

ひずみ蓄積が転位と結晶粒成長へ与える影響の評価

旭川工業高等専門学校 機械システム工学科 杉本剛
 旭川工業高等専門学校 生産システム工学専攻 後藤峻
 豊橋技術科学大学 機械工学系 足立望

1. 研究目的

近年、加工コスト・加熱コストの低減と部品精度向上のため、自動車用のデフギアなどといった浸炭熱処理部品の前加工に冷間鍛造部品を行う場合が増えてきている。この際、冷間加工でのせん断ひずみの付与(1)により、浸炭熱処理における高温保持時に結晶粒成長(以下、GG)が発生する。GG は金属材料の衝撃強度に悪影響を及ぼすため、浸炭強化部品の高品質化を妨げている。(2)このため、GG による影響は解決すべき問題となる。先行研究により、結晶粒の最大粒径は単純な変形の場合、最大せん断ひずみにおおよそ正の相関を示すことが分かっている(3)。そこで、本研究では円盤状の試料に上下のジグにより高い静水圧をかけた状態で、ねじりによるせん断ひずみを導入する HPT 加工法という加工法を用い、Cyclic-HPT(c-HPT) (4)と呼ばれる加工経路によって制御される 1 パスで与えられるひずみ量 $|\pm\Delta\epsilon|$ と、積み重ねによって試料に与えられる総ひずみ量 $\Sigma|\pm\Delta\epsilon|$ に着目し、転位の蓄積によって GG がどのように変化するかを検証した。

2. 研究成果

2.1 実験方法

本研究では JIS-SCr420 丸棒を用いた。手順としては SCr420 丸棒を機械加工で切削、研削を行い、直径 20mm、厚さ 1mm の試験片に加工した。次にフルテック FT-101 炉にて 600℃に昇温して 1 時間保持した後に炉冷し歪取り焼きなましを行った。HPT 装置 200T 型を使用し、せん断ひずみを付与した。加工条件は圧下圧 5GPa、回転速度 0.2rpm、室温となっている。この時の回転量について、1 回転、1/2 回転×2 回、1/8 回転×8 回、1/32 回転×32 回のそれぞれ総回転量が 1 回転のものと、1/8 回転×1 回、1/16 回転×2 回、1/32 回転×4 回のそれぞれ総回転量が 1/8 回転の 7 種類を決定した。

2.2 熱処理条件

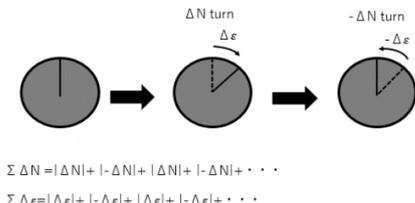


図 1. 加工ひずみ付与条件

結晶粒を成長させるために熱処理を行った。手順としてはエレバックに供試材と酸化還元剤を入れ、事前に熱したフルテック FT-101 炉に入れて 1.5 時間加熱し、取り出して水焼き入れを行うことで材料を急冷し、材料をマルテンサイト変態させた。熱処理時の温度は一般的な浸炭熱処理時の温度として 930℃に設定した。そ

れぞれ熱処理を行った後、供試材を大径断面に切断し、50℃に加熱した AGS エッチング液で 5 分ほど腐食させた。腐食させた供試材は r=0, 5, 10mm の三か所について組織を観察し、切断法にて結晶粒の平均粒径と最大粒径の調査を行った。

2.3 実験結果

図 2 に得られた結晶粒径の一例を示す。混粒かつ不整形粒となっていたため、各条件の最大粒径、平均粒径、最小粒径について調査した。最小粒径については優位な変化が見られなかったため、各ひずみ条件における r と最大粒径、平均粒径の結果を図 2、図 3 に示す。ΔN=1/8 では負の相関をしめしているが、1/16、1/32 では一度正の相関を示した後、高せん断ひずみ領域で負の相関をしめすきっかけとなった。

Total strain $\Sigma \pm\Delta\epsilon = 13$			
Passes ΔN		1/32	
Total number of passes $\Sigma\Delta N$	4		
distance (mm)	0	5	10

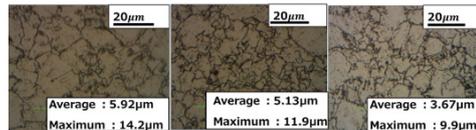


図 2. 粒径の変化

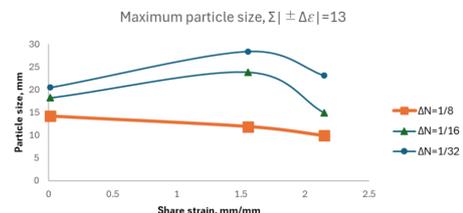


図 3. 各回転量における粒径の変化

3. 今後の課題と展望

本研究によって結晶粒微細化させるためのひずみ蓄積について、正負の境界となるひずみ条件が存在することが判明した。今後は、ひずみ量 $|\pm\Delta\epsilon|$ と総ひずみ量 $\Sigma|\pm\Delta\epsilon|$ の境界条件を明確化するとともに、ひずみ蓄積の転位の臨界点についても転位セルの TEM 観察を行っていききたい。

参考文献

- 1) Kazuma Soda, Tsuyoshi Sugimoto and Nozomu Adachi, Evaluation of the Effect of Strain Accumulation on Dislocations and Grain Growth, Heat Treating Conference 84901, 23-28, 2024
- 2) 杉本剛, 稲葉大地, 足立望, 強加工した鋼の焼入組織における旧オーステナイト粒粗大化と衝撃強度の発現メカニズムの解明, 2022 年度 機械工学系「高専連携共同研究プロジェクト」, 2022
- 4) 佐藤宏和, 足立望, 戸高義一, Cyclic-HPT 加工により得られる定常結晶粒径に及ぼす 1 パスひずみの影響, 日本金属学会誌, 85(2), 67-74, 2021