



## プラズマ窒化したサンプルの評価（実地研修）

水流 一平<sup>1</sup>，大久保 大地<sup>1</sup>，市村 進<sup>2</sup>，山田 範明<sup>3</sup>

1 中日本炉工業株式会社 設計技術部

2 公益財団法人 名古屋産業振興公社 工業技術振興部産業応用課

3 名古屋市工業研究所 プロジェクト推進室

キーワード：プラズマ、鉄鋼、窒化、残留応力

### 1. 背景と研究目的

我々は、鉄鋼材料のプラズマ窒化を検討している。あるプラズマ処理条件を制御することにより、鉄鋼表面の硬度を自在に制御できるようになった。当該、硬度の制御が何の物理量に由来するかを、明らかにすることが、本研究の目的である。

### 2. 実験内容

試料寸法が 10 mm×10mm×5 mm の SKD61 に対し、プラズマ窒化処理条件を変化させて測定試料を製作した。硬度が変化する様に、プラズマ処理条件を調整し、未処理を含め、4 試料を X 線回折測定に供した。

表 1 試料名とビッカース硬度の関係

試料名	ビッカース硬度 / HV
未処理	560
処理①	718
処理②	1148
処理③	1219

### 3. 結果および考察

$\theta$ -2 $\theta$  スキャン結果を図 1 に示す。プラズマ窒化処理により、消失する回折ピークと出現する回折ピークが存在し、現象を理解する上で、極めて重要な情報が得られた。回折ピークの帰属は、プラズマ処理条件と照合して、確からしさを検証する予定である。

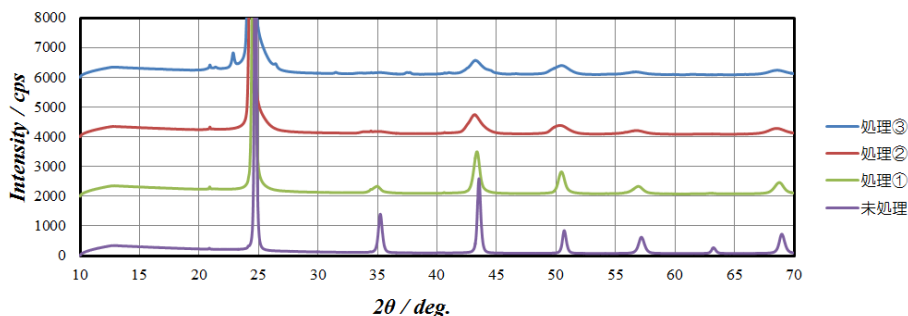


図 1 各種処理による  $\theta$ -2 $\theta$  スキャン結果

$\alpha$ -Fe (310)回折ピークに注目した  $\theta$ -2 $\theta$  スキャン結果を、図 2 に示す。プラズマ処理条件により、(310)ピークがシフトしていることが、分かる。残留応力の影響である事が示唆されたため、 $\sin^2\psi$  法による、X 線応力測定を実施した。

