

プレス加工油 塗布状態の評価手法の開発

山岸 杏太 林 貴文
Kyota Yamagishi Takafumi Hayashi

概要

塑性加工に不可欠な金型内の潤滑油(加工油)について、副資材低減、洗浄簡素化に向けた塗布量低減のニーズがあるが、これまで加工時の潤滑状態(潤滑界面への加工油の供給量、分布)を評価する方法がなく、塗布量を最適化することは困難であった。今回、加工中の潤滑時に発生する被加工材表面と加工油成分の化学反応に着目し、被加工材表面に残る反応生成物で、加工中の潤滑状態を評価する手法を提案したので報告する。

1. はじめに

塑性加工に不可欠な潤滑油(加工油)において、使用する主たる目的は、工具(パンチ、ダイ)と被加工材との間の摩擦を低減させるためにある。塑性加工では、潤滑油を使用する事が不可欠となっているが、塑性加工に不可欠な金型内の潤滑油について、副資材費低減、塗装前の洗浄簡素化、プレス加工後の画像検査、地球環境負荷低減に向けた塗布量低減のニーズがあるが、これまで加工時の潤滑状態(加工油の供給量、分布)を評価する方法がなく塗布量を最適化することは困難であった^{1),2)}。今回、加工中の潤滑時に発生する被加工材表面と加工油成分の化学反応に着目し、被加工材表面に残る反応生成物で加工中の潤滑状態を評価する手法を提案し、工場での量産ライン投入事前確認トライまで終了したので報告する。

2. 開発の狙い

年々、自動車性能の向上から求められるプレス部品の要求品質精度も高くなっており、部品の低コスト化(構成部品点数削減)等から製品形状も複雑な形状を求められ難形状化されていった結果、製品の加工は難しいものが増え、工具の消耗が早く寿命低下に繋がり、潤滑油の使用量も増え副資材費が増加した。特に厚板で加工面圧が高いファインブランピング(FB)では高額の副資材費が発生している。副資材費が高くなっている要因として、必要最低限の潤滑油の塗布量を設定する手段を持たず、油切れリスクの回避のため油量が多めに設定されていることがひとつの要因である。

これまで、加工時の潤滑状態(潤滑界面への加工油の

供給量、分布)を評価する方法がなく、潤滑油の塗布量を最適化することは困難であった。

今回、潤滑状態の評価手法を確立することによって、過剰に塗布(余剰な油)している潤滑油の問題を解決することができると考えた。

3. 評価手法

塑性加工に使用する潤滑油には加工時に工具と被加工材との間の摩擦の低減や加工限界の向上、工具の焼付き、かじり等を軽減するために極圧添加剤が含まれ、加工時に生じる熱と極圧添加剤の成分が化学反応を起こし潤滑効果が促されることに着目し、被加工材表面に反応した反応生成物の元素(成分)反応量で潤滑状態(潤滑界面への潤滑油の供給量)を評価できないかと考え、それを加工後の反応状態で代替する手法を提案した³⁾。

4. 検証

4.1 炉加熱味見試験

被加工材に加工油を塗布して、加熱炉で加熱し加工時の熱を再現させ、被加工材表面に残った潤滑油(極圧添加剤)成分の反応状態を評価出来るか味見試験を行った。試験条件、評価条件は表1に示し、使用した潤滑油は表2に示す。塗布膜厚は潤滑油毎で3パターン、加熱温度はリン成分が十分反応する領域まで加熱し実施した。

評価には走査電子顕微鏡(EPMA)を用いた。走査電子顕微鏡とは、電子線を電子ビームとして試料表面に走査させ元素分析を行う装置である。試料から検出された

特性X線を回折するための分光結晶は通常5種類あり、種類と測定できる元素に範囲がある。今回評価対象となる元素は軽元素となることからPETHを選択した。また、評価を行う前に被加工材表面に油が付着していると、表面に付着している油が誤検出となる可能性があることから、脱脂が必要であり、浸漬処理では脱脂不足となったため、洗浄条件は超音波洗浄とした。分析方法は分析対象試料の元素分布がわかるよう面分析を用いて、試験後のアウトプットは検出濃度とし、分析対象試料に対し構成されている元素がどの程度の割合で含まれているか濃度評価を行った⁴⁾。

