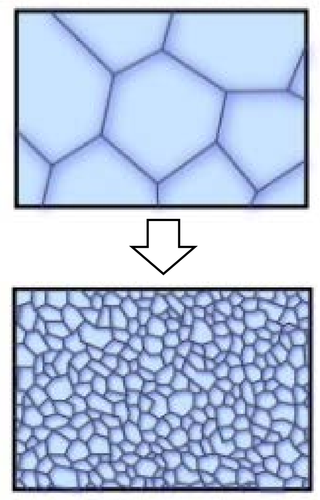
非線形ねじり (NTE)押出し法による結晶粒超微細化

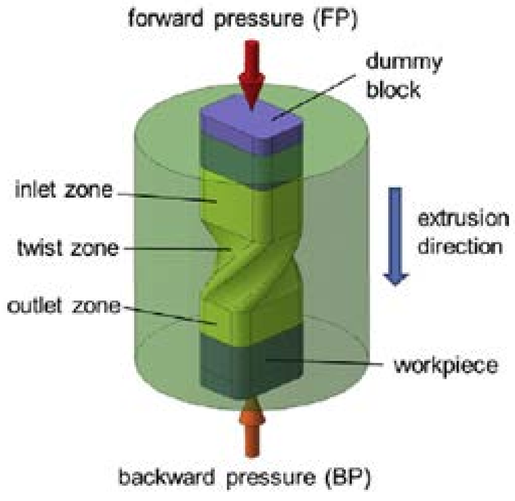
森島　千賀(1), 民秋　駿(2), 湯浅　元仁(2), 宮本　博之(2)
1. Graduate School of Mechanical Engineering, Doshisha University, Kyoto 610-0321, Japan
2. Department of Mechanical Engineering, Doshisha University, Kyoto 610-0321, Japan
キーワード：強ひずみ加工法 (SPD), ねじり押出し (TE), 超微細結晶粒 (UFG)

背景・目的

金属材料の強化方法の中で，結晶粒微細化は合金元素が不要な強化手法であることからリサイクル性に富んだ強化法である．結晶粒を1ミクロン以下まで微細化する方法として材料に巨大ひずみを与えられる強ひずみ加工法(SPD)が注目されている．SPDは強化方法の中でも比較的に靭性および延性を低下させずに強度を増加させることができる．SPDの中でも特にねじり押出法（TE）は一定の角度にねじりながら押出すことでせん断ひずみを与える加工法であり，連続した加工が可能である．しかし，ねじり部の入り側と出側で，逆方向のせん断ひずみが発生する(ひずみの往復)．そのため，結晶粒微細化の効果を効率よく得ることができない．本研究では，線形にねじりながら原形に戻すことによりひずみの往復が発生することを防ぎ，ねじり角を送りに対して非線形に増加させることにより剛体回転を防ぎ，さらに効率よく結晶粒微細化を促進する新たな加工方法としてNonlinear Twist Extrusion (NTE) を開発した．

