

研削加工時に発生する歪の低減に関する研究

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。この加工歪は、研削時に発生する残留応力の影響が大きい。そこで、県内の現場で一般的に使用されている機械構造用炭素鋼鋼材S50Cを残留応力除去熱処理し、被削材とし、粒度60と120のWA砥石により、切込量をはじめとする研削条件を変化させて、一般的に行われている研削加工を行い、加工面から内部に向けて発生する残留応力をX線応力測定装置により測定した。その結果、切込量、湿式研削・乾式研削、研削方向（アップカット、ダウンカット）、零研削（スパークアウト研削）数等の加工条件の選定による残留応力の変化について分かった。

キーワード:研削加工、歪、残留応力

1 はじめに

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。この加工歪は、研削時に発生する残留応力の影響が大きいことは分かっているが、現場で、どのように残留応力が発生しているのか分かっていないため、作業者は試行錯誤を繰り返している。そこで、県内の現場で一般的に使用されていて、研削後の残留応力が把握し易い機械構造用炭素鋼鋼材S50Cを被削材にし、WA砥石により、切込量をはじめとする研削条件を変化させて研削加工を行い、加工面から内部に向けて発生する残留応力をX線応力測定装置により測定して、残留応力の発生状況を調べた。その結果について報告する。

2 実験方法

2-1 被削材

50mm × 50mm × 30mmの機械構造用炭素鋼鋼材 S50Cを残留応力除去熱処理することで前加工により発生した応力を除去し、これを被削材とした。

実験で研削する前の下地面は、表1の研削条件で研削した。

表1の研削条件で研削した面の表面から下へ向けての残留応力分布例を図1に示す。砥石送り方

表1 下地面研削条件

研削速度 (m/min)	1580
テーブル左右移動速度 (m/min)	36
テーブル前後移動速度 (m/min)	1.2
1パス毎の切込量 (μm)	1.0
研削方法	トラバース研削
研削液の有無	有

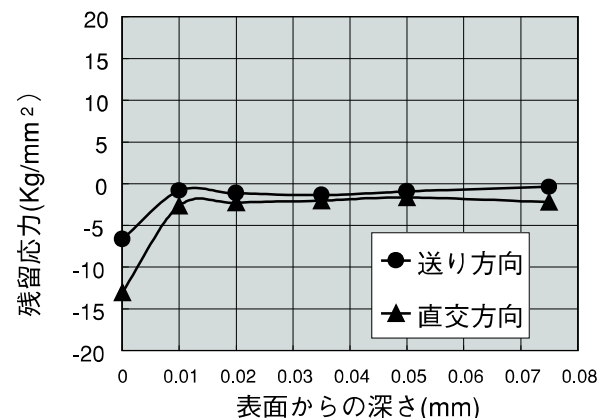


図1 研削下地面下の残留応力分布例

* 1 機械電子・デザイン部

向（以下「送り方向」）と砥石送り方向に直交する方向（以下「直交方向」）の残留応力はそれぞれ、表面から0.03mmまでに母材の残留応力に落ちていることがわかる。

2 - 2 使用工作機械

精密平面研削盤（㈱岡本工作機械製作所製 PSG-84DX）により自動サイクル運転で加工を行った。また、平面研削盤では、研削方向（アップカット、ダウンカット）をどちらか一方に確実に揃えることはできないため、研削方向の影響を調べる実験では、マシニングセンタ（㈱牧野フライス製作所製 V55）を使用した。

2 - 3 使用砥石

精密平面研削盤では、表2に示すWA砥石を使用した。また、マシニングセンタでは表2に示すWA砥石に近い平形軸付き砥石（直径25mm、厚さ10mm）を使用した。

表2 精密平面研削盤で使用した砥石

形状	1号平形
寸法 (mm)	305×381×27
砥粒	WA
粒度	60, 120
結合度	H
組織	8
結合剤	ビトリファイド

2 - 4 研削条件

研削条件を表3に示す。この条件で研削加工を行う前には、ドレッシングを毎回行った。

表3 研削条件

研削速度 (m/min)	1580
テーブル左右速度 (m/min)	36
1パス毎の切込量 (μm)	1.0、5.0、 10.0、15.0、20.0
研削方法	プランジ研削
研削雰囲気	湿式、乾式

