解 説

金型材の現状と最近の動向（冷間型，
温・熱間型，プラスチック型）

吉谷 悟*

Current Status and Recent Trend in Die Steels (Cold-Work Dies, Semi-Hot and Hot-Work Dies, Plastic Mold Dies)

Satoru Yoshitani

Synopsis

The progress of the materials in die steel is remarkable. In addition to the basic grades of tool steel, new grades of steel such as matrix high speed steels and powder metallurgy steels are used in the various and severe conditions.

In this report, current status and recent trend in die steel are mentioned.

ま え が き

金型の需要は自動車産業、電器産業における需要がその大半を占めているが、その他事務機器、産業機器をはじめ広範囲の産業分野にわたっている。従って、これら産業動向が、金型機に対するニーズに反映されるわけである。

各種部品の原価低減、品質向上に対する要求は部品材質の転換、新しい成形法の導入となってあらわれ、従来の金型材ではこれらの要求を十分に應えることができなくなりつつある。このような時代のニーズに應えるべく新しい金型材の開発が盛んに行われている。

以下、金型の動向と金型材への要求を概観し、汎用金型材の利用から、各種の多様化した用途に応じた専用金型材の動き等、最近の金型材の動向

についてとりまとめる。

1. 金型およびその周辺の動向

工具鋼の最大の需要先は金型産業である。また、金型の用途の大半は自動車産業、電器産業およびこれらの関連産業向けであり、各種部品類の成形加工に用いられている。金型用材料は、長年の取捨選択を経て冷間加工用金型としては、SK, SKS, SKD 11系が、また熱間加工用金型としては、SKT, SKD 61系の材料が主に、使用されてきた。また、比較的新しい分野であるプラスチック金型材では最近になってようやくその鋼種体系が整備されつつある。

ここ5～6年来の自動車産業、電器産業等における技術的な進歩は金型への厳しい要求となってあらわれ、従来の金型材では対応できなくなりつつある。

このことに対応して、特殊鋼メーカーでの新しい材料の開発、適用材料の見直しが盛んに行われ

昭和61年5月19日 受付

*大同特殊鋼㈱技術サービス第二部

ており、既存材質を見直し、位置づけがなされ、新しい鋼種体系の確立が進みつつある。

以下、最近の金型産業および金型関連の周辺動向を概観し、金型材への要求をとりまとめる。

1.1 金型生産の動向

昭和59年度の工業統計によると、金型の総生産金額は、一兆円の台にはほぼ達したと推定される。

(第1図)

金型種別では、プラスチック型40.5%、プレス型(冷・熱間用)32.5%、ダイカスト・鋳造型6.6

第1図 金型生産金額の内訳⁴⁾

第2図 金型生産金額の推移²⁾

%, ガラス・ゴム型5.8%の構成比率となっているが、プラスチック型とプレス型で全体の3/4を占めている。また、昭和51年からの型種別の生産推移をみると(第2図)、プラスチック型、ダイカスト型の伸びが著しいが、各種機能部品および外装品の軽量化・意匠化指向がこれら金型の旺盛な需要を誘因したものと考えられ、今後この傾向はさらに強まっていくものと予測される。量的には上記のような背景があるが、金型の精密化、複雑化による部品のコスト・ダウン、多数個取り金型化による生産性の向上、量産長寿命型の開発等に代表される金型の高度化への転換は、コストパフォーマンスを究極の目的とする産業界共通の要請である。

1.2 金型周辺の動向

(1) 金型加工法の動向

金型の製作は各種工作機械によるが、工作機械の動向には大きな変化がみられる。昭和60年度の金属工作機械の総生産金額は8831億円に達しているが、その内容をみるとNC工作機械の占有率が著しく高いということが特徴としてあげられよう(第3図)。この動きを、昭和54年からの生産台数推移でみると、NC工作機械の伸びが他機種を圧している(第4図)。この統計上の数値は、日常我々が金型製造現場で経験している、NC工作機械の導入実態とよく符合するものである。

金型産業でのNC工作機械の導入は、金型の精密化、複雑化への対応、金型加工熟練技能者の確保が困難となったこと、生産性の向上などの事情

第3図 工作機械生産金額の内訳³⁾

第4図 工作機械の生産推移³⁾

が背景になっており、いつれにしろ金型加工の自動化・無人化への移行である。金型加工の自動化は、金型材の従来以上の高品質（加工歪の低減、マシナビリティーの向上）、安定品質の確保（硬さバラツキの低減、組織の均一化、非金属介在物の低減）を要求するものである。さらに、放電加工機の普及は目ざましいが、放電加工機の適用拡大により、金型加工時の金型の歪、仕上面粗さや亀裂の発生等の金型材の品質に起因する技術課題も増えつつある。

