順送りプレス金型CAD/CAMシステムの開発*

白井 健二** 村上 碩哉**

Development of a CAD/CAM System for Progressive Dies

Kenji SHIRAI and Hiroya MURAKAMI

In response to the increasing demand for press tools, a compact and practical CAD/CAM system for progressive dies, one of the most complicated types of press tools, has been developed. The features of this system are: (1) designing can be easily accomplished just by inputting the geometrical data of the strip and die layouts, and (2) CAM information can be directly extracted from the CAD information. In developing this system, a new model for die construction has been determined by studying the design process. An algorithm and data file needed for automatic tool selection and calculation of machining conditions and tool paths have been completed from the data obtained by using this model. To analyze the usefulness, many practical studies have been performed, and it has been found that the total period for design and manufacturing is reduced to about 1/5 the time previously required. This method can also be applied to many other types of press tools, such as compound dies, single dies, and transfer dies.

Key words: press tool, progressive die, CAD, CAM, strip layout, die layout, die model, die standardization

1. 緒 言

近年、金型の設計・製作の省力化と期間短縮を図ることに對して強い関心が寄せられている。特にプレス金型の場合には、もっとも複雑な形式の一つとされる順送り型に対してCAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) 化の強いニーズがある。

順送り型は多数の工程によって製品を作り出すが、それは打抜きや曲げ加工のみならず、ストリップ材を持ちあげたり、あるいは位置決めしたりする多くの機能を有しており、金型の設計に対しては多大の労力・時間と熟練技術が必要とされる。このため順送り型として、いくつかのCADシステム^{1)~6)}が開発されてきた。それらのシステムのあるものは、グラフィックディスプレイを利用してブランクレイアウトやダイレイアウトの設計を行うことが主目的の試作システムで

ある。それらは製造現場での使用を考慮したものではないため、寸法線、公差等の記述された機械加工用の図面を出力することはできない。また他のシステムはレイアウト等の最適設計を目的としたものであり、かなり複雑なアルゴリズムとなっている。その結果、実用システムとするには高価なものとなっている。更にこれらのシステムはCADとCAMの接続が十分ではない。上記の問題を解決するために、汎用性と実用性を目指したCAD/CAMシステムを開発した。

本報告では金型設計過程の解析によって構築された金型モデルと、このモデルを用いることによって開発されたCADシステム及びこのCADシステムに接続されるCAMシステムに関して論じ、最後にCAD/CAMシステムの有用性について述べる。

2. 金型の標準化とモデル化

2.1 設計過程の解析と金型構造の標準化

CADシステムの開発には、多くの技術課題を解決する必要がある。設計過程の解析と改良、更に金型の構造と部品の標準化は特に重要な課題であり、各工場では実施されている設計手順を解析して、本システムでの設計過程を再編成した。そして多くの試行錯誤等による複雑な従来の設計手順を、簡単明確な標準手順として実現した。

* 原稿受付 昭和62年5月15日、昭和59年度精機学会秋季大会学術講演会(昭和59年10月1日)および昭和61年度精密工学会秋季大会先端技術紹介セッション(昭和61年10月12日)にて発表

昭和61年度(第6回)精密工学会技術賞受賞業績
受賞題目: プレス金型CAD/CAMシステムの開発
受賞者: 白井健二, 村上碩哉, 磯田賢一, 仲田睦男, 青木恒夫

** 正 会 員 (株)日立製作所(横浜市戸塚区吉田町292)

Fig. 1 Standard design procedure using model of die

金型の標準化は、金型構造、ユニット及び部品レベルで実施した。

金型構造は、サブガイド、スプリット、サブセットの3タイプに分類した。ユニットとはある機能を満足するために、数個の部品を組み合わせたものであり、ガイドポスト、サブガイドポストのような10個のユニットを標準化した。

2.2 金型のモデル化

標準化の結果から、金型構造モデルを決定した。モデルは汎用的な処理をするため重要であり、構造及びユニットの2種についてのモデルを考案した。金型のモデルDは以下の関数によって表現される。

$$D = F(a, b, S_n, t_p, t_b, c) \quad (1)$$

ここで、 a :ダイレイアウトエリアの長さ、 b :ダイレイアウトエリアの幅、 S_n :ダイレイアウトを構成する要素としての切れ刃、 t_p :プレートの厚さ、 t_b :素材の厚さ、 c :パンチとダイ間のクリアランス。

このモデルを用いて標準化された設計手順の一例を図1に示す。式(1)Dのパラメータを与えると、プレートやダイセットの長さ、幅、ガイドポストの径等の金型構造を示す他の主要なパラメータが順次自動決定される。このモデルの水平構造を図2に、また垂直構造を図3に示す。水平構造においては、金型構造における新しい概念としてのダイレイアウトエリアを設定している。これは

