時に気胸などのリスクを伴う

これまでの研究

ニードルの材質や先端形状に注目



Pneumothorax incidence for each needle^{1,2)}
本研究

ニードルへの表面処理による機械的性質の変更に注目

目的

表面処理がニードルの直進性に与える影響を調査するために小径ステンレス鋼に対してプラズマ窒化処理を実施し、小径ステンレス鋼の機械的性質を調査した

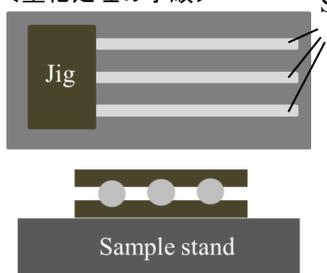
実験材料および実験方法

概要

長さ100mm、φ0.5mmおよびφ1.0mmのステンレス鋼の丸棒材に対してプラズマ窒化処理を実施した。窒化処理後にXRD測定、断面観察およびビッカース硬さ試験の3つの実験を実施した。

プラズマ窒化処理

<窒化処理の手順>



試料の固定方法

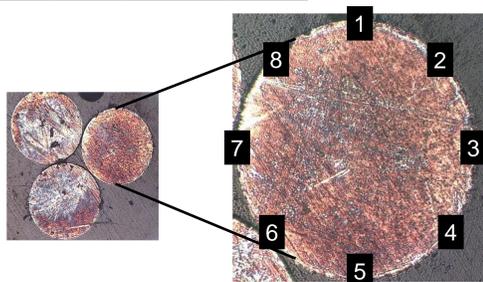
1. 治具を用いて試料を試料台に固定 (試料は試料台から浮かせた状態にする)
2. 試料への窒化処理を行う
3. 試料を180° 反転させる
4. 再度試料への窒化処理を行う →円周上に窒化層を形成するために2回窒化を行った

実験 I (断面観察)

プラズマ窒化処理によって形成された層の観察のために実施した

研磨工程

工程	ディスク	研磨剤
1	耐水研磨紙 (#300)	水
2	耐水研磨紙 (#600)	水
3	耐水研磨紙 (#1000)	水
4	耐水研磨紙 (#1500)	水
5	耐水研磨紙 (#2000)	水
6	バフ布 (3μm)	ダイヤモンドペースト



円周上に8か所測定を行った

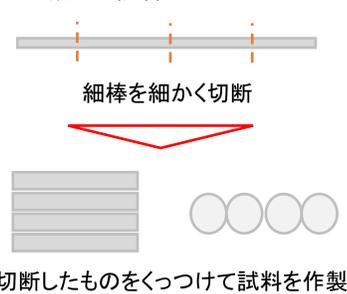
実験 II (XRD測定)

窒化処理後の試料表面の組成を分析するために、結晶構造分析を実施した



全自動水平型多目的X線解析装置

<測定した試料について>



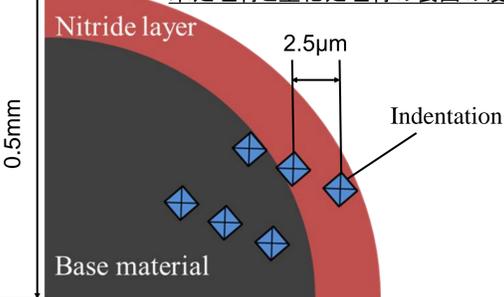
切断したものをくっつけて試料を作製

測定条件

開始 [deg]	30
終了 [deg]	100
ステップ [deg]	0.0200
スピード [deg/min]	2.0

実験 III (ビッカース硬さ試験)

未処理材と窒化処理材の表面の硬さを比較するために実施した



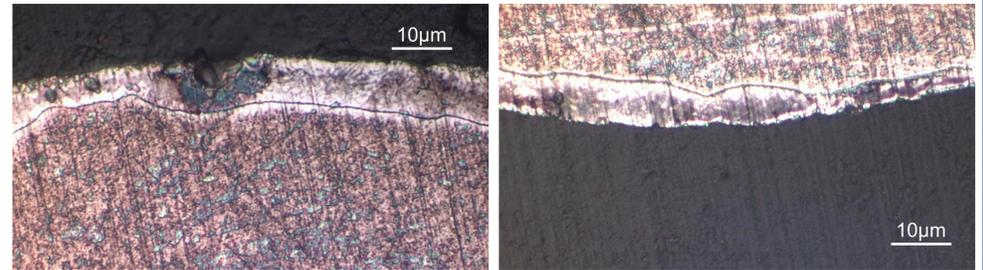
断面の硬さ分布測定

使用機器および測定条件

使用機器	マイクロビッカース硬度計 (島津製作所製)
押し込み荷重 [mN]	98.07 (HV0.01)
保持時間 [sec]	15
測定箇所	6
圧痕間隔 [μm]	2.5

実験結果および考察

実験 I (断面観察)



