

精密プレス加工の高精度化に関する研究開発

工業材料科	科 長	瀧 内 直 祐
工業材料科	主任研究員	福 田 洋 平
食品・環境科	主任研究員	三 木 伸 一
グリーンニューデール技術開発支援室	専 門 幹 事 所 長	田 口 勝 身 馬 場 恒 明

長崎県内の金属加工業では、環境問題等を考慮したプレス加工に関する要求が高まっている。また、プレス金型の高機能化、長寿命化と品質安定化が課題である。そこで、環境に優しい金型における油剤の脱脂技術の確立、金型の長寿命化、最適なプレス加工技術の確立を目的として、平成28年度は油剤、グリースの脱脂実験を行い、脱脂液等の比較検討を行った。さらに金型材へのDLC膜コーティング、780MPa級高張力鋼板の深絞り加工について検討した。

1. 緒 言

金属プレス加工技術における主な川下製造業者等の産業分野としては、自動車、情報家電、ロボット等が挙げられる。金属プレス加工技術において、環境配慮、小型化・軽量化や金型の長寿命化への対応は、金属プレス加工技術の高度化及び環境配慮の観点から重要な課題である。

県内企業において、プレス機械等の進歩により、プレス加工技術の高度化が進んでいる。しかし、金型寿命が短く、非効率的な加工作業となっている。また、プレス油剤の使用による作業環境の悪化、金型における油剤の除去が課題である。油剤等の脱脂技術については洗浄剤^{[1]-[4]}の開発が多い。

金型における油剤の環境に優しい脱脂技術の確立、金型の長寿命化、最適なプレス加工技術の確立を目的として、平成28年度は油剤、グリースの除去する脱脂実験、脱脂液等の比較検討を行った。さらに金型材へのDLC膜コーティング、780MPa級高張力鋼板の深絞り加工実験を行った。

2. 実験方法

2.1 油剤、グリースの脱脂実験

脱脂実験では、浸漬方法、ミスト方法を行った。ミスト装置は、扶桑精機製（e-ミスト）、明治機械製作所製（スプレーガン）を用いた。浸漬方法は、油剤及びグリースが付着した試料を3分間浸漬し、脱脂乾燥した後、目視観察を行った。ミスト方法は油剤及びグリース（0.2g）が塗布した試料を3分間噴霧し、脱脂乾燥した後、目視観察を行った。扶桑精機製の噴霧量

は、20ml/分、明治機械製作所製の噴霧量は、60ml/分である。実験で使用した脱脂液は、市販の脱脂液、エーテル類、アルコール類、界面活性剤液、発泡液である。油剤、グリースを塗布した試料は、炭素鋼で形状は直径30mm×長さ10mmである。

2.2 金型材へのDLC膜コーティング

材質SKD11の金型およびシリコンウエハ基材に対し、プラズマソースイオン注入装置を用いてDLC膜をコーティングした。膜厚は約1μmである。図1は、DLCコーティング装置である。