2 - 5 残留応力測定方法

X線応力測定装置MSF-2M（リガク㈱製）により切削加工面の送り方向と軸方向の残留応力を、並傾（一定）法で揺動幅を $\pm 3^\circ$ として測定した。

2 - 6 測定した残留応力

砥石の「送り方向」と「直交方向」の残留応力を、力が加工面にかからないように表面から徐々に電解研磨で掘り下げながら測定し、加工面下の残留応力分布を調べた。

3 結果及び考察

3 - 1 切込量の影響

切込量を変化させた場合の残留応力の変化を図2、3に示す。図2は「送り方向」の残留応力を加工表面から深さ方向に測定したもので、図3は「直交方向」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。図より、切込量が1～5 μm の場合、加工表面から30 μm 程度で母材の残留応力に戻っていることがわかる。

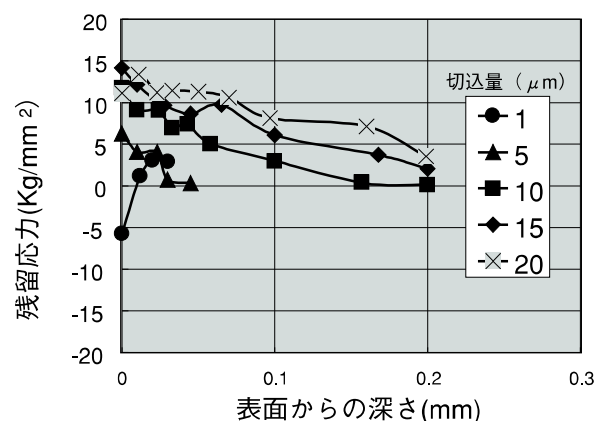


図2 切込量を変化させた場合の残留応力分布（送り方向）

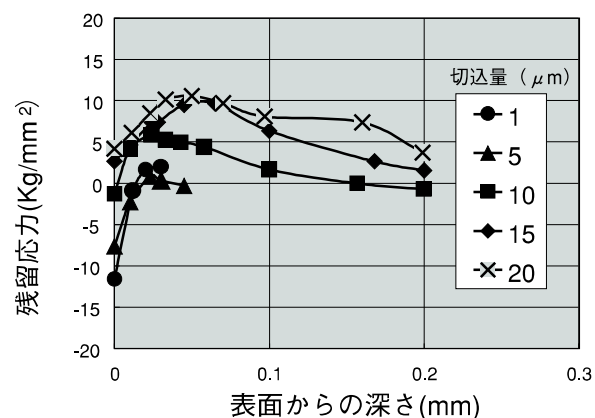


図3 切込量を変化させた場合の残留応力分布（直交方向）

3 - 2 研削液の影響

研削加工中に研削液をかける湿式研削と研削液をかけない乾式研削で発生する残留応力の違いを、図4、5に示す。図4は「送り方向」の残留応力を加工表面から深さ方向に測定したもので、図5は「直交方向」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。1パス毎の切込量は $1\mu\text{m}$ で、総研削量は $50\mu\text{m}$ である。図より、乾式研削の方が湿式研削に比べて、引張方向に残留応力が発生することがわかる。

3 - 3 研削方向の影響

研削方向（アップカット、ダウンカット）を変えた場合の残留応力の変化を図6、7に示す。

平面研削盤では、機構上、研削方向（アップカット、ダウンカット）をどちらか一方に確実に揃えることはできないため、マシニングセンタに、軸付き砥石を取付け、確実にアップカットかダウン