(2) 部品材質の動向

時代のニーズに応じた小型化、軽量化、外装品の意匠化は多くの工業製品を変えつつあるが、金型と最も関連が深い自動車産業、電器産業でとくにこの傾向は顕著である。

一例として、乗車用の最近の材料動向をみると（第1表）、表面処理鋼板、高張力鋼板、プラスチックの伸びが大きい、特にプラスチックは

金型材への品質に対する新しいニーズを生みだしている。一方、電器製品の場合は、乗用車での軽量化主体のニーズと異り意匠性指向が強く、金型の外観品質に重点が置かれる。部品材質の動きの中で、プラスチック化は金型材の最も大きなテーマである。その他、アルミダイカスト部品の増加、非鉄系材料の成形部品への適用拡大、ステンレス系材料への切替え等々、今後使用材料の変遷に伴って成形用金型材が対処していかなければならない課題が多い。

小 括

金型全般の動向としては高性能化指向が大きな流れであるが、一方金型の低廉化も着実に進んでおり、簡易型・試作型でのプリハードン鋼の利用、抜き型でのフレームハード鋼への切替え等は、その代表的な事例である。いずれにしろ、究極の目的は成形製品（部品）のコスト・ダウンであり、原価低減効果の期待できない金型材は検討対象外

表 1 表 乗用車における主要原材料の原単位の変化⁴⁾

(wt %)

原 材 料			1969	1972	1976	1979	1983
金 属 材 料	鉄 鋼 材 料	銑 鉄	3.6	3.2	3.2	2.8	2.2
		棒 鋼	2.5	2.3	1.8	1.2	0.9
		熱 延 鋼 板	9.7	14.4	14.7	13.6	14.5
		冷 延 鋼 板	42.3	40.0	38.4	35.2	32.9
		表 面 処 理 鋼 板	1.4	1.6	4.4	7.2	7.8
		鋼 管	2.5	2.3	2.2	2.3	2.3
		構 造 用 炭 素 鋼	8.2	7.8	7.2	6.7	6.6
		構 造 用 合 金 鋼	5.4	5.6	4.7	4.4	4.0
		耐 食 耐 熱 鋼	0.3	0.3	0.9	0.9	0.9
		ば ね 鋼	2.0	2.2	2.0	1.5	1.5
	そ の 他	1.2	1.6	1.5	2.4	2.3	
	小 計		79.3	81.3	81.0	78.2	76.0
	非 鉄 材 料	アルミニウム合金	3.2	2.8	2.6	3.3	3.5
		銅・二次製品	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9
		鉛	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6
		亜 鉛	0.5	0.5	0.6	0.3	0.4
		そ の 他	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2
	小 計		5.5	5.0	4.8	5.6	5.6
	金 属 材 料 計		84.8	86.3	85.4	83.8	81.6
非 金 属 材 料	非 金 属 材 料	塗 料	2.2	2.1	1.5	1.7	1.7
		ゴ ム	5.6	4.7	4.3	3.7	3.5
		石 綿	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		ガ ラ ス	2.7	2.8	2.7	3.0	3.2
		プラスチック	2.0	2.9	3.5	4.7	5.7
		セラミックス	—	—	—	—	0.05
		そ の 他	2.6	1.1	2.1	3.0	3.9
		非金属材料小計		15.1	13.8	14.2	16.2
	計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注1) 本表は乗用車製造に必要な原材料の wt %を示す。完成車の wt %とは少々異なる。

2) 高張力鋼板の年度別変化は下記のとおり。

1976……0.5% 1979……1.5% 1983……4.1%

3) 本表は鉄鉄ベース

とされる。

金型材に要求される品質特性には、「金型製作の立場」からの内容と、「金型使用（成形もしくは利用）の立場」からの内容との2面があるが、この両者の要求特性には相反する内容が含まれている場合が多く、この相反する要求が金型材の設計時に議論の焦点となるところである。

(1)～(3)項での内容および最近の技術情報を含め、金型材への要求特性のポイントを第2表にとりまとめる。

2. 冷間加工用金型材

冷間加工用金型材はプレス型（金属・非金属材料の成形、抜き、曲げ、絞り）を主体に、ダイス型（引

第2表 金型材工具鋼々材の将来動向

区 分	エンドユーザー、金型メーカーの動向	主・要求特性	工具鋼、開発課題
部品材料の転換	<div>部品の軽量化・装飾化</div> <ul style="list-style-type: none"> 高張力鋼の適用拡大 プラ成品の適用拡大、成品の多様化 <div>新規材質への展開</div> <ul style="list-style-type: none"> FRM, セラミックス 	<ul style="list-style-type: none"> 靱性 鏡面, 耐食, 耐摩耗性 大型化 耐摩耗性 	<div>高靱性鋼の開発</div> ……SKD 11以上 <div>各種適材・プラ型専用鋼の開発</div> <div>超硬対抗材の開発</div> ……SKH 以上
成形加工法の変換	<div>製品加工の省略, 精度向上</div> ……品質, コストダウン <ul style="list-style-type: none"> FB化, 密閉鍛造化 温鍛化 <div>合 理 化</div> ……コストダウン <ul style="list-style-type: none"> 加工機の自動・無人化 	<ul style="list-style-type: none"> 強度 高温特性(強度) 安定品質 	<div>高強度・高靱性鋼の開発</div> ……SKH 9以上 <div>高温強度鋼の開発</div> ……SKD 61 以上 <div>製造技術</div>
金型加工法の変遷	<div>切削加工法の合理化</div> <ul style="list-style-type: none"> NC, MC化 放電加工機の導入 <div>他</div> <ul style="list-style-type: none"> 真空熱処理法の普及 	<ul style="list-style-type: none"> 安定品質 高温加工特性 焼入性 	<div>製造技術</div> <div>高温焼もどし鋼の開発</div> ……SKD 11 以上 <div>空冷・低歪鋼の開発</div>

