

研削加工時に発生する歪の低減*

長友 良行*¹

Study on the Control Technology of Grinding Strain

Yoshiyuki NAGATOMO

県内の加工現場では、金属材料を研削加工した後に発生する加工歪(曲がり、反り等)が加工精度を低下させるため、問題となっている。研削加工後に発生する歪は、研削時に発生する残留応力の大きさに影響されると考えられる^{1) 2) 3)}。本研究では、市販されている砥石の中でも砥粒粒径の小さな#220の砥石を使用し、研削条件を変化させた場合に加工面に発生する残留応力をX線応力測定装置で測定した。また、実際に薄板を加工して発生する歪み量を測定した。その結果、歪みを低減する対処法としては、残留応力の種類(圧縮応力または引張応力)による被加工物の変形状況に応じて研削条件を変化させればよいことが確認できた。

キーワード：研削加工、歪、残留応力、成形砥石

1 はじめに

昨年度の結果から、加工面の残留応力は、砥粒粒径の小さな砥石で研削することで、加工面から浅い位置で母材の残留応力に戻る傾向にあることが分った。そこで、本研究では、市販されている砥石の中でも砥粒粒径の小さな#220の砥石を使用し、研削条件を変化させた場合に加工面に発生する残留応力をX線応力測定装置で測定し、加工面に発生する残留応力が小さくなる条件について調べた。さらに、残留応力が小さくなる条件で実際に薄板を加工し、発生する歪み量を測定することで、研削条件が適正かどうかを確認した。その結果について報告する。

2 実験方法

2-1 使用工作機械

CNC平面研削盤(㈱岡本工作機械製作所、PSG-500DXNCS)で加工を行った。

2-2 被削材

残留応力の発生を調べるため、残留応力除去熱処理した50mm×50mm×30mmの機械構造用炭素鋼S50C材を被削材とした。また、残留応力が

小さくなる条件で、実際にどれほどの歪みが発生するか調べるため、残留応力除去熱処理した10mm×100mm×1~0.2mmの機械構造用炭素鋼S50C材を被削材とした。

2-3 使用砥石

使用した砥石を表1に示す。

表1 使用した砥石

形状	1号平形
寸法(mm)	180×6×31.75
砥粒	SG(以下「SG砥石」)
粒度	220
結合度	J
結合剤	ビトリファイド

2-4 研削条件

研削条件を表2に示す。

表2 研削条件

研削速度(m/min)	1500
テーブル左右速度(m/min)	20
トラバース研削における テーブル前後速度(mm/min)	25~800

* 研削加工における歪低減に関する研究(第2報)

* 1 機械電子・デザイン部

表 2 研削条件 (続き)

ステップ送り研削における テーブル前後速度(mm/ステップ)	1, 3, 6
1パス毎の切込量 (μm)	1.0
総切込量 (μm)	30.0
零研削回数	0, 3, 5
研削雰囲気	湿式

2-5 測定した残留応力

研削加工面に発生する残留応力は、加工面を電解研磨で薄く除去する毎に、「送り方向」と「直交方向」とに分けて測定し、深さ方向の分布を調べた。

2-6 残留応力測定方法

X線応力測定装置MSF-2M (リガク株) を用い、並傾 (Ψ 一定) 法で、揺動幅を $\pm 3^\circ$ として、研削加工面の送り方向と直交方向の残留応力を測定した。

2-7 薄板歪み測定方法

レーザー光を使った変位計をCNC三次元測定機に取付け、研削加工後の薄板材表面の高さを薄板材の側面から1mm内側を矩形に測定し、研削条件と歪みの関係を調べた。表3に変位計の仕様を示す。

表 3 変位計の仕様

測定範囲(mm)	± 1
作動距離(mm)	28
スポット径(μm)	約7
分解能(μm)	0.2

3 結果及び考察

3-1 テーブル前後速度の影響

トラバース研削においてテーブル前後移動速度を変化させた場合の残留応力の変化を図1、図2に示す。また、ステップ送り研削においてテーブル前後移動速度を変化させた場合の残留応力の変化を図3、図4に示す。図においては、引張方向を+、圧縮方向を-としている。図1、図3の「送り方向」はテーブル左右移動方向、図2、図4の「直交方向」はテーブル左右移動方向に直交

する方向の残留応力を加工表面から深さ方向に測定したものである。図から、テーブル前後移動速度が遅いと加工表面の残留応力は圧縮方向に発生するが、テーブル前後移動速度が速くなるにつれて引張方向に残留応力が発生している。トラバース研削とステップ送り研削でも、砥石と被削材の位置関係が異なるが、テーブル前後移動速度が遅いと加工表面の残留応力は圧縮方向に発生し、テーブル前後移動速度が速くなると引張方向に残留応力が発生するという傾向は変わらない。これらのことは、テーブル前後移動速度が、同一加工面への接触回数に影響しているということである。以上のことから、意図して圧縮方向の残留応力を発生させたい場合は、テーブル前後移動速度を遅くすればよく、引張方向の残留応力を発生させたい場合は、テーブル前後移動速度を速くすればよいということになる。