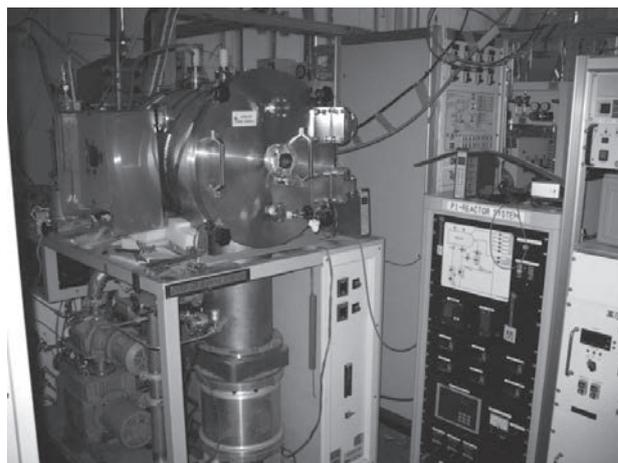


図1 DLCコーティング装置

2.3 780MPa級高張力鋼板の深絞り加工実験

加工実験にはアイダエンジニアリング株製のサーボプレス（NC1-800）を使用した。ブランク寸法は、直径55mm、板厚1.0mmである。図2は、サーボプレス

(NC1-800) (平成25年度電源立地地域対策交付金事業)である。

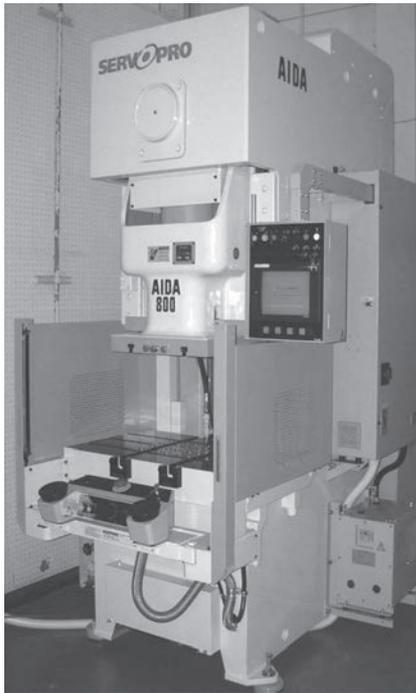


図2 サーボプレス

780MPa 級高張力鋼板の深絞り加工の予備実験において、①～③の課題があった。以下に記述する。

①再絞りによる板厚減少

1工程におけるパンチ R 部の板厚が減少した。

②3工程での縁部の割れ

3工程目、下死点手前約10mmで縁部の割れが発生した。図3は、3工程での縁部の割れを示す図である。



図3 3工程での縁部の割れ

③3工程以降の縦割れ

3工程以降において、縁部の縦割れが発生した。図4は縁部の縦割れが発生した図である。

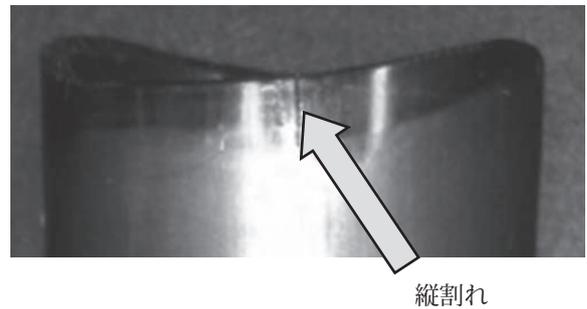


図4 縦割れ

①の課題において、絞り加工後のワークの板厚に影響を及ぼすパンチのクリアランス及びR半径は、塑性加工シミュレーションシステム「DEFORM」による解析を実施し、板厚の減少を抑制することが可能な図5に示すテーパ形状パンチとした。

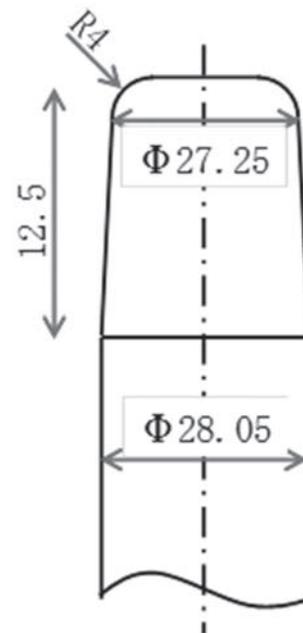


図5 テーパ形状パンチ

②の課題において、工程の進行によって生じるワーク縁部の割れについては、ダイの入り口に図6に示す「広がり抑え」を設けることで抑制することとした。

③の課題において、クリアランスの最適化を図り、しごきによる縁部の残留応力除去について検討した。

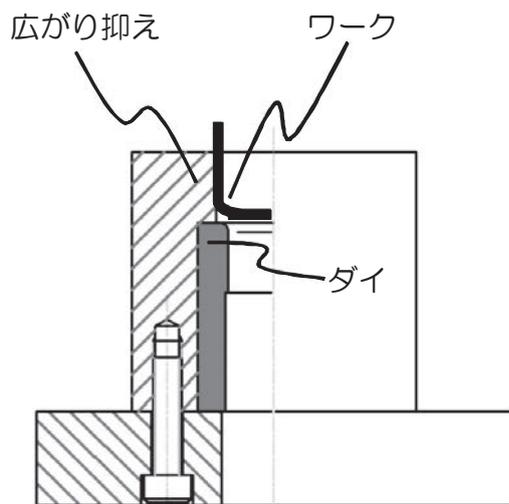


図6 広がり抑え構造

3. 実験結果

3.1 油剤の脱脂実験

油剤の脱脂実験の結果は表1に示す。表中の○印は油剤が付着していない場合、△印は一部油剤が付着している場合を示す。表中の浸漬は、浸漬方法による脱脂方法、ミストAは扶桑精機製装置によるミストの脱脂方法、ミストBは明治機械製作所製によるミストの脱脂方法である。

表より市販の脱脂液は、ミスト方法よりも浸漬方法が良好な脱脂の結果となった。界面活性剤液、発泡液は浸漬方法よりもミストA、ミストBの方法が良好な脱脂の結果となった。脱脂液は揮発性が高いため、ミスト方法による脱脂が有効でないことが推察される。

表1 油剤の脱脂実験結果

溶液	浸漬	ミストA	ミストB
脱脂液	○	△	△
エーテル類	△	△	○
アルコール類	△	△	○
界面活性剤液	△	○	○
発泡液	△	○	○

3.2 グリースの脱脂実験

グリースの脱脂実験の結果は表2に示す。表中の○印はグリースが付着していない場合、△印は一部グリースが付着している場合、×印はグリースが除去できない場合を示す。表中の浸漬は、浸漬方法による脱脂方法、ミストAは扶桑精機製装置によるミストの脱脂方法、ミストBは明治機械製作所製によるミストの脱脂方法である。