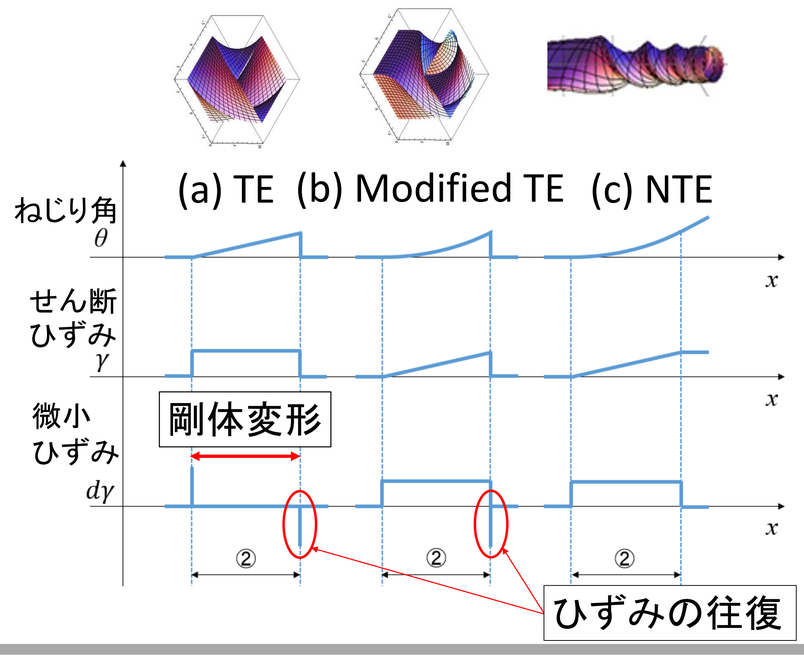


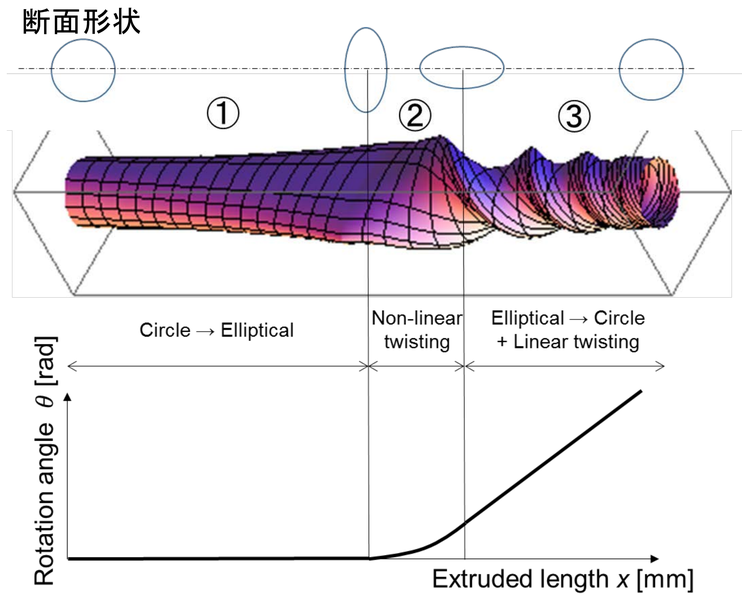
TEおよびNTEの概要



Conventional TE
M.I. Latypov (2012) Computational Materials Science

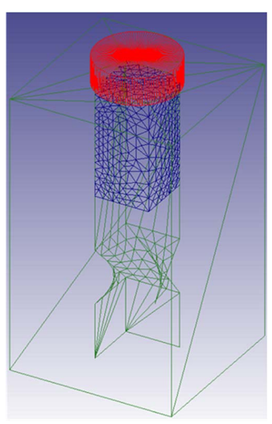
disadvantages
1. ねじり区間における剛体変形
2. ねじり区間の入側と出側におけるひずみの往復