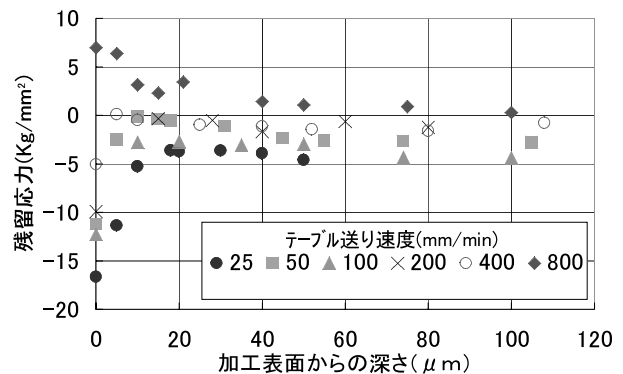


図 1 トラバース研削の場合のテーブル前後移動速度の影響 (送り方向)

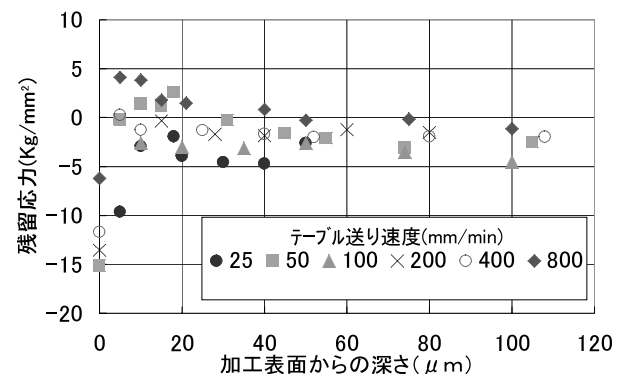


図 2 トラバース研削の場合のテーブル前後移動速度の影響 (直交方向)