抜き、トリミング、転造), 粉末・レンガ成型型, 各種パンチ類等々広範囲の金型として使われる。

この分野では部品成形法の動きが、最近のテーマであり、適用金型材の体系を大きく塗り変えつつある。

すなわち、切削加工から冷鍛成形への切替え、熱間鍛造部品の冷鍛化、ファインランキン（FB）の拡大等によって金型材の高性能化がすすんでいる。

2.1 金型材への要求特性

(1) 耐摩耗性

金型材の耐摩耗性は硬さと炭化物の量、形態により大きく支配される。参考までに第3表に各種炭化物の硬さ一覧を示した。

金型の寿命原因を推定することは、そうたやすいことではない。冷間加工用金型の廃却理由の大半は、摩耗によるものとされ、従ってその最も重要な特性は摩耗性と考えられてきたが、新しい成形法の導入と共に耐摩耗性と靱性に対する考え方は見直されつつある。金型での摩耗現象として、単純な金型平面ではスベリ摩耗は解釈できるが、トリミング、パンチ等の切刃部では成形初期にマイクロチップングが起っている可能性が大きく、このような場合には靱性重視の考え方が妥当である。

第3表 炭化物の種類と硬さ⁵⁾

炭化物の種類	硬さ(換算 Hv)	炭化物の種類	硬さ(換算 Hv)
M ₃ C	1 150~1 760	Fe ₃ C	1 150~1 340
M ₂₃ C ₆	1 000~1 800	(Cr・Fe) ₂₃ C ₆	1 000~1 520
M ₇ C ₃	1 800~2 800	(Cr・Fe) ₇ C ₃	1 820
M ₂ C	1 800~3 000	Mo ₂ C	1 800~2 200
	1 800~3 000	W ₂ C	3 000
M ₆ C	1 600~2 300	Fe ₄ Mo ₂ C	1 670
MC	2 250~3 200	MoC	2 250
〃	2 250~3 200	WC	2 400~2 740
〃	2 250~3 200	VC	2 500~2 800
〃	2 250~3 200	TiC	3 200

(2) 靱性

冷間加工用金型機の靱性は一般に低く、実用硬さレベルでのシャルピー値は通常 2kgf・m/cm² (10Rノッチ) 以下である。前述のように、成形初期に起る切刃部、鋭角部の欠け、コーナーR部でのワレなど靱性不足がその主原因とも考えられる。

冷間加工用金型材の靱性改善は大きなテーマであるが、最近高い靱性と耐摩耗性を兼ねそなえた、新しい金型材の開発が進んでいる。又、熱処理条件によりある程度の靱性の向上が可能であり、

個々の金型について、その熱処理条件の工夫も必要である。

2.2 金型材の体系

概して、耐摩性、強度を主体にした合金設計が基本となっており、熱処理硬さ HRC 58以上および炭化物形成に必要な C 量を見込んで、C 含有量は 0.8%以上である。

本用途の主な材質を、第4表に示した。金型性能から、3つに区分される。

(A) 小・中規模生産、低廉型

YK 30 (SKS 93), GOA (SKS 3)

(B) 中・大規模生産、汎用型

DC 11 (SKD 11)

(C) 大規模生産、高級型

MH 51 (SKH 51)

YK 30, GOA, DC 11, MH 51の4材質が冷間

型材の基本となっているが、前述のとおり基本材だけでの金型の性能維持は限界にきており、高靱性タイプの材質が金型設計に大きな比重を占めつつある。第5図は、靱性-耐摩耗性の関係を模式化して示したものである。SKH系は用途に応じ、必要な靱性と耐摩性の組合わせを SKD 11系にくらべ、広範囲に選択することができる。

2.3 種類と特徴

(1) YK 30, GOA (SKS 93, SKS 3)

C-Crを主成分とした汎用型材であるが、その耐久性には限界がある。単純形状の抜き型、ダイプレート、ホルダー等のバック・アップ系には多量に使用される。常用硬さは、HRC 58~62範囲である。