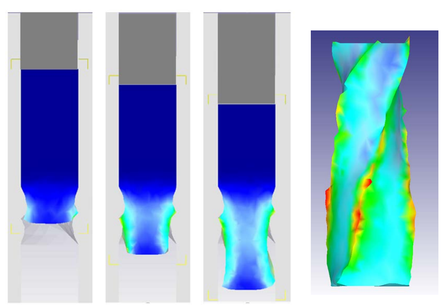


結果および考察

DEFORM解析



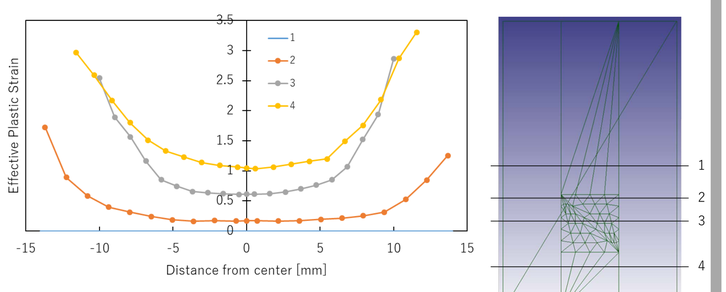
TE



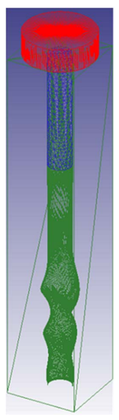
Specimen after TE 1pass

せん断ひずみ

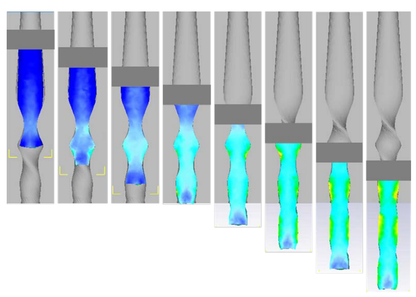
$$\gamma = \frac{r\theta}{L}$$



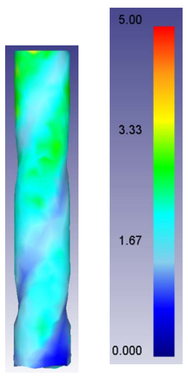
Effective strain of TE



NTE



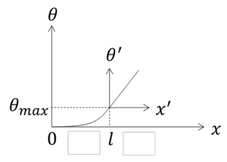
Specimen after NTE 1pass

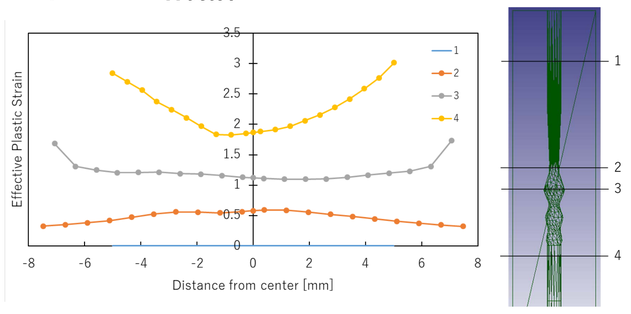


Effective strain

せん断ひずみ

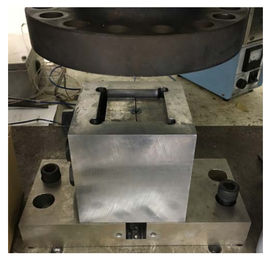
$$\gamma = n\theta_{max} r l^{-1}$$



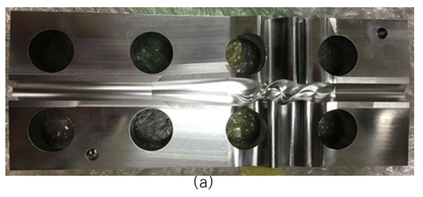


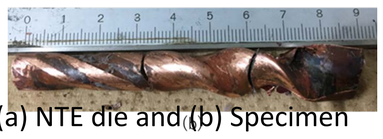
Effective strain of NTE

NTE実験

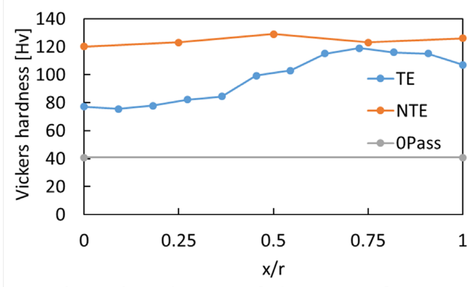


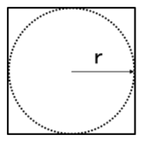
Setup NTE die



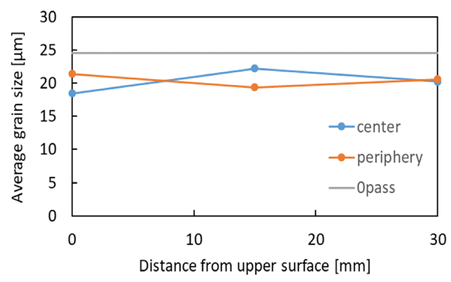


(a) NTE die and (b) Specimen after NTE 1pass





Vickers hardness of distance from center



center　periphery

Grain size of distance from center

結言

1. TEは試験片断面周辺部に相当塑性ひずみが集中するのに対してNTEは試験片断面全体に比較的均一に導入される．
2. ビッカース硬さ試験においても数値解析に対応して，NTEはTEよりの断面の硬さ分布が均一になった．加えて，NTEはTEよりビッカース硬さが全般的に高くなった．
3. NTE後の結晶粒径はNTE前よりは減少したが，ナノレベルまでの微細化には達しなかった．ナノレベルの結晶粒径を得るためには，さらにひずみを導入する必要がある．