

前後方直缶押出しへの加工条件の影響

Influences of Processing Conditions on Double Cup Extrusion

○ 鷺坂芳弘 (静大・院) 正 中村 保 (静大)

Yoshihiro SAGISAKA, Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Hamamatsu

Tamotsu NAKAMURA, Shizuoka University

Key Words : Forging, Double Cup Extrusion, FEM, Lubricant, Friction, Deformation Rate

1. 緒言

前後方直缶押出しは上下に二つのカップを同時に成形する複合押出しである。後方押出しに比べ低荷重でカップ形状を成形できるが、摩擦などの加工条件によって形状が安定しないという欠点がある。実生産では寸法を安定させるため一方のカップ端を金型で拘束せざるをえず、低荷重という利点が十分に生かされていない。また鍛造用FEM解析でも前後方押出しは難しい題材であり製品形状を予想するのが難しい。そこで本研究では様々な断面減少率の組合せの前後方直缶押出しを行い、工具形状、加工速度、潤滑、材料などの加工条件の影響を調査し、製品形状を予測するための解析手法について検証する。

2. 試験条件

試験に用いた金型の概略図の一例をFig.1に示す。φ20×20の試験片を内径φ20のストレートダイス内に挿入し上パンチにて加圧する。ダイス内には下パンチが固定してあり、これにより前後方の缶の押出しがなされる。上パンチのベアリング長さB、上下パンチの直径D_{UP}、D_{LP}の変更で断面減少率R_{eU}、R_{eL}を変化させてTable.1に示す4種類の前後方押出しについて調査した。プレスは加工速度の影響を見るため下死点上10mmで80mm/sの機械式と3mm/s一定の油圧式を用いた。試験片には低炭素鋼S10Cとアルミニウム合金A6061を用いた。変形抵抗はS10Cが $\sigma=673 \times 0.235$ (MPa)、A6061が $\sigma=226 \times 0.173$ (MPa)である。潤滑剤としてS10Cには燐酸亜鉛皮膜、A6061にはフッ化アルミ皮膜またはパラフィン系鉱油VG100を用いた。

3. 加工速度の影響

Fig.2(a)にWCL、Fig.2(b)にWCでのS10Cの機械式と油圧式での試験片形状の違いを示す。高速で加工するとWCLでは後方押出し量H_Uが大きくなり、WCでは前方押出し量H_Lが大きくなっている。A6061でも同様の傾向であった。高速では上下同一の断面減少率では

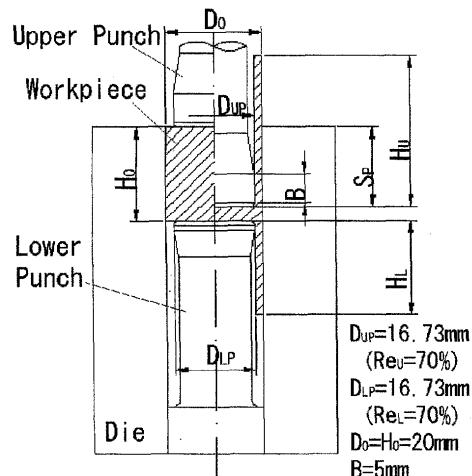


Fig.1 Schematic diagram of double cup extrusion (WCL)

ダイスの摩擦が作用する後方、異なる断面減少率では断面減少率の小さい側への材料流動が助長される。またこの傾向は断面減少率が大きいほど顕著であった。

4. 潤滑の影響

前後方押出しではダイス摩擦が低いほどH_Uが小さくなることが知られている¹⁾。S10Cとフッ化アルミ皮膜したA6061の低速での各押出しにおけるパンチ押込み量S_Pに対するH_Uの変化をFig.3に示す。WC以外はS10CとA6061の結果がほぼ一致する。WCの結果からは燐酸亜鉛皮膜の方が摩擦が低いといえる。WCLとWC70は同じ断面減少率だが上パンチベアリング部の摩擦の分WCLのH_Uは小さくなる。フッ化アルミでのWCLとWC70はS_Pが大きいときにH_Uがばらつくが、表面拡大により潤滑性がばらつくためと考えられる。燐酸亜鉛皮膜の方が高表面積拡大下で安定した性能を示すといえる。

フッ化アルミ皮膜とVG100でのA6061のS_Pに対するH_Uの変化をFig.4に示す。鉛油ではダイス面に油が封じ込められてダイス摩擦が小さくなるため、いずれの押出しでもH_Uが小さくなった。