カットのどちらかになるようにプログラムを作成し、それにより砥石の動きをコントロールし、研削加工を行った。図6は「送り方向」の残留応力を加工表面から深さ方向に測定したもので、図7は「直交方向」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。1パス毎の切込量は $1\mu\text{m}$ で、総研削量は $50\mu\text{m}$ である。図から、送り方向においてはダウンカットの方が残留応力が小さいが、直交方向では大差ないことがわかる。また、精密平面研削盤で研削下地面を作製した時の残留応力分布（図1）に比較して、マシニングセンタによりダウンカットで加工した面の残留応力分布が小さくなっている。

3 - 4 零研削の影響

一般的な研削作業の仕上げ工程で行われる零研削（スパークアウト研削）を行わない場合と行った場合、それぞれの残留応力分布を図8、9に示

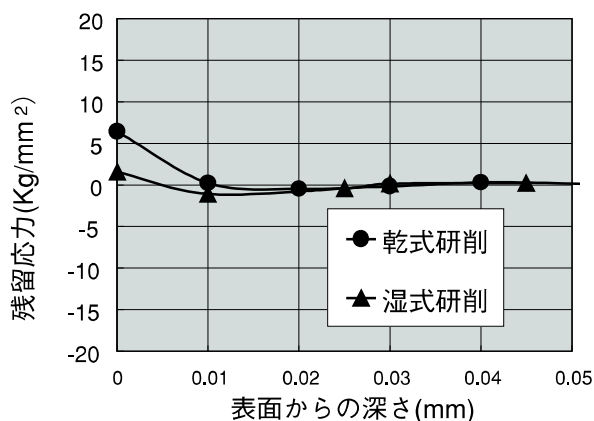


図4 研削液の有無と残留応力分布（送り方向）

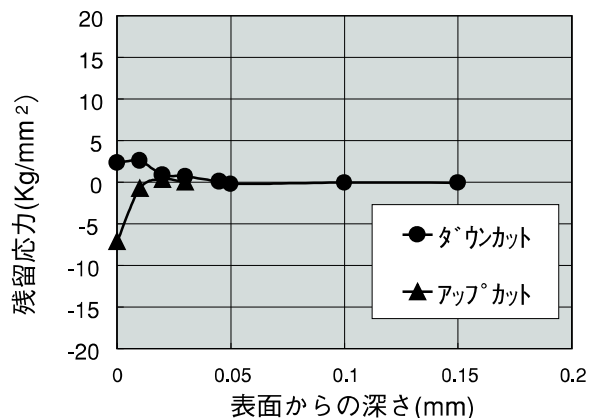


図6 研削方向と残留応力分布（送り方向）

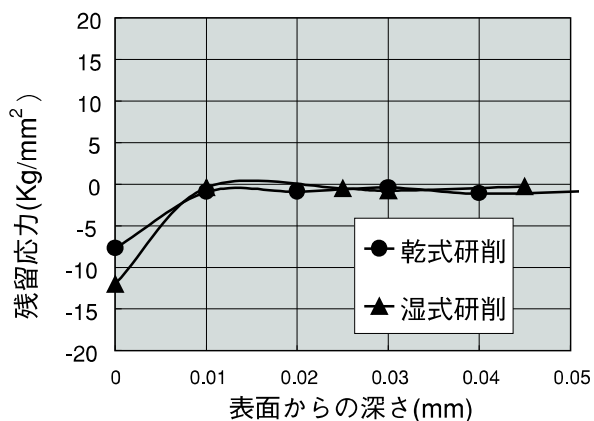


図5 研削液の有無と残留応力分布（直交方向）

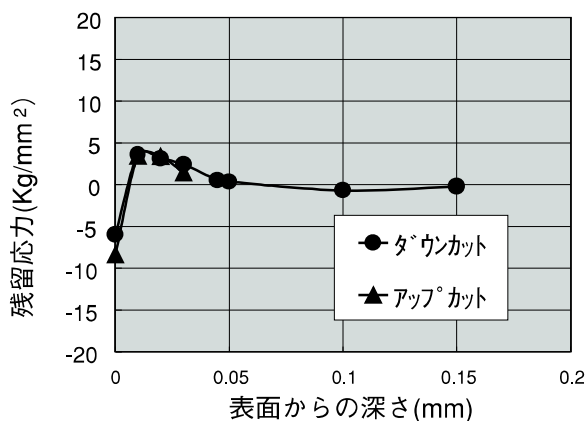


図7 研削方向と残留応力分布（直交方向）

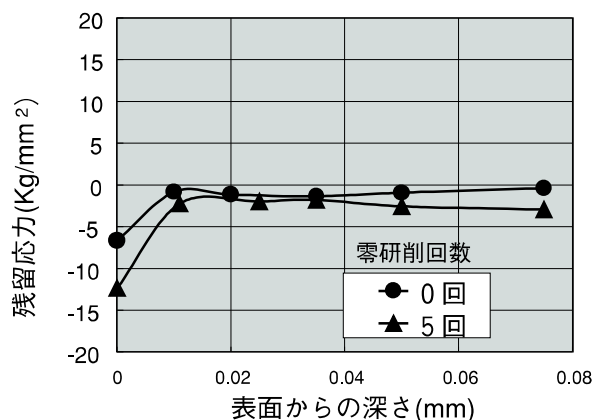


図8 零研削回数と残留応力分布（送り方向）

