

タンデムサーボプレスの開発

Development of the Tandem Servo Press

中島大樹* 木下裕次* 中谷京治* 藤田敏章*
 Daiki Nakajima, Yuji Kinoshita, Kyoji Nakatani, Toshiaki Fujita

CVJ (Constant Velocity Universal Joints) を生産するプレスは、その成形特性上、大きな成形エネルギーと遅い加工速度という相反する条件を満たすために、従来は2段軸プレスが一般的であった。しかし、2段軸プレスは設備投資金額・設備サイズ・複雑な部品構成がネックとなり、汎用的に使用されることは少なかった。

そこで、CVJの生産に特化し余分な機能を排除することで、設備投資の低減とメンテナンス頻度の少ない設備を実現したタンデムサーボプレスを開発したので報告する。

With regard to the press for manufacturing CVJ(Constant Velocity Universal Joint), Geared presses have been conventionally-generally applied for satisfying the conflicting conditions of greater molding energy and slower processing speed from the aspect of the molding characteristics. However, due to the obstacle problems of the equipment investments, sizes and complicated parts configurations, not many geared presses have been generally applied.

So, we would like to make reports, since we developed the tandem servo presses capable of realizing the reduction of the equipment investments, and a little maintenance frequencies by specializing in CVJ production and deleting the excessive functions.

1. はじめに

近年鍛造プレスは、トヨタ自動車のカンバン方式などに代表される多品種少量生産や海外での現地生産（人力的・設備的問題）に対応できる設備が求められている。特に、日系企業の海外生産拠点となる新興国においては、製作ライン全体の小型化を図り低コストかつシンプルでメンテナンス頻度が少ない設備を標準ラインとして複数導入する傾向にある。

今回引き合いを頂いた客先もCVJを海外生産する標準ラインの導入を検討していたが、従来機では設備投資金額・設備サイズ・複雑な部品構成がネックとなっていた。そこで、設備の小型化・構造のシンプル化を重視したCVJ用鍛造プレスを開発するに至った。

本開発機で生産するCVJ（図1）は、製品が軸形状をしておりプレスが成形している時間が長く、大きな成形エネルギーが必要である。また、その成形は遅い加工速度が適している。しかし、 $E(\text{エネルギー}) \propto s^2(\text{加工速度})$ であるため、大きな成形エネルギーと遅い加工速度は相

反することになる。そこで従来機は、両端にフライホイールとピニオンギヤを有する2段軸を高速で回転させることで大きなエネルギーを持ち、ピニオンギヤとメインギヤの減速によりプレスの加工速度を落とす、2段軸プレス（図2）が一般的であった。しかし2段軸プレスは、ギヤ機構により機械サイズが大きく部品点数も多いため、

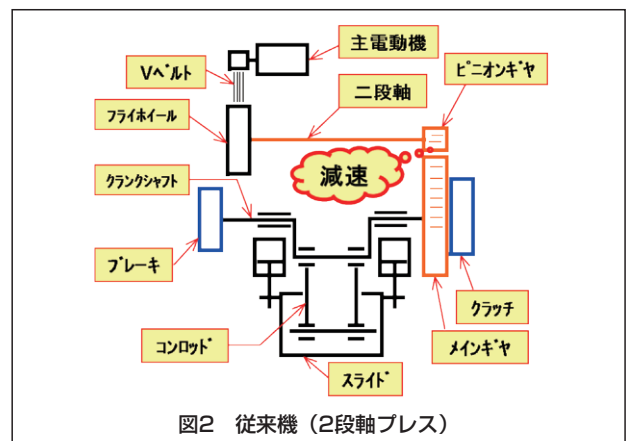


図2 従来機（2段軸プレス）



図1 CVJ(Constant Velocity Universal Joints/等速ジョイント)