熱処理は低温焼が施される為に、ワイヤーカット加工、放電加工時等にはフレに対する注意が必要

第4表 冷間加工用金型材の種類と主な用途

	材 質			化学成分, 他 (％)						主 用 途
	ブランド	JIS	改良材	C	Cr	Mo	W	V	Co	
炭素工具鋼	YK 30	SKS 93		1.05	0.5	—	—	—	—	汎用金型
低合金工具鋼	GOA	SKS 3		0.86	0.5	0.13	0.5	—	—	
高合金工具鋼 (ダイス鋼)	DC 11	SKD 11		1.50	12.0	1.00	—	0.35	—	
			DC 52	高靱性材						SKD 11 代替用
			DC 53	高靱性, 高硬度材						
	DC 1	SKD 1		2.00	13.5	—	—	—	—	レンガ・タイル型
高速度工具鋼	MH 51	SKH 51		0.85	4.15	5.0	6.1	1.9	—	高級パンチ
			MH 25	汎用セミハイス						長寿命金型, パンチ
			MH 85	高靱性セミハイス材						
	MH 55	SKH 55		0.85	4.15	5.0	6.1	2.0	5.0	耐摩耗用ダイス
	MH 8	(SKH 57)		1.20	4.3	5.5	7.5	3.0	12.5	
	(粉末系)		DEX 20	1.3	4.0	5.0	6.5	3.0	—	長寿命用金型, パンチ
			DEX 40	1.3	4.0	5.0	6.5	3.0	8.0	
			DEX 60	1.7	4.0	5.0	15.0	5.0	8.0	
			DEX 80	2.1	4.2	6.0	14.0	5.5	12.0	
(特殊用途材)										
—	GO 4	—		0.85	1.0	1.4	—	—	—	低歪用途
	GO 5	—		フレームハード用鋼						簡易抜き型
	GO 40F	—		Cr-Mo-V 系, HRC 40						ダイプレート

第5図 冷間加工用金型材の特性概念図

要である。

(2) DC 11, DC 12, DC 53 (SKD 系)

これらの材料は高C-高Cr系で、冷間型材の主流となっている。

DC 11 (SKD 11) は、量産型として冷間成形のあらゆる分野で使用されている汎用材である。長年使われてきた評価は高いが、基質中に巨大共晶炭化物を含む為に、靱性値は低くそれが唯一の欠点である。

DC 11の耐摩耗性の良さを維持しつつ、共晶炭化物の生成を極力抑えることにより、大幅な靱性改善を計った高靱性ダイス鋼 DC 52, DC 53は今後期待されている材料である(第6図)。特に、DC 53は高温焼もどしでSKD 11より高いHRC 63 (SKD 11の場合は、同一条件でHRC 58~60) までの高硬度が得られ、高靱性-高硬度ダイス鋼として広範囲の金型に適用でき、ベース材 SKD 11にとって代わり得る特性をもっている。

(3) MH 51, MH 25, MH 85 (SKH 系)

高速度鋼は本来、切削用工具として開発された材料であるが、その優れた耐久性が金型材としての利用を拡げつつある。

MH 51 (SKH 51) は、高速度鋼の中では耐摩性と靱性のバランスが最もよくとれた材質で、トリミングダイス、ヘッディングダイス、パンチ類の主流となってきつつある。使用下の硬さは、HRC

第6図 Fe-Cr-C系状態図の1000℃における切断図⁶⁾

60~65であり用途により使い分けられる。

SKH 51の場合は、元来切削工具用途であったものが金型材へ転用されたものであるが、金型材としては靱性の点で限界がある。金型専用鋼として開発されている、セミハイス系材質は将来、SKH 51にとって替るものと考えられる。

MH 25, MH 85はマトリックス・ハイス(第7図)として開発され、特にMH 85の靱性値は高速度鋼の中で、最高水準にあり、期待される材質である。

(4) DEX シリーズ (粉末高速度鋼系)

粉末ハイスの特徴は炭化物が微細なことおよび、その分布の均一性にある。従来のハイスで不可能であった高靱性、高硬度の両特性を兼ねそなえた理想的な材料である。常用硬さは、HRC 65~70の範囲であるがHRC 70レベルのものの用途は、超硬金型で耐チップング性が要求される用途に期待がもたれている。粉末ハイスの金型材への利用は、これからの課題であるが金型専用材の早期開発が望まれる。

3. 熱間(温間)加工用金型材

この用途の金型材はプレス・鍛造型、ダイカスト型、押出し型として利用され、その成形温度は600℃前後から1200℃前後までである。また、温間鍛造の場合は、その明確な定義はないが、

第7図 6-5-4-2 高速度鋼 (JIS SKH 9 相当) のオーステナイト化温度が基地および炭化物に含まれる合金元素の割合に及ぼす影響⁷⁾

600-900°Cの範囲が一般的である。冷間加工の場合と異なり、熱間(温間)の加工では[高温成形—金型の冷却]が1加工サイクルとなり、成形サイクルの増加と共に金型表面の酸化・軟化、組織の変態、急熱・急冷による内部応力の発生等諸々の金型にとって好ましくない現象が寿命の低下をもたらす。

熱(温)間金型での寿命バラツキが大きく、また金型材の選定が難しい理由はこれらの現象を説明し、寿命との関連を究明するのが非常に難しいためである。

冷間加工で成形の難しい製品形状や変形抵抗が大きく塑性加工困難な材料の場合、また熱間加工では十分な製品精度、内質品位が保証されない場合等に、温間加工法の採用が進みつつある。冷間加工に近い負荷、熱間加工類似の急熱・急冷サイクル下での加工となる為に、一般的に温間用金型の寿命は最も短いとされており、高性能金型材開発の要求が強い。