製品を打ち抜いたり、曲げたりする切れ刃を構成するパンチやダイのみを配置する矩形のエリアであり、ワーキングエリアである。金型のその他の構造部、例えばガイドポスト、スプリング及び締結ボルト等は上記エリア外に配置されている。切れ刃形状すなわちパンチやダイの配置は加工対象形状に依存して変化する。それに対して、構造部品は対象製品の形状には無関係で、総合的な打抜き力、モーメント等のみに依存する。すなわちダイレイアウト設計においてはダイレイアウトの内部のみを、また構造設計においては、その外部のみを考えればよい。

この結果、ダイレイアウトの外部構造は製品の詳細形状に無関係に標準化できた。そして自動設計でしば

Fig. 2 Horizontal construction (model of die)

Fig. 3 Vertical construction (model of die)

Fig. 4 Submodel (subguide unit)

しば問題となる部品同志の衝突の問題も一々面倒なチェックをしなくてもすむようにできた。

金型の細部構造に対しては、10個のサブモデルを設定している。サブモデルはユニットに対して決定される(図4)。各サブモデルの構造及び構造部品も標準化されており、全体設計によってサブモデルの主要寸法が決まれば、後は要素部品の寸法や公差等が自動的に

決定される。

3. CAD システムの開発

3.1 CAD システムの設計の流れ

図5に示す設計の流れでは、左側は人間、右側は計算機による処理となる。計算機による処理はプリプロセサ、メインプロセサ及びポストプロセサの3プロセサから構成される。設計の流れは、まず金型設計者が製品図面から展開図を作成する。この展開図形状をAPT形式の言語で記述し、パッチ的にプリプロセサに入力する。プリプロセサにおいては、素材の回転角度と材料歩どまりの関係が計算される。そしてこの最大材料歩どまり角度のブランクレイアウト図が作成される。設計者の選択した角度によるブランクレイアウト図を出力したい場合には、直接その角度を入力すればよい。このブランクレイアウト図を用いて、設計者は机上もしくはディスプレイ上で、適切なストリップレイアウトとダイレイアウトを設計する。次にこのレイアウト形状を設計仕様データとともにAPT形式の言語で再度記述し、パッチ的にメインプロセサに入力する。メインプロセサでは金型の構造及び寸法が決定

Fig. 5 CAD system for progressive die

Fig. 6 Block diagram of design procedure

され、標準部品やユニットがデータファイルから選択され、部品の員数が計算される。そしてパンチ、ダイ及びプレートの詳細寸法が入力データにより計算される。最後に部品リストが作成される。ポストプロセサにおいては、上述の計算結果から、組立図と寸法線の入った部品図が作成される。

3.2 メインプロセサの処理

メインプロセサによって行われる主要な処理は以下の通りである（図6フローチャート参照）。

- (1) 加工荷重とモーメント中心位置の計算
- (2) ダイセット寸法、ガイドポスト径及びそれらの配置の計算
- (3) プレート寸法、サブガイドポストとスプリングの径及びそれらの配置の計算
- (4) Z（型高さ）寸法の計算
- (5) ダイブシュとパンチの幾何形状の決定
- (6) 標準部品の選択
- (7) プレートの穴形状の決定

4. CAM システムの開発

4.1 CAM システムの構成

CAM システムでは金型を構成するプレートやブシュを加工するため、CAD 情報に基づき、マシニングセンタとワイヤカット放電加工機による穴あけ、座ぐり及びタップ用等のパートプログラムを出力する。図7に従来方式と対比したシステムの主要な構成を示す。従来方式ではCAD から出力された組立図、部品図を参照して、作業者がプログラミングを行い、パートプログラムを出力していたが、本システムでは、この部分を自動化し、CAD による形状情報とCAM データファイルを用いて、工具の選択、加工条件の計算、工具経路の創成を行った後にパートプログラムを出力する。必要があればNC テープを直接出力することも可能である。

4.2 データファイルの例

CAM システムにおけるデータファイルの一例を表1に示す。この表は仕上加工の仕様を与えている。例えば、ストリップレイアウト上のサブガイドポストの穴は最初に取代をつけてドリル加工された後に、研削

Fig. 7 Structure of CAD/CAM system

Table 1 Decision table of machining for machining center

MACHINING HOLE DIE PARTS		GP	SGP	SBL	PBL	KNK	PL	GPN	LPN	JPN	MF	PC
PLATE	LDS	△	○		○	○	○	○			○	○
	UDS	△		○	○	○	○				○	
	DP		○		○	△	○	△	○		○	△
	DPBP				○	○	○	○			○	○
	SP		△	○	○	△	△	○		○	○	△
	SPBP		○	○	○	○	○			○	○	○
	PP		△	○	○	△	△				○	△
	PPBP		○	○	○	○	○					
GP			○		○	○						
DB	CIRCULAR											
	NON-CIRCULAR							○				
	SEGMENT					○	△	○				
SB	CIRCULAR											
	NON-CIRCULAR											
	SEGMENT				○	△						