表1 試験条件および評価条件

試験条件	油塗布膜厚(μm)	6、4、2
	炉加熱条件(°C)	170
評価条件	元素評価装置	EPMA(日本電子製JXA-8100)
	分光結晶	PETH
	加速電圧(KV)	15
	検出深さ(μm)	約1
	洗浄条件	超音波洗浄10分 (ヘキサン処理)
	導通処理	炭素コーティング
	面分解能(mm)	0.1
	評価面積mm ²	100

表2 試験に使用した潤滑油

極圧添加材成分	目安反応温度域(°C)
硫黄	150 ~ 400
塩素	100 ~ 250
リン	50 ~ 200

※塩素は評価成分を増やすため使用。量産では使用していない。

4.2 炉加熱評価結果

加熱炉で加熱し加工時に生じる熱を再現した結果、被加工材と極圧添加剤が反応している状態を確認することができた。極圧添加剤の反応温度に対して、十分に反応する成分(リン)を使えば塗布膜厚の差を検出できることがわかる(図1)。被加工材(鉄)の中に不純物としてリン、硫黄が含まれるので、極圧添加剤との識別が必要になるが、油無し(被加工材)の状態と識別できたので評価対象となりうると判断した。

また、反応状態をマップで確認すると試料表面が明るい色ほど対象元素が多く残っていることがわかり、被加工材表面に極圧添加剤成分が残っていることが観察された(図2)。反応にムラがあるのは、油を均一に塗布していない為であり、またリンに比べ塩素、硫黄の反応が薄いのは反応温度域に対し不十分な為だと考えられた。

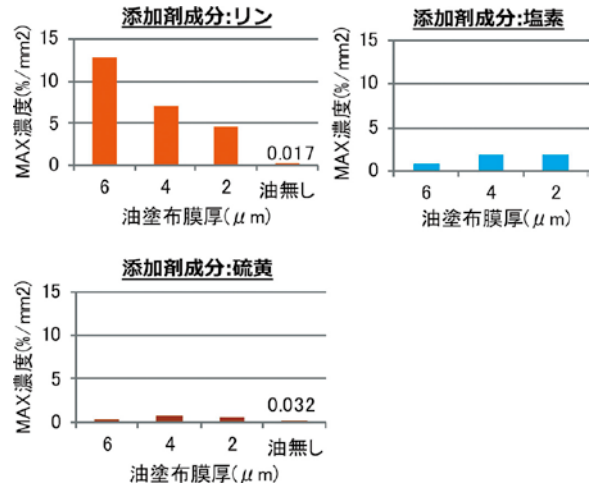


図1 加熱炉試験 極圧添加材成分結果

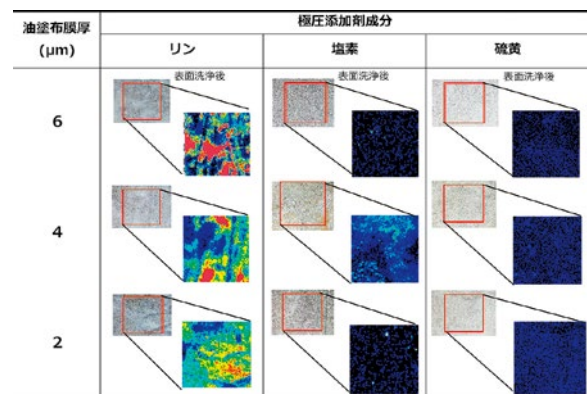


図2 被加工材×極圧添加剤成分反応状態

4.3 実成形 曲げ加工試験型評価

炉加熱試験で被加工材と極圧添加剤の反応状態を確認できたことから、実際に試験型を用いて、被加工材に圧力を与え曲げ加工(単発)を行い加工で生じる発熱によって、被加工材と極圧添加剤が反応するか塗布膜厚別で試験を行った(図3)。試験条件、評価条件は表3に示す。