3.1 金型材への要求特性

(1) 高温強度

熱(温)間金型は焼もどし温度は、600°C前後が一般的であるが、その成形温度が焼もどし温度より高い為に、長時間の使用で金型表面は軟化して

くる。

金型表面の軟化は耐摩耗性の劣化、表面の亀甲状クラックの発生(ヒート・チェック)、疲労によるフレの進展等をまねく。

高温強度を維持する(軟化防止)為には、初期硬さの高い材質、また軟化抵抗性の高い材質を選定する必要がある。高温強度は、最も重要な特性である。

(2) 靱性

金型の早期フレの防止および高い初期硬さの保証(ヒート・チェック性、疲労の向上)の為に、より高い靱性が要求される。早期フレは大型形状の多いアルミダイカスト型の場合に問題となるケースが多く、金型の硬さ設定には十分な検討が必要である。また、同一材質の場合金型の初期硬さが高い程、金型の寿命は保証される。より高い金型の初期硬さを設定する為には、靱性の改善が必要であるが、超清浄鋼等にみられる最近の靱性改善の動きは、注目に値する。

(3) 耐摩耗性

単純な金属間の摩耗と考えられる冷間用型の場合と異なり、炭化物の影響は少く、硬さに最も大きく左右されるものと考えられている。急熱・急冷雰囲気での酸化による剥離摩耗も大きな要因と考えられるが、その解明は未だ不十分であり、今後の課題である。

3.2 金型材の体系

熱(温)間加工用金型では、高温の軟化抵抗性、高温強度、高靱性が要求される為にC量は低目(0.5%以下)に制御され、合金元素としてCr, Mo, W, Vを添加する。大別すると、Niを添加し靱性の高さを特徴とする鍛造用型材GFA(SKT系)、焼もどし軟化抵抗性のバランスのとれた汎用プレス、ダイカスト型材DHA1(SKD61系)、高温強度に特性をもたせた熱・温間プレス型DH41(SKD8), DH70系(SKD7系)およびその高温強度、耐久性の高さから温間プレス型として適用が進みつつあるハイス系材質の4区分となる。その他に、簡易型として利用されるプリハードン鋼DH2F高温での使用中の金型の硬化を狙った析出硬化系の材質DH76等である(第5表)。

第8図は各材料の高温強度—靱性との相対的な位置づけを、概念的に示したものである。

第5表 熱間加工用金型材の種類と主な用途

区 分	材 質			化学成分, 他 (%)							主な用途
	ブランド	JIS	改良材	C	Ni	Cr	Mo	W	V	Co	
高合金工具鋼 (熱間ダイス鋼)	GFA	SKT 4		0.55	1.6	1.1	0.5	—	0.13	—	汎用鍛造型
			GF 78	高強度, 高靱性鍛型材							量産型
	DHA 1	(SKD 61)		0.38	—	5.3	1.3	—	1.0	—	汎用型
			DH 60	高靱性ダイス鋼							熱・温間プレス型
			DH 21	0.39	—	5.0	2.0	—	1.0	—	量産ダイカスト型
			DH 2F	0.38	—	5.3	1.3	—	1.0	—	簡易型
	DH 62	SKD 62		0.38	—	5.3	1.3	1.2	0.4	—	汎用プレス型
	DH 41	SKD 8		0.40	—	4.3	0.4	4.1	2.0	4.2	熱間プレス型
	DH 72	SKD 7		0.33	—	3.0	2.8	—	0.6	—	熱・温間プレス型
			DH 71	0.40	—	3.0	2.0	—	1.0	—	
			DH 73	0.30	—	3.0	3.0	—	0.5	3.0	
			DH 74	0.43	—	3.0	3.0	—	0.4	3.0	
			DH 76	折出硬化鋼							熱間プレス型
高速度工具鋼	MH 51	SKH 51		0.85	—	4.2	5.0	6.1	1.9	—	温間パンチ, ダイス
			MH 25	0.55	—	4.2	4.0	2.0	1.0	—	
			MH 85	高靱性セミハイス							高性能型
	(粉末系)		DEX 20	1.3	—	4.0	5.0	6.5	3.0	—	温間パンチ, ダイス
			DEX 40	1.3	—	4.0	5.0	6.5	3.0	8.0	
			DEX 60	1.7	—	4.0	2.0	15.0	5.0	8.0

第8図 熱間加工用金型材の特性概念図

他用途の金型でも同様であるが、特に熱(温)間用途の金型材の選定に当っては、金型寿命の現象を十分に説明することが金型設計のポイントである。

3.3 種類と特徴

(1) GFA (SKT 4), GF 78

鍛造(ハンマー)型専用鋼で耐衝撃性を重視した、1Cr-1.5Ni系の材質でプリハードン材が標準仕様となっている。軟化抵抗性、高温強度の点では劣り、プレス型等への利用はできない。これらの特性の改善材として開発されている3Cr系のGF 78は、靱性にも優れプレス型分野への適用が期待される。

