

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 惣田和馬
 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、冷間歯形鍛造部品に浸炭熱処理を行う場合が増えてきている。この際、冷間加工ひずみがあると熱処理時に結晶粒粗大化が生じ、部品強度の低下が起こるとされている。この為、結晶粒粗大化による影響は解決すべき問題となる。冷間歯形鍛造では部品にせん断ひずみが付与される。この冷間加工ひずみと実際の結晶粒粗大化は一位に対応しないことが知られており、本研究では複雑な変形経路を取る場合の冷間加工を題材に、どのような冷間加工によるせん断ひずみと熱処理の高速化による結晶粒の粗大化と、それによる衝撃強度の変化について調査をした。

2. 研究成果

2.1 実験手法

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°C に昇温して 1 時間保持した後、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。

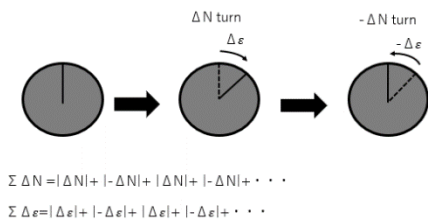


図 1. Cyclic-HPT の概要図

2.2 熱処理方法

結晶粒を成長させるために熱処理を行った。手順としてはエレパ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°C 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°C 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. 結果

得られた結果は混粒かつ不整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 図 2 に代表として示す。

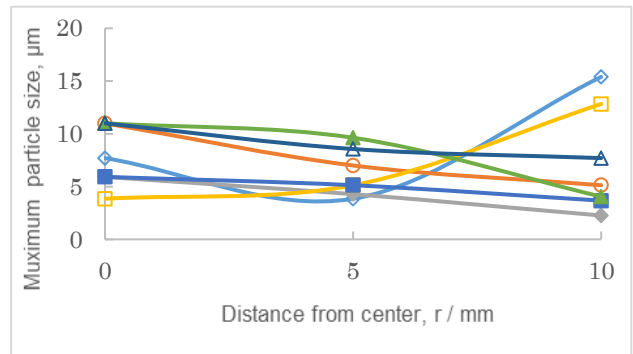


図 2. 各ひずみ条件における r と平均粒径のグラフ

図 2 をみると r と最大、平均粒径はおおよそ負の相関を示しているが、回転回数 1 回、1/32×32 回の総回転量が 1 回転のひずみについては、最大、平均粒径が r と正の相関がみられた。また、最大粒径について、r=5 付近で一度上昇する動きがみられた。

4. 考察

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。

3. 今後の課題と展望

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 観察を行ってみたい。

[参考文献]

- 藤松威史, 中崎盛彦, 福本信次, 山本厚之, 冷間鍛造部品の浸炭におけるオーステナイト 結晶粒粗大化機構, 鉄と銅, 95, 161-168, 2009
- 城野政弘, 菅田淳, 山田真治, 走査電子顕微鏡による疲労き裂進展の動的直接観察, 材料, 37(421), 74-78, 1988
- 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
- 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