

K1-61

被削材の結晶粒の大きさが微細軸の旋削性能に及ぼす影響

Influence of the crystal grain sizes of a work materials on the turning performance of micro shafts

○夏乃天¹, 西澤秀将², 三浦浩一³, 山田高三⁴, 李和樹⁴*Noritaka Natsu¹, Hidemasa Nishizawa², Kohichi Miura³, Takazo Yamada⁴, Hwa-Soo Lee⁴

In our laboratory, a turning method to generate micro shafts by controlling the thrust forces to be zero has been proposed. Applying this method to fabricate brass shafts, it has been clarified that thinner shafts less than 30 micron cannot be generate stably, because of the grain sizes of work materials. In this paper, the influence of the crystal sizes of brass materials on the machining performance is experimentally studied.

1. 緒言

近年, 医療, 電子分野における製品の小型化が進むにつれ微細な加工技術が求められている。微細加工を行う場合, 従来の加工方法をそのまま適応することは難しく, 微細加工用の新たな加工方法を確立しなければならない。

そのようななか本研究では, 旋削加工の背分力を制御することにより, 高精度な微細軸を製造する加工法をこれまでに提案している^[1]。この旋削加工では, 短時間で効率の良い加工を行うことが可能である。しかし, これまでの研究では直径 30 μm 以下の微細軸の加工が困難であった。加工を試みた場合, 表面粗さが悪化し, 加工途中で微細軸が折れたり, 曲がったりした。その原因として, 被削材である金属の結晶粒の大きさに問題があるのではないかと考えた。

そこで本研究では, 被削材を熱処理し, 結晶粒を制御することで, より微細な軸の加工を目的としている。

2. 背分力を制御した微細軸の加工法と問題点

旋削加工時には主分力, 背分力, 送り分力の3分力が生じる。そのなかで背分力は, ノーズ部分と横切れ刃部分から発生する。ノーズ部分からは常に被削材を押し方向(正の向き)に背分力が作用する。横切れ刃からは図1に示すように, アプローチ角 ψ が負の場合, 工作物を引く方向(負の向き)に, 背分力が作用する。そこで, アプローチ角を変化させノーズ部分と横切れ刃部分の力を釣り合わせることで背分力をゼロNに近づける。これにより円筒度の高い微細軸を加工できる。ただし, 加工する軸が細くなるにつれ, 微細軸が曲がりやすくなる傾向にある。

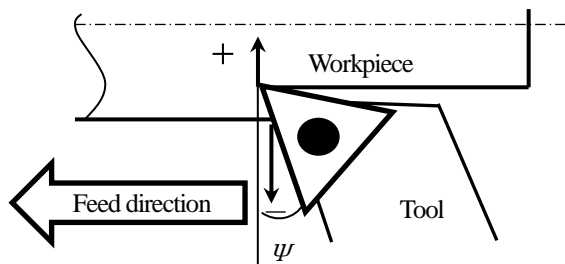


Fig.1 Approach angle

3. 快削黄銅(C3604)の状態線図

快削黄銅(C3604)は, 成分の割合が銅 60%, 亜鉛 40%の快削性能のよい合金のため, 微細軸の旋削加工の材料として本研究で用いている。図2に快削黄銅の状態線図を示す。 α と β は組織を表しており, α 相が面心立方構造, β 相が体心立方構造であり構造がそれぞれ異なる。これらの違いは亜鉛の含有量の差であり, 亜鉛(Zn)が38%以下の単相組織が α 相で, 38%以上が $\alpha+\beta$ 相となる。 β 相の中に β 相と β' 相が存在している。 β 相は不規則的な構造で, β' 相は規則的な構造である。

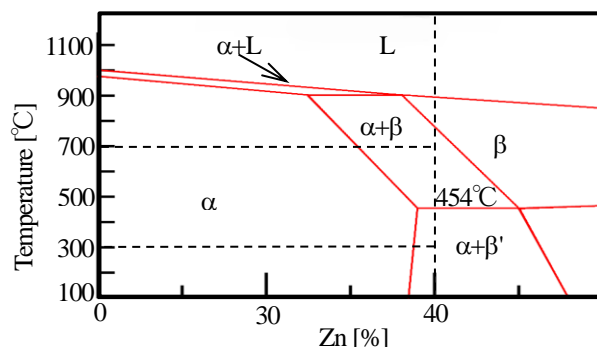


Fig.2 State diagram of brass

4. 熱処理を施すことによる結晶粒の大きさの違い

4. 1 実験方法

まず, 結晶粒の大きさを変化させるために電気炉にて熱処理を行った。加熱温度を300°Cと700°Cの2通りとした。1時間加熱後に水冷, 空冷し, 組織変化に伴う結晶粒の大きさを観察した。観察するためにはエッチング(腐食)と呼ばれる金属表面を化学的に溶解させる加工技術を用いて, 組織ごとに溶ける速さの違いを利用し, その段差を金属顕微鏡で観察した。結晶粒の大きさの測定方法は, 組織写真上に10本の等間隔な線を引き, その線に干渉する α 相の長さを測定した。そして, 結晶粒の大きさの平均値ならびに結晶粒の大きさの分布を求めた。なお, β 相と鉛の結晶粒の大きさは小さいため, 結晶粒の大きい α 相のみに着目した。また, 比較のために熱処理を施していない未処理材でも同様な測定を行った。