断面①

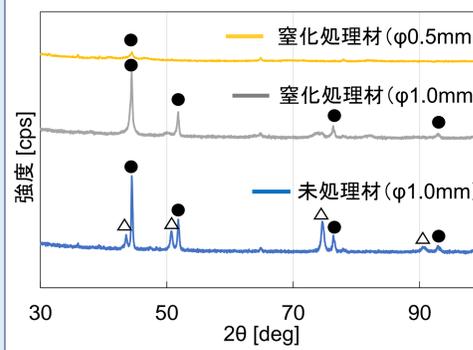
断面⑤

窒化処理後のφ0.5mm丸棒材の断面図

- 5.0μm~10μm程度の窒化層が形成
- 窒化層の形成にはばらつきがある →結晶構造の違いによって層の厚さにばらつきができた可能性
- 層の中央部に黒い層が確認できる: CrNが形成された可能性

浮かせた状態で2回窒化処理を行う条件で小径の丸棒材に円周上に窒化層が形成されることが確認できた

実験 II (XRD測定)



未処理材と窒化処理材との比較

XRDの結果から窒化層が形成されたとは断定できないが、窒化処理をしたことで変化が起きている。今後実験条件の検討を行っていく。

未処理材の隣接する2つのピーク

低角側: オーステナイト (γ-Fe)
高角側: 加工誘起マルテンサイト (α'-Fe)
→ α'-Feの影響で窒化層の厚さにばらつき?

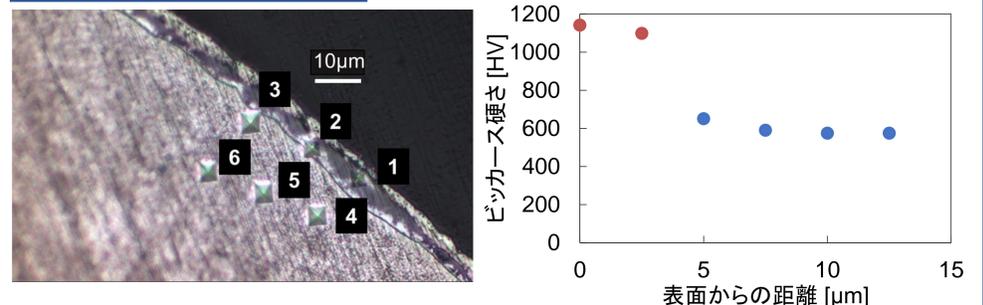
S相やCrNのピークが現れなかった

- 材料が細い、形状が板材ではない
- 固溶化処理を行っていない →これらの理由からS相やCrNのピークが現れなかったと考えられる

窒化処理材ではγ-Feのピークが消失

窒化処理をしたことで何かの変化が起きた

実験 III (ビッカース硬さ試験)



ビッカース硬さ試験の結果

測定箇所	1	2	3	4	5	6
硬さ [HV]	1142	1099	651	590	575	575

- 窒化処理によってできた層の硬さが1100~1150HV程度となっている →文献と同様の値になったため、窒化層が形成されたと考えられる
- 母相の硬さ: 600HV程度 ⇔ SUS304の硬さ: 200HV →細線による加工硬化によって母相の硬度が上昇したことが考えられる

プラズマ窒化処理によって1100~1150HV程度の窒化層が形成された

結言

- 浮かせた状態で2回窒化処理を行う条件で小径の丸棒材に円周上に窒化層が形成されることが確認できた
- プラズマ窒化処理によってS相やCrNの生成は確認できなかった。しかし、γ-Feのピークが消失しており、プラズマ窒化処理によって変化が起きたことが確認できた。
- プラズマ窒化処理によって1100~1150HVの硬さを得ることができた
- これまではニードルの先端形状や材質の変更による直進性の影響を調査してきたが、今後は表面処理がニードルの直進性に与える影響について調査していく

参考文献

- 1) Gitte F. Persson, Mirjana Josipovic, Ditte E. Nygaard, Peter von der Recke, Marianne Aznar, Trine Juhler-Nøttrup, Per Munkk af Rosenschöld, Stine Korreman, Lena Specht: Percutaneously implanted markers in peripheral lung tumours: Report of complications, Acta Oncologica, Vol.52, No.6, (2012), pp1225-1228.
- 2) Nikhil Bhagat, Nicholas Fidelman, Jeremy C. Durack, Jeremy Collins, Roy L. Gordon, Jeanne M. LaBerge, Robert K. Kerlan Jr: Complications Associated with the Percutaneous Insertion of Fiducial Markers in the Thorax, Cardiovascular and Interventional Radiology, Vol.33, No.6, (2010), pp.1186-1191.
- 3) K. Sumiya, et al. Application of Active-Screen Plasma Nitriding to an Austenitic Stainless Steel Small-Diameter Thin Pipe. Metals 2021, 11, 366.