表2 グリースの脱脂実験結果

溶液	浸漬	ミストA	ミストB
脱脂液	×	△	△
エーテル類	△	×	○
アルコール類	×	×	×
界面活性剤液	×	○	△
発泡液	×	○	×

表より市販の脱脂液、エーテル類、アルコール類、界面活性剤液、発泡液は、浸漬方法において、グリースの脱脂効果が小さい結果となった。界面活性剤液及び発泡液の脱脂実験はミストAの方法が最も良好な結果となった。市販の脱脂液は揮発性が高いため、ミスト方法による脱脂効果が有効でないことが推察される。

グリースの脱脂実験後、純水の接触角を測定した。表3は、脱脂実験後、純水の接触角を測定した結果を示す。表中の浸漬は、浸漬方法による脱脂方法、ミストAは扶桑精機製装置によるミストの脱脂方法、ミストBは明治機械製作所製によるミストの脱脂方法である。

表3 脱脂実験後の純水の接触角

溶液	浸漬	ミストA	ミストB
脱脂液	85.7°	61.4°	63.7°
エーテル類	71.3°	81.0°	56.2°
アルコール類	86.3°	85.3°	85.0°
界面活性剤液	83.6°	51.8°	64.7°
発泡液	88.8°	51.3°	80.8°

接触角の基板は、炭素鋼で形状は直径30mm×長さ10mmである。なお、予備実験の結果、エタノールで超音波洗浄した試料(炭素鋼)を基板として、純水の接触角は51.0°であった。また、エタノールで超音波洗浄後、グリース(0.2g)が塗布した試料(炭素鋼)における純水の接触角は85.8°であった。

脱脂実験後、水洗し、乾燥した状態で純水の接触角を測定した。

浸漬方法において、エーテル類以外は、接触角が85°以上の値であり、予備実験でのグリースを試料に塗布した接触角と同程度であった。ミスト方法において、ミストAによる界面活性剤液、発泡液の接触角は、約51°であり、グリースを試料に塗布していない状態での純水の接触角と同程度であった。界面活性剤液、発泡液で脱脂した場合、グリースが除去された表面に

なり、ミスト A による界面活性剤液、発泡液の脱脂方法が最も良好な結果が得られた。グリースの脱脂において、界面活性剤液、発泡液のミスト A（扶桑精機製装置によるミストの脱脂方法）の方法は、有効であると考えられる。

3.3 DLC膜コーティング

シリコンウエハにコーティングした DLC 膜の押し込み硬度を測定した結果、14.65 GPa であり、通常の硬度であった。また、ISO26443 のロックウェル圧痕評価基準で class1 の高い密着強度が得られていることがわかった。金型に対しては、立体物形状へのつきまわりは良好であった。

図7は、DLC 膜をコーティングしたプレス金型である。



図7 DLC膜をコーティングしたプレス金型

3.4 780MPa 級高張力鋼板の深絞り加工結果

テーパ形状パンチと「広がり抑え」を設けたダイを用いて、クリアランスの最適化及びしごきによる縁部の残留応力除去によって、縁部に割れなどを生じることなく、5工程で62mmのワーク長を得ることができた。図8に各工程におけるワークの写真を、表4に各工程におけるワーク長を示す。



図8 各工程におけるワーク写真

表4 各工程におけるワーク長

工程	1	2	3	4	5
ワーク長 (mm)	23	32	46	53	62

4. 結 言

市販の脱脂液、エーテル類、アルコール類、界面活性剤液、発泡液における油剤、グリースの脱脂実験を行い、目視観察、グリースの脱脂後における純水の接触角測定を行った。金型材への DLC 膜コーティングの押し込み硬度を測定した。780MPa 級高張力鋼板の深絞り加工実験を行った。

その結果は、以下のとおりである。

- (1) 油剤の脱脂実験において、界面活性剤液、発泡液は浸漬方法よりも扶桑精機製装置によるミストの脱脂方法及び明治機械製作所製によるミストの脱脂方法が良好な脱脂の結果となった。
- (2) グリースの脱脂実験において、界面活性剤液、発泡液で脱脂した場合、グリースが除去された表面となり、扶桑精機製装置による界面活性剤液、発泡液のミストの脱脂方法が最も良好な結果が得られた。
扶桑精機製装置のミストによる脱脂後の接触角は、グリースを試料に塗布していない状態での純水の接触角と同程度であった。
- (3) SKD11 の金型に対して、硬度約 15GPa の DLC 膜が密着性良くコーティングでき、立体物へのつきまわりも良好であった。
- (4) 780MPa 級高張力鋼板に対して深絞り加工実験を行い、5工程で62mmのワーク長に加工することができた。

参考文献

- [1] 特開平 06-330361 号公報, 1994.
- [2] 特開平 10-046197 号公報, 1998.
- [3] 特開 2000-119693 号公報, 2000.
- [4] 特開 2010-285626 号公報, 2010.