5. 前後方押出しの解析手法

FEMソフトDEFORM-2Dにて、低速での前後方押出しの解析手法を検証した。モデルは接触判定の精度が高く摩擦を正確に表現出来ることから試験片を弾塑性体、金型を弾性体とした²⁾。WCの解析結果は弾塑性体とすると変形挙動とよく一致した。ダイスの摩擦係数は

Table.1 Varieties of double cup extrusion

Name	Upper Punch			Lower Punch	
	D _{UP}	R _{eU}	B	D _{LP}	R _{eL}
WC30	φ10.96	30%	0.5	φ10.96	30%
WC	φ16.73	70%	0.5	φ14.14	50%
WC70	φ16.73	70%	0.5	φ16.73	70%
WCL	φ16.73	70%	5	φ16.73	70%

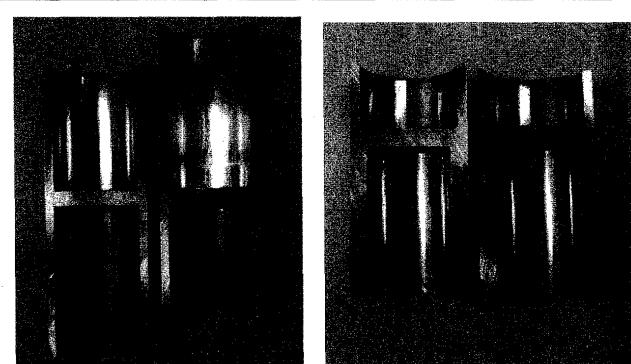


Fig.2 Effect of deformation rate (Left: 3mm/s, Right: 80mm/s)

WC, WC30 では摩擦係数 μ でも摩擦せん断係数 m でも挙動を再現できるが、WCL, WC70 では μ が挙動をよりよく再現できたため μ を用いた。上下パンチの摩擦係数は同一と仮定した。この仮定下では $B=0.5$ のパンチの摩擦は挙動に影響せず²⁾、WCL のみがパンチ摩擦に敏感になる。WC30 以外は変形抵抗で解析結果が変化したため、変形抵抗はすべて実測値を用いた。S10C では加工発熱も挙動に影響するため温度ごとの変形抵抗を用いて熱連成解析を行った。

A6061 の解析結果と実測値の比較をフッ化アルミについて Fig.5, VG100 について Fig.6 に示す。ダイス摩擦係数 μ_D は押出しの種類に関わらずほぼ同等でフッ化アルミで約 0.07, VG100 で 0 とみなせる。WCL でのパンチ摩擦係数 μ_P はフッ化アルミではダイスとほぼ同等とみなせるが VG100 では 0.3 と μ_D よりかなり大きくなる。

同様に S10C での比較を Fig.7 に示す。解析を実測値に一致させる μ_D は押出しの種類で異なっている。仮に WC の μ_D で WCL を解析すると μ_P はほぼ 0 に相当し現実的でない。これは μ_D が異なるからではなく、押出しの種類で解析より押出量が大きくなる方向があり S10C ではその特性が顕著であるためと考えられる。解析結果と比べて WC は前方、WC70, WCL は後方に押出され易く、高速加工時に助長される方向と一致する。一般に焼結亜鉛はフッ化アルミより摩擦が低く H_u が小さくなるところを、WC70, WCL では S10C のこの特性により H_u が増大したため Fig.3 で A6061 と実測値が一致し、WC のみは前方押出しが助長されるため A6061 と差が生じたと考えられる。