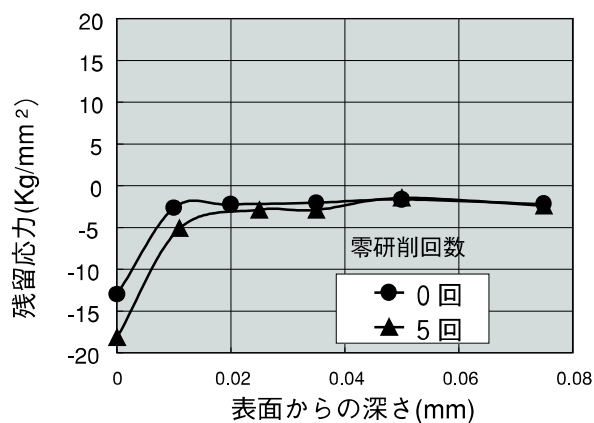


図9 零研削回数と残留応力分布（直交方向）

す。図8は「送り方向」の残留応力を加工表面から深さ方向に測定したもので、図9は「直交方向」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。1パス毎の切込量は $1\mu\text{m}$ で、総研削量は $50\mu\text{m}$ である。また、図8、9の加工は湿式で行ったものである。図から、零研削を行わない方が残留応力は小さいことがわかる。

また、この傾向は、乾式研削においても同じであった。

4 まとめ

県内の現場で一般的に使用されている機械構造用炭素鋼鋼材S50Cを残留応力除去熱処理し、被削材とし、WA砥石により、「切込量の変化、研削液の有無、研削方向（アップカット、ダウンカット）の統一、零研削の有無」等が加工後の残留応力をどのように変化させるか、加工面から内部に向けて発生する残留応力をX線応力測定装置により測定した。その結果、つぎのことがわかった。

- (1)切込量が $1\sim 5\mu\text{m}$ の研削加工では、加工表面から $30\mu\text{m}$ 程度で母材の残留応力に戻ることに。
- (2)乾式研削の方が湿式研削に比べて、引張方向に残留応力が発生すること。
- (3)送り方向においてはダウンカットの方の残留応力が小さいが、直交方向では大差ないこと。
- (4)零研削を行わない方が残留応力は小さいこと。

5 参考文献

- 1) 松尾．機械と工具．45(1)，2001，106．
- 2) 研削加工皆伝．切削油剤研究会．