(2) 5% Cr系

5Cr系の基本材SKD 61は熱間金型材のベース材としてプレス、ダイカスト、押出型の広い分

野で使用されている。

常用硬さは、プレス型で HRC 43-52、ダイカスト型で HRC 43-50、また押出型の場合には HRC 45-52 範囲であるが、金型形状、成形条件により適正硬度を設定する必要がある。汎用材 SKD 61, SKD 62 以外では、熱・温間プレス専用鋼として開発された DH 60 がある。高温強度に特徴があり、SKD 61 と SKH 51 の中間に位置し、プレス型用途として SKD 61 にとって替る材質として期待される。

また、5 Cr-2 Mo 系の DH 21 は焼もどし軟化抵抗性に優れ、ヒート・チェックによる金型の寿命が問題となるダイカスト型用に開発されたものであり、その利用が拡がりつつある。

汎用金型材 SKD 61, SKD 62 を改良して専用金型材として開発された DH 60, DH 21 は、時代のニーズに適應したものであり、鋼種体系を大きく変えていくものと考えられる。

(3) DH 41 (SKD 8)

本鋼は W を 4% 含有し、高い焼もどし軟化抵抗性に特徴があるが、靱性が低い為小型、単純形状の温間プレス用としての利用に止まっている。

(4) DH 70 系 (SKD 7 系)

3 Cr-3 Mo を主成分とした、プレス型専用材である。プレス加工法(熱・温間)の伸びと共に、今後ますます期待される材料である。SKD 61 より高い焼もどし軟化抵抗性と高温硬さに、その特徴がある(第9図、第10図)。Co を含まない DH 71, DH 72, 3% Co の DH 73, DH 74 があるが、3% Co 材は焼もどし軟化抵抗性、高温硬さに優れている反面、靱性に難点がある。従って、材質の使い分けとして金型冷却が概して弱い場合には 3% Co 系を、逆の場合には Non-Co 系を選定するのが妥当である。使用硬さは、SKD 61 よりやや高目とし HRC 47-52 の範囲である。

析出硬化系(DH 76)の材質は、550℃-600℃の焼もどし温度で特に高い焼もどし 2 次硬化を示す特性をもっている。通常、金型は 400℃ 近くで焼もどしされ使用されるが、成形中の金型昇温により金型は硬化して適正な硬さになるように設計されている。成形条件により、早期のヘタリ、ワレとなるケースが多く取扱上の注意が必要である。

(5) ハイス系

高速度鋼の熱・温間成形への適用は、靱性が低

第9図 DH 70系材の焼もどし軟化抵抗性

第10図 DH 70系材の高温硬さ特性

い為問題とされていたが、マトリックス系ハイス(セミハイス)の開発と共に、その耐久性の利点を生かし、プレス金型としての普及が期待されている。

セミハイス系、粉末ハイスについては冷間用金型材で紹介しているので詳細は省略するが、靱性が大きく改善された MH 85 等のセミハイスは、その高温強度、耐久性の良さから温間プレス型への

適用拡大が進むものと考えられる。

4. プラスチック用金型材

プラスチック成形用の金型材は、エンジニアリング・プラスチック製品の開発・発展や自動車、電器製品で代表される機能部品、外装部品のプラスチックへの転換によるところが大きい。一方、金型材の品質面では、今後の樹脂の変遷と共にさらに新しい材質の開発が期待される分野である。

プラスチック金型では、一部の例外を除けば、その耐久性（ライフ）はほとんど問題とならない。金型の外観品質（鏡面性、シボ加工性）が先づ問題とされ、この点で他の金型とは大きな相違がある。

4.1 金型材への要求特性

プラスチック金型材の要求特性は、冷間金型材の基礎特性のほかに、プラスチック製品特有の意匠性を確保するため鏡面仕上性等の特性が要求される。

(1) 鏡面仕上性

主に、透明外装用プラスチック製品の平滑度を上げる為のプラスチック金型では、鏡面仕上性が、重要な品質項目である。

金型材の鏡面仕上性は、硬さレベルに大きく依存するが、組織の均一性、炭化物粒度の大きさ、非金属介在物の量等にも左右される。第11図に各材質の鏡面仕上度を硬さに対して図示したものである。通常、#1000から#5000程度の鏡面までであるが、コンパクト・ディスク、レンズ等では#15000以上の鏡面仕上を行う。とくに、#3000以上の金型材では、特殊溶解（ESR、VA）を実施する必要がある。

(2) シボ加工性

意匠性を重視した不透明プラスチック製品では、ツヤ消しもしくは装飾性を上げるために模様付けをする例が多い。この模様付けは、金型表面にシボ加工処理を行うことにより成形時に樹脂製品にプリントされる。シボ加工とは、ある種の酸を利用した金型表面の腐食処理であるが、模様の付け方により微細模様の梨地シボと大模様の皮シボに分けられている。