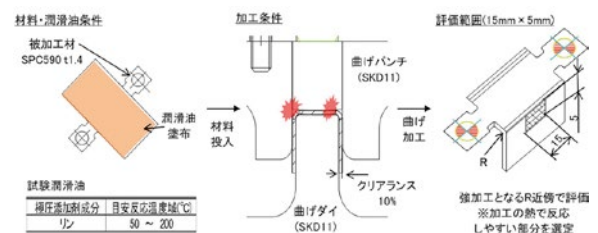


図3 試験方法及び試験条件

表3 試験条件および評価条件

試験条件	油塗布膜厚(μm)	6、4、2
評価条件	元素評価装置	EPMA(日本電子製JXA-8100)
	分光結晶	PETH
	加速電圧(KV)	15
	検出深さ(μm)	約1
	洗浄条件	超音波洗浄10分 (ヘキサン処理)
	導通処理	炭素コーティング
	面分解能(mm) 評価面積mm ²	0.1 75

4.4 実成形 曲げ加工評価結果

加工で生じる発熱においても、塗布膜厚と反応量の関係を確認することができた結果を得られた。(炉加熱試験結果が再現できた)。(図4)(図5)

今回の結果から、次のステップとして潤滑油の使用量が多い(副資材費が高い)FBライン実用化へ向け、厚板打抜きでの評価、油塗布量低減試験検証を行う。

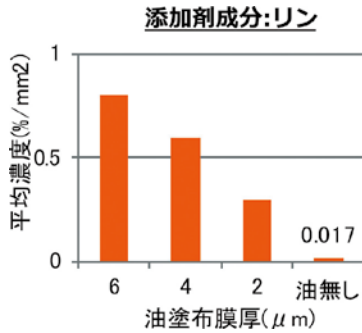


図4 曲げ加工試験 極圧添加剤成分結果

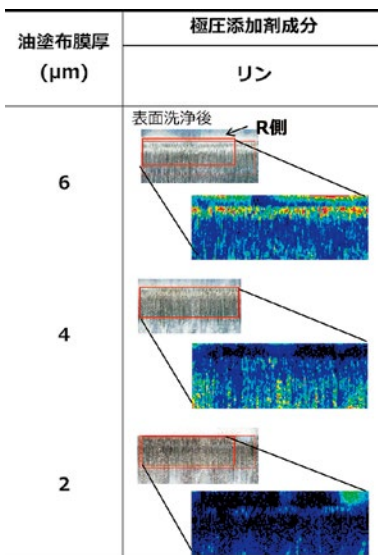


図5 被加工材×極圧添加剤成分反応状態

4.5 FB D/Lポール試験型評価 (単発抜き)

FBライン実用化へ向け、D/Lポール試験型を用いて油塗布量低減試験を行い、号口の塗布量から▲70%低減させた状態で反応試験を行った。打抜き加工での試験では、曲げ加工と同様に打抜き加工でも反応状態を確認できるか、また号口で塗布している潤滑油の極圧添

加剤成分は硫黄系であることから、硫黄成分で反応状態の評価を行った。評価条件は表4に示す。

表4 評価条件

評価条件	元素評価装置	EPMA(日本電子製JXA-8100)
	分光結晶	PETH
	加速電圧(KV)	15
	検出深さ(μm)	約1
	洗浄条件	超音波洗浄10分 (ヘキサン処理)
	導通処理	炭素コーティング
	面分解能(mm) 評価面積mm ²	0.05 8

4.6 FB D/Lポール試験型評価結果

打抜き加工で生じる発熱によって極圧添加剤成分硫黄にて反応状態を確認することができた。油塗布量低減試験結果は号口の油塗布量から約▲70%低減させても、反応状態は大きく変化しないことがわかり、号口同等の反応量を得られることが確認された(図6)。