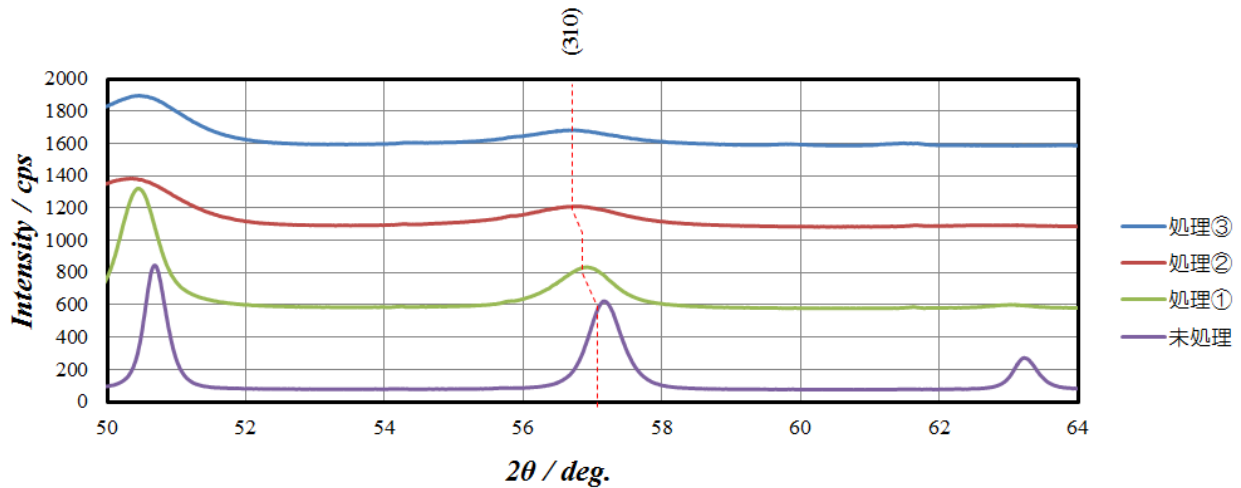


図2 α-Fe (310)に注目したθ-2θ スキャン結果

$\sin^2\psi$  法測定で得られた、各種プラズマ処理での  $\sin^2\psi$  と  $2\theta$  の関係を図3に示す。各種プラズマ処理により、傾きが異なる事が分かった。傾きが正より残留応力が、圧縮であることが分かった。

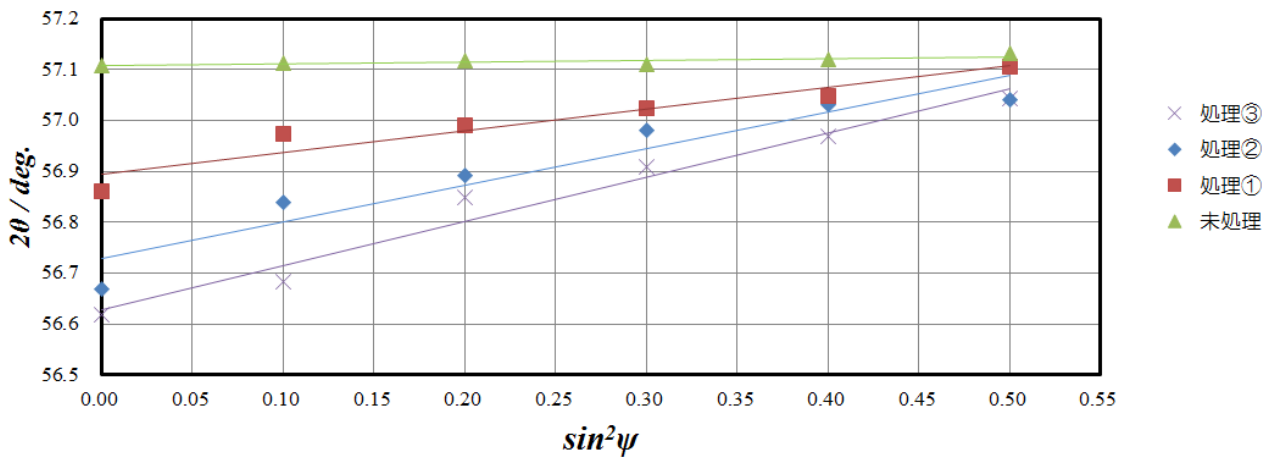


図3 各種プラズマ処理での  $\sin^2\psi$  と  $2\theta$  の関係

X線回折角と応力との関係は、式1で表す事ができる。

$$\sigma = K \cdot \frac{\partial(2\theta)}{\partial(\sin^2\psi)} \quad (1)$$

ここで、 $\sigma$ : 応力、 $K$ : 応力定数、 $\theta$ : 回折角、 $\psi$ : 試料面法線となす角である。応力定数は、材料のヤング率、ポアソン比、無歪状態における反射角から、算出される。今回の測定では、ヤング率 210.7(GPa)、ポアソン比 0.290、無歪  $2\theta$  角度 56.650 (deg)と仮定して応力の算出を行った。ビッカース硬度と残留応力の関係を、表2に示す。ビッカース硬度は、中日本炉工業株式会社所有の株式会社ミットヨ製のHM-100を使用し、荷重 0.5kgf で測定した。

表2 ビッカース硬度と残留応力の関係

試料名	ビッカース硬度 / HV	残留応力 / MPa
未処理	560	-91 ±40
処理①	718	-1080 ±190
処理②	1148	-1666 ±378
処理③	1219	-2121 ±267

残留応力の増加とともに、ビッカース硬度が増加していることが、分かった。今後、断面 TEM 等の結果と合わせて窒化メカニズムを、更に、解明していく予定である。