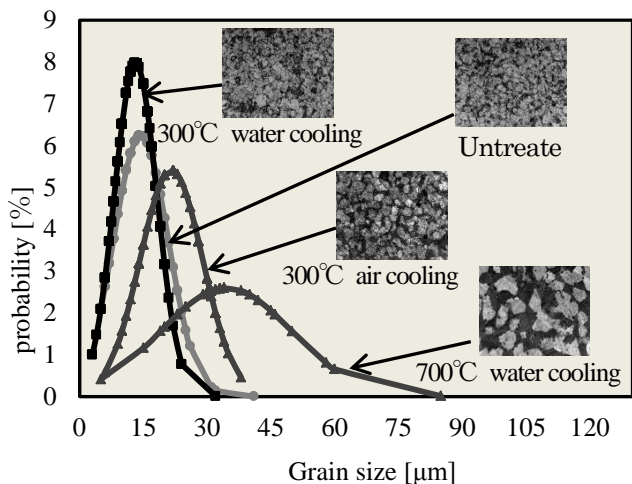


Fig.3 Normal distribution of grain size

4. 2 結晶粒の大きさの違い

腐食した金属表面を観察した画像, またこの画像から測定した結晶粒の大きさの分布を図 3 に示す。これらより, 300°Cから水冷した結晶粒の大きさは未処理材より小さくなり, 300°Cから空冷した結晶粒の大きさは300°Cから水冷したときより大きくなり, 変態点温度以上の700°Cから水冷した結晶粒が最も大きくなることがわかった。以上より冷却速度や熱処理温度を変えることにより, 結晶粒の大きさを制御できることがわかった。

5. 微細軸の加工

5. 1 実験方法

結晶粒の大きさの違いが微細軸の直径に及ぼす影響について, 実際に加工を行い調べることにした。微細軸の直径を50μmと25μmとした。加工条件は, 回転数を2000min⁻¹, 切込み量を0.5mm, 送り速度を36μm/rev, 工具のノーズ半径を0.1mm, アプローチ角を-8°とし, 加工軸径が50μmの場合は長さ1mmとし, 軸径が25μmの場合は長さが0.4mmとなるように加工した。また, それぞれの軸径に対して, 10本ずつ加工し, 軸の様子を評価した。

5. 2 結晶粒の大きさが微細軸に及ぼす影響

図 4 に, 軸径 50μm, 25μm で加工を行い, 軸が真っ直ぐだった本数を黒色に, 曲がった本数を斜線に, 折れた本数を白色で示す。まず軸径 50μm の場合, 平均結晶粒の大きさが 34.3μm の 700°C水冷材では真っ直ぐな軸を加工できなかった。また, 平均結晶粒の大きさが 14.4μm の未処理材と 13.1μm の 300°C水冷材と 21.6μm の 300°C空冷材ではほぼ真っ直ぐな軸が加工できた。この理由として, 図 3 に示したように, それぞれの材料の結晶粒の大きさは 40μm 以下が多く, 軸径 50μm に対して小さいため加工できたと考えられる。そこで, 軸径 25μm でも加工を行った。その結果, 結晶粒の大きさが 14.4μm の未処理材と 13.1μm の 300°C水冷材で比較してみると, 300°C水冷材のほうが折れずに加工することができた。この理由として,

図 3 に示したように, 300°C水冷材では未処理材に対して結晶粒の大きさが小さいため, 良好な加工ができたものと考えられる。また, 300°C空冷材と 700°C水冷材では 25μm 以上の結晶粒が多くを占めるため, ほとんどが折れてしまったものと考えられる。

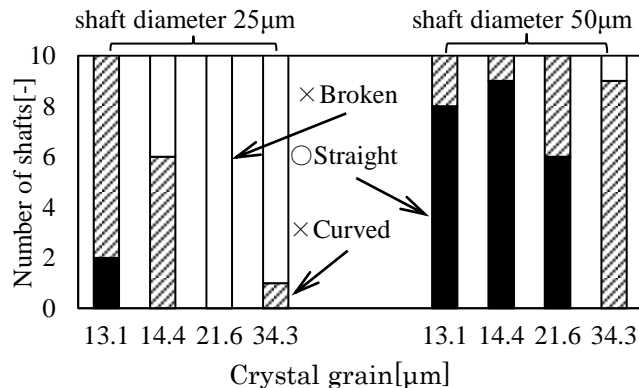


Fig.4 Evaluation result

また, 曲がった軸を観察してみると, 必ずしも軸の根元から曲がっているわけではなく, 軸の途中で曲がっていることが確認できた。一般に加工中においては, 微細軸が長くなるにつれ, 偏心による遠心力が大きくなる。そのため遠心力が大きく作用する根元から曲がるものと考えられる。しかし, 軸の途中で曲がっているということは, 図 5 に示したように, 結晶粒が不均一であるため, 結晶粒の大きいところで曲がったものと考えられる。したがって, 軸の曲がり方からも微細軸の加工には結晶粒が影響していることが明らかになった。

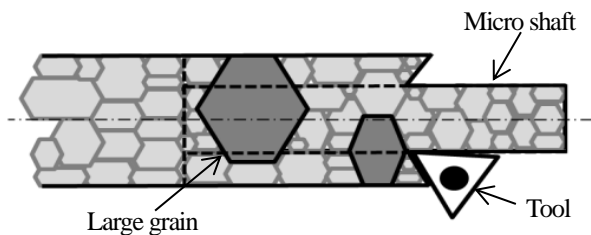


Fig.5 Schematic diagram of the grain boundaries

6. 結言

- ・ 熱処理によって材料の組織や結晶粒の大きさを制御することができた。
- ・ 結晶粒が大きい材料は微細軸を作ることが困難であることがわかった。
- ・ 微細軸を加工するには 300°C水冷材が適していることがわかった。

7. 参考文献

[1] 李和樹, 取手優, 山田高三, 荒木秀一郎: 旋削加工による微細軸の創成に関する研究, 砥粒加工学会誌, 51, 11(2007)657.