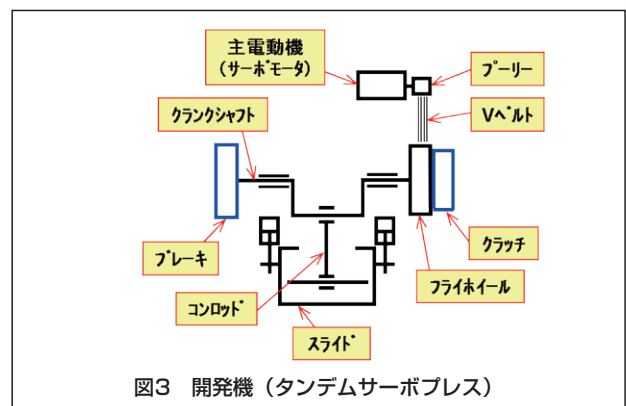


図3 開発機（タンデムサーボプレス）

* 機械事業部 鍛圧機技術部

設備費用が増大しさまざまな箇所の定期メンテナンスが必須であった。

それらの問題を解消するために、タンデムサーボプレスを開発した。

この開発プレスは3つの特徴を持つ。

- a) 単軸プレス(図3)2台での生産
- b) 成形を利用した速度減少
- c) 主電動機にサーボモータを採用

上記の特徴により、機械重量：約45%削減、製作コスト：約40%低減を実現し、大幅にメンテナンス頻度の少ないプレス機を開発した。

2. 装置

2.1 仕様

本機はCVJ成形を行うクランクプレス機であり、CIS-6、CIS-10の2台から成り立つ。仕様を表1に示す。

表1 仕様比較

型 式	CIS-6	CIS-10
プレス能力	600ton (6MN)	1000ton (10MN)
ストローク	290mm	440mm
工程数	2 工程	2 工程
機械ストローク	60spm (可変)	60spm (可変)
作業ストローク	最大 12spm	最大 12spm
最大成形エネルギー	110kJ	160kJ

2.2 従来機との比較

従来のCVJ用2段軸プレスと今回開発したタンデムサーボプレスの仕様比較を表2に示す。

表2 仕様比較

	従来機 (2段軸プレス)	開発機 (タンデムサーボプレス)
プレス能力	2000ton (2段軸)	600ton + 1000ton (単軸)
成形工程数	4 ~ 5 工程	2 工程 + 2 工程
最大成形エネルギー	200kJ	110kJ + 160kJ
本体重量	300ton	70ton + 90ton
本体サイズ	7.2m (奥) 7.5m (幅) 10.2m (高)	4.5m (奥) 9.3m (幅) 7.3m (高)
製作コスト比	1	0.6

まず、プレス能力については2000tonから600ton+1000tonに、成形に使用できる最大成形エネルギーは200kJから110kJ+160kJとした。これは、従来の4~5工程の多工程成形から2工程+2工程に成形工程を分割し、適正化を図った結果である。

次に本体重量、本体サイズ(図4参照)に着目すると、約45%低下していることがわかる。重量、サイズの低減により、製造コストも約40%低減した。これは2段軸から単軸としたこと、CVJに特化することで余分な機能を取り除いたという2点の理由により実現することができた。

また油圧機器を使用するダイハイト調整装置を無くしたため、油圧レスのシンプルな構造となり、メンテナンス頻度も大幅に低下した。

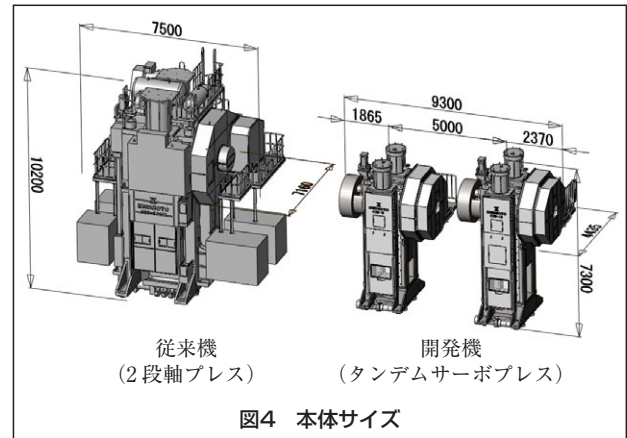


図4 本体サイズ

2.3 スライド速度制御と成形性

CVJの成形は遅い加工速度で行う必要があり、従来の2段軸プレスではスライド定格回転数は35spmであった。しかし、タンデムサーボプレスでは2段軸を有さないため、大きな成形エネルギーを持たせるために、定格回転数を60spmに設定する。そして成形により(スライド下死点付近)エネルギーを失うため、スライド速度が大幅に減少する(図5)。