一方、高速加工時の解析では WC70 などの変形挙動は解析で再現出来ず、解析に含むべき何らかの材料特性が欠けていると考えられる。

6. 結言

前後方の直缶押出しの実験と解析から以下の知見を得た。

1. 高速での前後方押出しは断面減少率の小さい方向、摩擦の作用

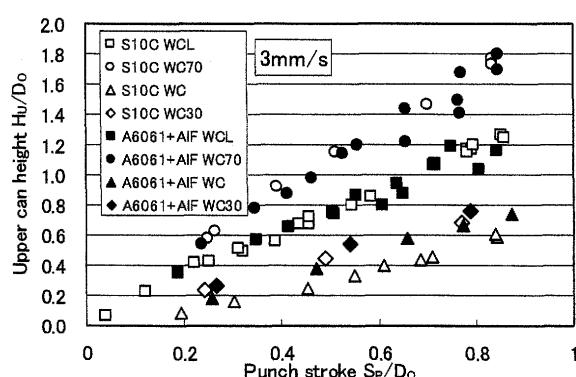


Fig.3 Influence of material on upper can height

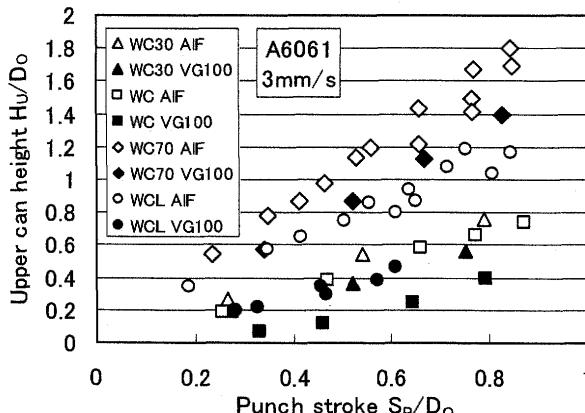


Fig.4 Influence of lubricants on upper can height

する方向に押出され易く、断面減少率が大きいほど傾向が顕著になった。解析では高速でのこの挙動を再現出来なかった。

2. 低速での A6061 の押出しは解析と一致し、鉛油では内外径の摩擦の差が大きく、フッ化アルミでは内外径の摩擦は同等となった。
3. S10C では低速でも押出され易い方向があり、解析との間にズレが生じる。何らかの材料特性の影響と考えられる。

参考文献

- 1) T. Nakamura et al.; Trans. ASME, J. Tribol. 120(1998), 716-723.
- 2) Y. Sagisaka et al.; Proc. of 8th ICTP (2005), 637-638.

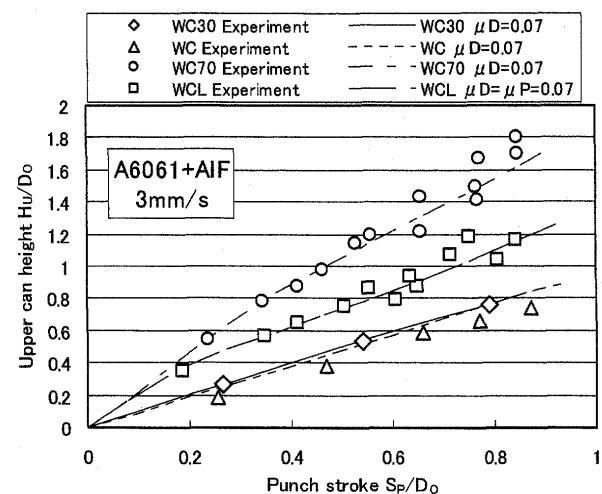


Fig.5 Comparison of analyses and experiments (A6061+AIF)

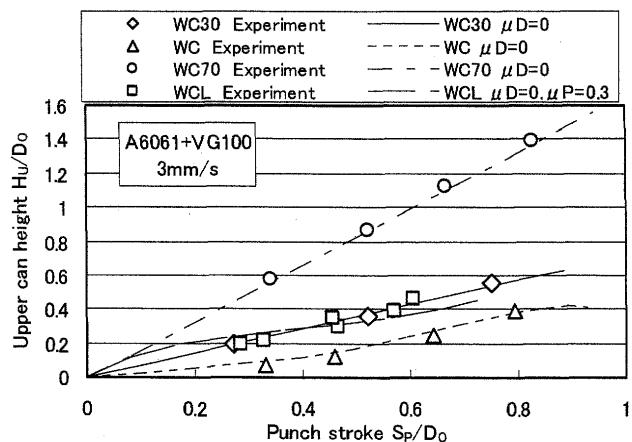


Fig.6 Comparison of analyses and experiments (A6061+VG100)

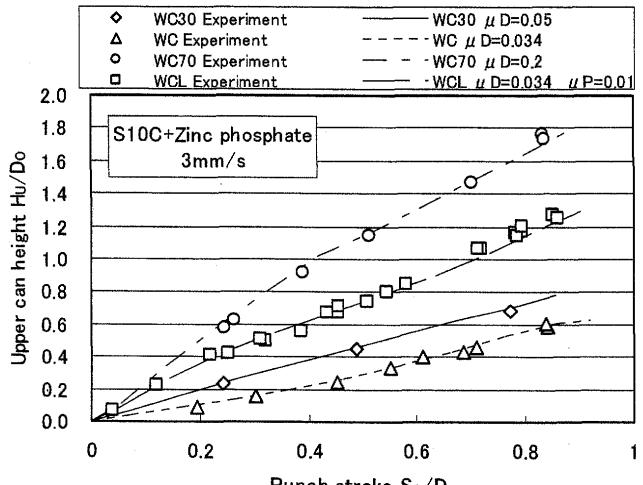


Fig.7 Comparison of analyses and experiments (S10C)