○ : FINISHING MACHINING

△ : FINISHING ALLOWANCE

LDS : Lower Die Set
 UDS : Upper Die Set
 DP : Die Plate
 DPBP: Die Plate Back Plate
 SP : Stripper Plate
 SPBP: Stripper Plate Back Plate
 PP : Punch Plate
 PPBP: Punch Plate Back Plate
 GP : Guide Plate
 DB : Die Bush
 SB : Stripper Bush
 GP : Guide Post
 SGP : Subguide Post
 SBL : Stripper Bolt
 PBL : Plate Fastener Bolt
 KNK : Knock Pin
 PL : Pilot
 GPN : Guide Pin
 LPN : Lifter Pin
 JPN : Jeck Pin
 MF : Misfeed Detect
 PC : Punch Edge

Fig. 8 Blank layout

Fig. 10 Die layout

Fig. 9 Strip layout

加工によって仕上げられることを示している。一方、ダイレイアウト上のサブガイドポストの穴はドリルあるいはリーマ加工によって仕上げられることを示している。

5. 適用例

図8から図12に本CADシステムによって処理された例を示す。製品は図5に示す。プリプロセッサによって作成された2個取りのブランクレイアウト(図8)からストリップレイアウト(図9)を設計する。また入力データをチェックするためのダイレイアウト(図10)はメインプロセッサから作成される。組立図は図11であり、ダイプレートの部品図が図12であ

る。

この例においてストリップレイアウトとダイレイアウトを設計するのに約8hを要し、HITAC M180によるトータル計算時間(CPUベース)は約5minであった。製図に要する時間はインクペンを用いて、70枚の図面を仕上げるのに約90minを要した。

本システムを用いることにより、平均設計期間は20

Fig. 11 Assembly drawing (lower die)

MG1	233.500	75.000			
BR3	20.000	20.000	BR4	250.000	20.000
BR1	20.000	130.000	BR2	250.000	130.000
ME1	70.850	86.500	ME2	73.050	83.500
MD1	160.500	100.000	MD1	153.500	50.000
MC1	174.200	86.500	MC2	173.800	83.500
FR1	46.5	75.0	FR1	83.5	75.0
LR7	148.5	63.0	LR8	218.5	63.0
LR5	46.5	63.0	LR6	97.5	63.0
LR3	148.5	87.0	LR4	218.5	87.0
LR1	46.5	87.0	LR2	97.5	87.0
SYN	X	Y	SYN	X	Y
MG	25.000	H7	28.0	BTMS.0	0.1
BR	25.000	H7			
ME	20.000	H7	23.0	BTMS.0	0.1
MD	16.000	H7	19.0	BTMS.0	0.1
MC	13.000	H7	16.0	BTMS.0	0.1
FR	4.0				
LR	4.0	5.0	BTMS.0		
SYN	NOTES (CIRCLE)

Fig. 12 Part drawing (die plate)

Fig. 13 Comparative chart of conventional design vs. CAD system

日から5日と約1/4になった(図13)。一方、CAMシステムにおいては、平均設計・製作期間は10日から1日と約1/10になった。それ故に総合的な平均設計・製作期間は30日から6日と約1/5になった。

本システムは総括型、単能型及びトランスファ型への拡張も既に完成しており、種々の家電、エレクトロニクス部品製作として、これまで社内数千の金型に適用され効果をあげている。

6. 結 言

- (1) プレス金型の中でもっとも複雑な形式とされる順送り型について、コンパクトで実用的なCAD/CAMシステムを、新しい金型構造モデルに基づいて開発した。
- (2) システムはCADとCAMが統合化されてお

り、CAM情報はCAD情報から直接的に抽出できる。

- (3) システムの有用性に関して、実用レベルでの多くのケーススタディを実施した結果、その有効性が明らかとなった。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、有益な御教示をいただいた北海道大学工学部の斎藤勝政教授はじめ関係各位に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) B. Fogg and G. A. Jamieson: The Influencing Factors in Optimizing Press Tools Die Layouts and a Solution Using Computer Aids, Ann. CIRP, 24, (1975) 429.
- 2) 小島俊雄, 田村公男, 曾田長一郎, 足助富美雄, 中原征治: 2次元順送り型自動設計の研究, 精密機械, 46, 12(1980)1467.
- 3) O. F. Shifman: The PDDC System, A CAD-CAM Application to the Design and Fabrication of Press Tools, SME Tech. Paper, (1973) 73.
- 4) J. W. Ryon III: Computer Processes as Supplement to Conventional Die Design Methods, Some Aspects of the PDDC System, SME Tech. Paper, (1973) 108.
- 5) 白井健二, 村上碩哉, 佐賀敏治, 磯田賢一: プレス金型CADシステムの設計プロセッサ, 昭和56年度精機学会春季大会学術講演会講演論文集 (1981) 151.
- 6) 白井健二, 斎藤啓谷, 村上碩哉, 滝川通孝: プレス金型CAD/CAMシステムの開発, 昭和57年度精機学会秋季大会学術講演会講演論文集 (1982) 338.