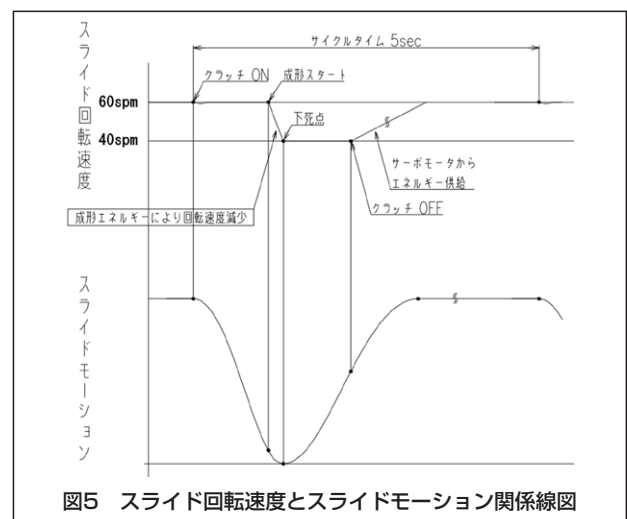


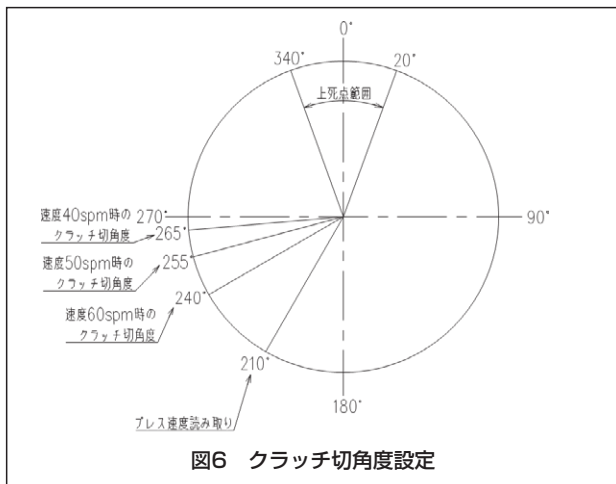
図5 スライド回転速度とスライドモーション関係線図

この速度減少を利用し40spm程度まで速度低下させることで、大きな成形エネルギーと遅い加工速度を実現した。なお成形後のエネルギー復帰については、サーボモータの特性を生かし、成形後の保有エネルギーに合わせたフレキシブルな制御が可能となった。また、サーボモータにより回転数を制御することで、製品特性に適した回転数を設定することも可能である。

2.4 上死点停止位置の精度向上

従来のプレスはすべての成形において、一定のクランク角度でクラッチを切り、一定のタイマー経過後ブレーキが入り上死点範囲（340°～20°）で停止させている。これは、回転数からの速度減少が10%以内で使用していたため、ばらつきが少なく共通の設定にしても問題がなかった。しかし、開発機は前述の通り60spmから40spmまで最大約33%速度減少するため、一定の角度でブレーキを入ると、上死点範囲で停止できない場合がある。