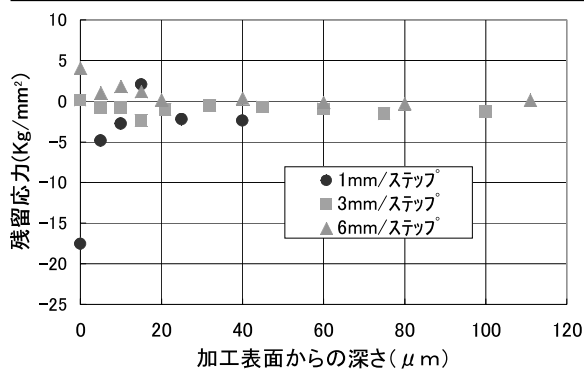


図3 ステップ送り研削の場合のテーブル前後移動速度の影響（送り方向）

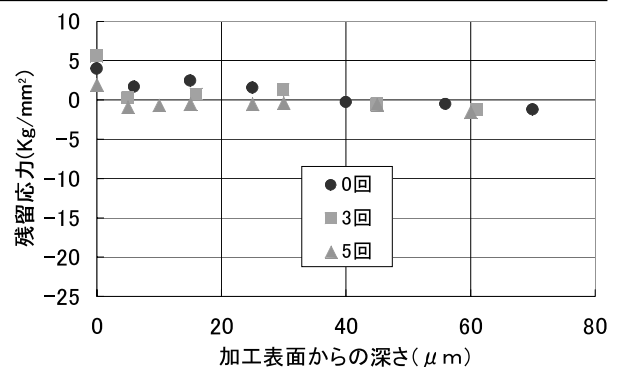


図5 零研削回数の影響（送り方向）

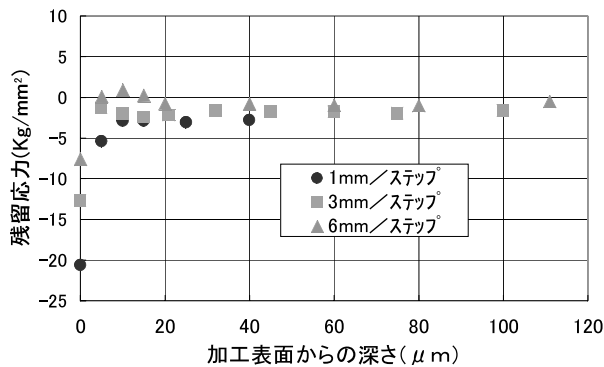


図4 ステップ送り研削の場合のテーブル前後移動速度の影響（直交方向）

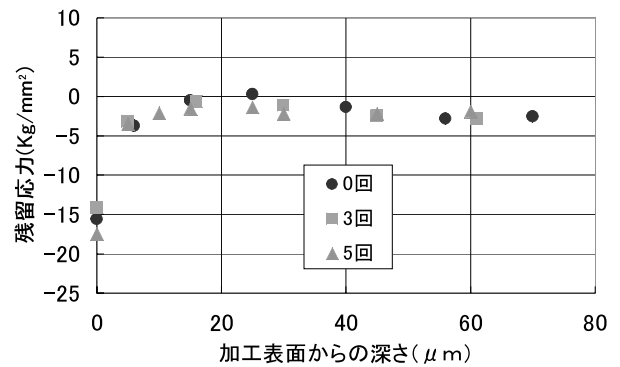


図6 零研削回数の影響（直交方向）

3-2 零研削回数の影響

零研削回数を変化させた場合の残留応力の変化を図5、図6に示す。この場合は、テーブル前後速度の影響を調べた実験より、ステップ送り研削において、表面に発生する残留応力が最も小さかったテーブル前後速度が6mm/1ステップという研削条件を選んだ。図から、発生する残留応力は、零研削回数に関わりがないと考えられる。これは粒度#60の砥石等、今回使用した砥石よりも粗い粒径の砥石による結果と異なる。零研削回数は加工面の表面粗さに影響するので、仕上げ面を向上するためには零研削回数を増やす必要があるが、今回使用した砥石では、その回数が残留応力に影響が少ないということになる。零研削回数と表面粗さの関係を図7に示す。

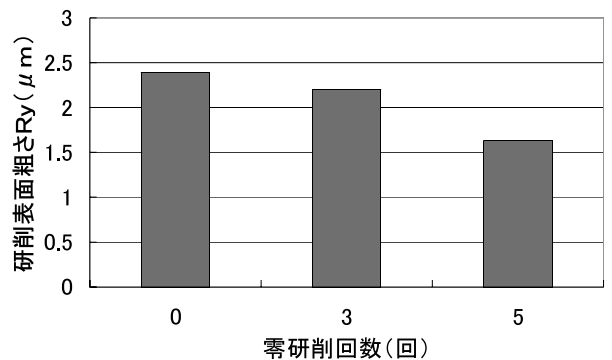


図7 零研削回数と表面粗さの関係

3-3 薄板に発生する歪みの状況

研削加工後に発生する残留応力をできるだけ低減する研削条件を調べてきたが、その条件で実際に薄板を研削した場合の歪みの様子を図8に示す。比較のため、同一材を圧縮残留応力が発生する条件で研削した後の様子を図9に示す。図は、測定したデータを高さ方向に200倍に拡大して描いている。この測定を通して、研削後に発生する歪みの状況を見て、それを打ち消す研削条件で加工することが可能であることが分かった。

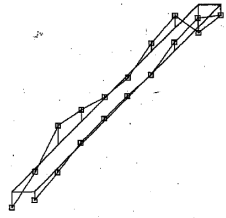


図8 低歪み研削条件での結果

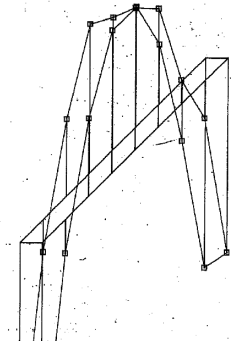


図9 圧縮残留応力発生研削条件での結果

4 まとめ

本研究では、市販されている砥石の中でも砥粒粒径の小さな#220の砥石を使用し、研削条件を変化させた場合に加工面に発生する残留応力をX線応力測定装置で測定した。また、実際に薄板を加工して発生する歪み量を測定した。その結果、次のことが分かった。

- 1) テーブル前後移動速度の変化により、砥石と被加工面の接触回数も変化し、そのことが発生する残留応力に影響を及ぼす。
- 2) 今回使用した粒度#220の砥石では、発生する残留応力は、零研削回数に関わりがないと考えられる。これは粒度#60の砥石等、粒度#220の砥石よりも粗い粒径の砥石による結果と異なる。
- 3) 実際に薄板を研削した場合の歪みの様子を、非接触測定し観察した結果、研削後に発生する歪みの状況に合わせて、それを打ち消す研削条件で加工することで、歪みを低減することが可能であることが分かった。

本研究は、研削加工時に発生する歪みをできるだけ小さくする手法について研究してきた。その中で、得られた「加工後の残留応力を0に近づける条件」を、実際の加工現場に応用するためには、研削後に発生する歪みの状況を見て、それを打ち消す研削条件で加工することも有効な歪み低減の方法だと考えられる。本研究においては、研削条件（一回毎の切り込み量、零研削回数、砥石粒度、テーブル移動速度）を変えて、発生する残留応力の発生状況を調べた。その結果、各条件において、引張残留応力から圧縮残留応力までを変化させる条件の幅があることが分かった。それらの条件は、あくまで、被削材として選んだ機械構造用炭素鋼S50C材に対してだけのものではあるが、他の被削材においても同様な傾向があると考えられるので、本実験で得られた知見を応用できるものと考えられる。

5 参考文献

- 1) 能上進：「研削加工皆伝」切削油剤研究会
- 2) 長友良行，宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告，45，69（2000）
- 3) 長友良行，宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告，46，79（2001）