金型のシボ加工性の良否は、鋼材の偏析程度に左右され、過度の偏析はシボムラとなり易い。

(3) 耐食性

第11図 各材質の鏡面仕上性

難燃性樹脂、フッ素系樹脂製品の成形時には腐食性ガスが発生し、金型表面の腐食が進む。金型研磨時の研磨液による酸化等も問題となる。特に、鏡面仕上度の高い製品類（コンパクト・ディスク等）での金型の腐食は、例え軽微であっても金型表面の鏡面度維持は困難となる。成形時の発生ガスは樹脂銘柄によって異なり、耐食性金型材開発の今後の問題点である。

(4) 耐摩耗性

繊維強化系樹脂（FRP=Fiber Reinforced Plastic）の成型型で最も問題となり、混合繊維（ガラス、カーボン、シリコン系）の含有量が増加する程、大きな摩耗を受ける。冷間加工用金型材に近似の耐摩耗性が要求されるが、繊維混合率の高い樹脂ではさらに耐摩耗性に対する要求が強い。

(5) 金型の加工性

プラスチック金型は概して彫り込みが深く、複雑形状となっている為に、その加工々数は高い。倣い、NC工作機械による切削加工が主体であるが、ブリハードン鋼の場合に加工上のトラブルが起りやすい。

現用ブリハードン鋼では、その硬さがHRC 42を超えると難削化する傾向を有する為、充分な注意が必要である。また、放電加工機による部分的な型彫りは一般作業といえるまでに普及してきたが、金型の放電加工面そのままを金型模様（ツヤ消し）として利用する工夫も進んでおり、このようなケースでは組織の均一性、快削成分の影響等を考慮する必要がある。

4.2 金型材の体系

この用途の材料体系化は未だ不十分であり、SC系、SCM系および工具鋼系統の種々の材質を金型として使用し、その評価を受けつつ適宜専用鋼

としての利用拡大が計られているのが実態である。

従って、今後の樹脂材質、成形法の変化、新しい金型材質の開発に伴い、材質の取捨選択はさらに進むものと考えられる。特に、耐食・耐摩耗用金型、高鏡面用金型の需要は旺盛であり、新しい材質の研究・開発が進められている。

第6表は主な現用金型材をプリハードン系と焼入・焼もどし系に大別して示したものである。

(1) プリハードン系

調質状態で供給され、この状態で型彫り可能である。硬さレベルは、HRC 10から HRC 40までの4ランクの材質があるが、HRC 40クラスの材質は、快削鋼が一般的である。

(2) 焼入・焼もどし系

一般の金型と同様の使用法であり、型彫り加工後目的の硬さに合った熱処理を行う。常用硬さは、HRC 55以上である。

その他に、マルエージング鋼タイプの材料があるが、特殊樹脂用途として、限られた金型に使用されている。

4.3 種類と特徴

(1) PDS 1, PDS 3, PDS 5 (SC, SCM系)

これらの材料は一般雑貨品、自動車外装部品、家電外装品、その他各種工業製品用金型として使われている汎用金型材である。外装品用金型ではシボ加工処理されるか、もしくは # 3 000以下の鏡面仕上状態で使用される。鋼材は、プラスチック専用鋼として、脱ガス処理、均熱処理、適正な調質が施され、鏡面性、シボ加工性、加工時の歪防止などの金型品質を保証するための工程が組まれている。また、その用途は一般樹脂成形型であり、その耐久性はほとんど問題とならない。

(2) NAK 55, NAK 80 (析出硬化系)

HRC 40クラスのプリハードン材として、最も知名度の高いのが NAK 55である。3 Ni系の析出硬化鋼を快削化した金型材で、その被削性に対する評価は高い。外装部品、エンブラ製品を主体とした中型以下の量産用金型材として用いられ、プラスチック金型材の中核的存在である。快削鋼である為に、放電加工時には前述のような難点があるが、改善材として NAK 80が開発、利用されている。

(3) その他のプリハードン系材

耐摩耗性に特徴がある SKD 61系快削鋼 DH 2F、また耐食専用鋼として開発された析出硬化鋼

第6表 プラスチック金型材の種類と主な用途

区分	材質系	ブランド	使用硬さ (HRC)	化学成分, 他 (%)						主 用 途
				C	Ni	Cv	Mo	V	他	
プリ ハ ー ド ン 系	SC系	PDS 1	(HS33)	0.55	—	—	—	—	—	汎用, シボ適用型
	SCM系	PDS 3	28	0.45	—	1.1	0.25	—	—	汎用, 鏡面適用型
		PDS 5	33	(AISI, P20相当)						
	析出硬化系	NAK 55	40	0.15	3.0	—	0.3	—	Cu,S Al	量産型
		NAK 80	40	NAK 55の鏡面性改善材						量産高鏡面型
	SKD系	DH 2F	40	0.37	—	5.3	1.3	1.0	S	
	析出硬化系	NAK 101	35	高耐食用, ステンレス系材						高耐食用型
焼 入 ・ 焼 も ど し 系	SKS系	GO 4	60	0.85	—	1.0	1.4	—	—	低歪汎用型
	SKD系	DHA	48	0.39	—	5.0	1.2	0.6	—	高耐摩耗量産形
		DC 11	58	1.50	—	12.0	1.0	0.3	—	
		PD 613	58	SKD 11の鏡面性, 靱性改善材						
	SUS系	PD 555	56	耐食, 耐摩, 鏡面用材						超鏡面, 耐食型
マルエージ系		MAS 1C	50	≤ 0.03	18.5	—	5.0	—	Al Cr,Co	高靱性用ピン類