そこで、成形後のプレス速度をクランクシャフトの軸端に取り付けたエンコーダで読み取り、その速度に合わせてクラッチ切りのタイミングを変更することで、上死



点停止位置の精度を向上させた（図6）。これにより、製品の搬送装置と干渉することがなくなり、設備の安定稼働に貢献する。

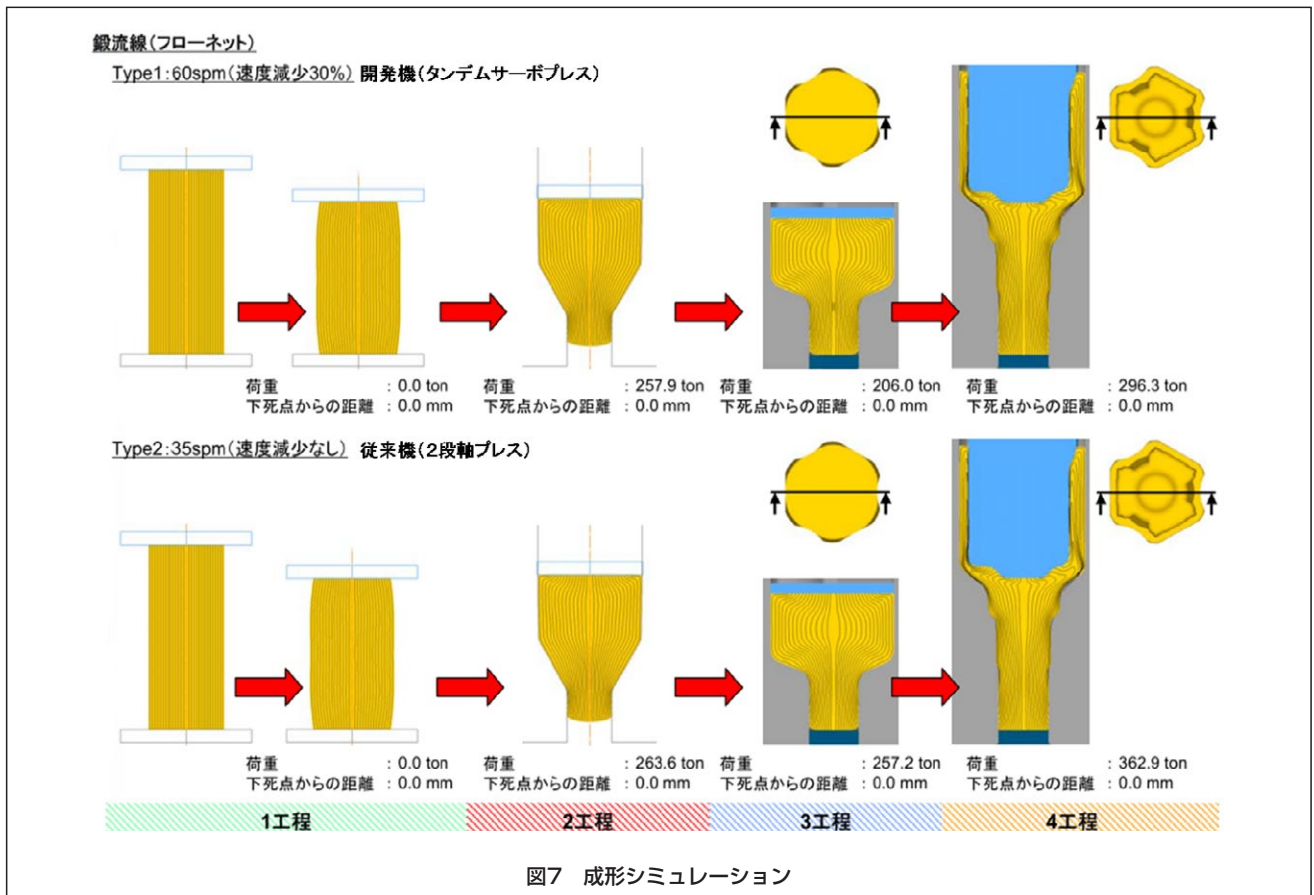
3. 成形シミュレーション

2.3項にて記載の成形方法が、製品の成形性・成形荷重にどのような影響が出るのか、また製品の形状の計画通りの製品が生産可能かを検証するため、加工シミュレーションソフト『DEFORM』（ヤマナカゴキ製）を導入し解析を行った。

解析条件は、スライドモーションを開発機のスライド回転速度が60spmから約30%速度減少するモーションと、従来機のスライド回転速度が35spmの一定速度のモーションとし、その他の条件は全て同じとして比較した。

結果は、動作モーションを変えても成形性に大きな違いは表れず、製品に不良（欠肉、ワレなど）が発生することもなかった。逆に、成形荷重は開発機のスライドモーションが適しており、下死点付近で10%～20%荷重が下がる結果となった（図7）。

今回の解析では変化は見られなかったが、応力・製品、金型の温度分布、製品の密度なども解析することが可能でスライドモーションだけでなく、ワーク温度・金型形状・放冷時間などを変更し、成形における更なる最適化を進めることが可能である。



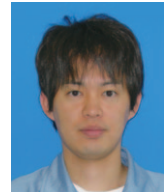
4. おわりに

今回は、多品種少量生産を前提に、設備投資費用の低減、メンテナンス頻度の少ない設備に観点を置いて開発を行い、実機においても成果を上げることができた。また、実機において、今回の動作モーションを行うと、金型寿命が数倍になるという実績も得られた。今後は、CVJ 以外にも同じような成形特性をもった CVT (Continuously Variable Transmission) など、より多くの品種に展開していくことが課題である。

執筆者

中島大樹

Daiki Nakajima
2005 年入社
鍛圧機的设计に従事



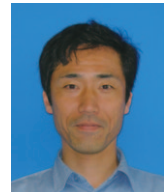
木下裕次

Yuji Kinoshita
1985 年入社
鍛圧機的设计に従事



中谷京治

Kyoji Nakatani
1993 年入社
鍛圧機の電気设计に従事



藤田敏章

Toshiaki Fujita
2012 年入社
鍛圧機的设计に従事