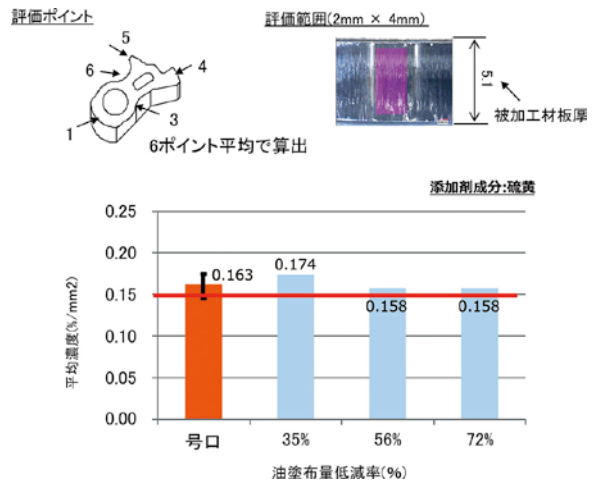


図6 曲げ加工試験 極圧添加剤成分結果

4.7 FB D/Lポール試験型 量産評価

油塗布量低減試験結果より、実際に油塗布量を低減させ、量産を想定した耐久試験(N=13,000ショット)を行った。油塗布低減量は量産条件より▲60%低減させた状態で実施した。本来であれば、▲70%低減した状態で耐久試験を実施したかったが、現行の塗布装置では微小に塗布することができなかつたため、限界である▲60%の条件で行った。今回、潤滑油の塗布量を低減させたことによって、工具の破損、側面焼付きによる製品外観悪化等(キズ、打痕、抜きバリ)が懸念事項としてあるため、耐久試験評価で確認を実施した。

4.8 FB D/Lポール試験型 量産結果

潤滑油の塗布量を▲60%低減させた条件下で耐久評価を行った結果、工具の破損、側面焼付き等の不審点は見られなかつた。製品外観に関してもキズ、打痕はなく、抜きバリを初/終品で変化量を比較した結果、号口同

区分	確認項目	結果(13,000ショット)	判定	トライ結果一覧
工具 (パンチ/ダイ)	トライ後 パンチ状態 ※刃先割れ ※側面焼付き/かじり	・刃先割れなし ・側面焼付き/かじり 不審点なし	○	
	トライ後 ダイ状態 ※ダイ割れ ※部品摩耗等の 粉末滞留/異物落下	・ダイ割れなし ・部品摩耗等の 粉末滞留、異物落下 不審点なし	○	
品質	製品外観-1 ※抜き側面キズ ※打痕	初品・中間 終品 問題なし	○	
	製品外観-2 ※抜きバリ 初品/終品の変化量 号口との比較	号口と同等 又は同等以下	○	
極圧添加剤 反応結果	潤滑界面の 硫黄反応状態 ※号口との 硫黄反応量と 比較 初品・中間品・終品	反応量 号口と同等 問題なし	○	

図7 D/L ポール試験型 耐久評価結果

等で問題ないことを確認した。また、製品の代表点(強加工部と弱加工部)にて極圧添加剤の反応状態を評価したところ反応量は号口と同等であり、潤滑油を減少させても潤滑界面の状態は号口と大きく変化していないことがわかった(図7)。

3.6油塗布量低減試験で決めた油量(油を減少させても、号口同等の反応を得られる供給量)を塗布(供給)すれば問題なく加工できることが確認できた。

5. まとめ

生技Cでの試験検証結果を踏まえ、工場での量産ライン投入事前確認トライまで終了しました。今回開発した評価手法で D/L ポールでは潤滑油の塗布量を▲60%まで低減することに成功し、加工に不必要な余剰油をカットすることができた。

今回の結果を踏まえて、今後は量産実績、データを蓄積して、FBラインの他製品(シェーピング、半抜き、曲げ、バーリング工法)への横展、さらなる油塗布低減へ向け開発を進める。

6. おわりに

最後に本技術開発および工場トライ投入にあたり、多大なるご協力とご指導をいただきました、新豊工場をは

じめとする関係者の皆様へこの場をお借りして深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 片岡征二:プレス加工における環境問題とドライプレス加工 軽金属第55巻第1号(2005)39-46
- 2) 片岡征二:潤滑油に起因する環境問題の整理と次世代潤滑技術としてのドライプレス加工プレス技術(2018)
- 3) 片岡征二:プレス加工のトライボロジー-日刊工業新聞社(2005)
- 4) 浜田忠平:最近の高度分析評価技術EPMAカラーマッピング法による紙基材の分析 日本印刷学会誌30巻6号(1993)352-365

筆者



山岸 杏太

素形材生技部
塑性熱処理技術開発G
塑性加工の技術開発に従事



林 貴文

素形材生技部
塑性熱処理技術開発G
塑性加工の技術開発に従事