系の NAK 101は、それぞれの特性に応じた用途に利用されている。

(4) GO 4 (SKS 系)

焼入・焼もどしタイプの金型材の場合には、熱処理後の金型の歪が問題であり、後工程への影響が大きい。すなわち、仕上加工々数に影響を及ぼし、大きな歪が生じた場合には修正加工が必要となり、最悪の場合金型は不良品となる。一方、歪の発生が少なく、さらに金型表面の光輝性の維持を利点とする、真空焼入炉の利用が進んでいるが、焼入冷却の関係から金型硬さの甘さが問題とされている。これらの問題を解決できる適材として、GO 4の真空炉での利用が拡大している。

(5) PD 613, 他 (SKD 系)

この系統は耐摩耗性に特徴があり、中小型を対象とした量産用途である。PD 613は、SKD 11系の材質に属し、エンブラ部品の量産型、FRP 型に利用される、プラスチック専用鋼である。その他、鏡面性を要求しない場合には、DHA (SKD 61), DC 11 (SKD 11) 等がそれぞれの用途に応じて利用されている。

(6) PD 555 (SUS 系)

難燃性樹脂、フッ素系樹脂用の耐食性、FRP 系樹脂の耐摩耗性、意匠・機能製品の高鏡面性等の特性を全て兼ねそなえた金型材として、高硬度ス

テンレス系工具鋼の開発が進んでいる。鏡面度は、# 15 000程度まで要求され、材質の設計には金型研摩作業をも考慮に入れた入念な検討が必要である。

コンパクト・ディスク、レーザー・ディスク用の金型材には、これらの特性が要求される。

ステンレス鋼の耐食性とダイス鋼 (SKD 11) の耐摩耗性を兼ねそなえた新材質として開発された PD 555の製造化には特殊溶解法 (ESR) が適用されその鏡面度は # 15 000程度まで可能である。

この分野の金型材は、さらに改良が進みプラスチック成型からセラミックス成型への発展が期待される。

(7) MAS 1C (マルエージ鋼)

マルエージ鋼の金型材への適用の利点は、切欠き靱性の高さと優れた耐食性にある。本鋼は適用の範囲はまだ少ないが、新たな樹脂材質の開発に応じてその金型材として期待されている。

4.4 金型材質の選定

プラスチック金型材の材料選定には、金型製作上の要求特性(鏡面仕上性、シボ加工性、被削性)および樹脂材質の違いによる成形時の要求特性(耐食性、耐久性)の2面からの判断が必要である。

第7表に金型材の各種特性の比較表を、また第

第7表 各種プラスチック金型用鋼の特性比較

ブランド	品 質 特 性								
	被削性	熱処理 変 寸	放電加工性 (加工肌)	鏡面性	シボ 加工性	溶接性	耐摩耗性	靱 性	耐食性
PDS 1	◎	—	○	△	◎	○	△	○	△
PDS 3	○	—	○	○	◎	○	△	○	△
PDS 5	◎	—	△	○	◎	○	○	○	△
NAK 55	◎	—	△	○	◎	◎	○	△	△
NAK 80	○	—	◎	◎	◎	◎	○	△	△
NAK 101	△	—	△	○	◎	◎	○	◎	◎
DH 2F	◎	—	△	○	○	○	○	○	○
MAS 1C	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△
PD 613	○	○	◎	◎	◎	○	◎	○	○
PD 555	○	○	◎	◎	◎	○	◎	○	◎
RDM 751	△	○	○	◎	◎	○	◎	◎	△

第12図 樹脂種類、金型ライフからの選定基準

12図に樹脂材質からみた金型材の適用基準を示した。

金型材の選定に当っては、過去の実績、経験に頼る例が多いが、第7表、第12図、および前掲の第11図等を材料選定の基礎資料として利用することを推奨する。

ま と め

汎用金型材の利用から、個別の要求に対応した専用材料の利用への動きは、着実に進みつつある。特に、冷間用・温間用金型、プラスチック用金型材の分野でその傾向は強く現れている。

目的に合った特長ある材料の開発と、新しいニーズの方向を見究めた材質体系の確立が今後の課題であろう。

(文 献)

- 1) 通産省、工業統計
- 2) 通産省、機械統計年報
- 3) 通産省、機械統計年報
- 4) 大沢 恂、鉄鋼界、33 (1983) 10, 14
- 5) K. Kuo, JISI, 173 (1953)
- 6) K. Bungardt, Arch., f. Eisenhüttenw. 29 (1958)
- 7) D.J.Blickwede & M.Cohen,J. Metals Bd. 1 (1949)