

第 3 研 究 報 告

1 硬化肉盛による簡易金型の研究 (第 4 報)

—— 鋼板の打抜き加工 その 1 ——

泊 誠・前野一朗・黒木季彦・森田春美

1 はじめに

前報では、これまでの実験結果から二種類の硬化肉盛棒を選定し、円形打抜ダイスを製作したことを報告した。

この報告では、前回製作した二種類のダイスのうち、機械加工性の良好な硬さの低いN社のJIS DF2A-B相当硬化肉盛溶接棒を肉盛したダイスを使用して、鋼板の打抜き試験を行なった結果を報告する。

2 打抜型と実験装置

2-1 ポンチとダイス

概略は前報で報告したとおりである。

ポンチはSKD11で、硬さがHRC61程度である。

打抜型(以後ダイスという)は、寿命が最も長くなると考えられるU字型開先とした。

硬化肉盛溶接は、傾斜回転テーブル上で、下盛1層の上に3層行なった。溶接の施行法は前報のとおりである。溶接は大型肉盛の場合は、ひずみ、割れなどの防止の点からできるだけ分割して飛石法溶接施行による方法がよいが、この実験で用いるダイスは内径が小さいため、各層とも1回で溶接を完了するようにした。

肉盛されたダイスは、第4層目が切刃となるように旋削後表面と内面を研削仕上げした。

図1は加工したダイスの寸法、写真1は加工されたダイスのマクロ組織、表1は肉盛棒の化学成分である。

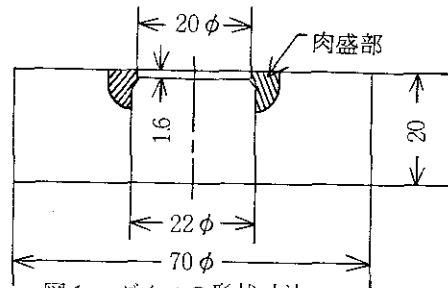


図1 ダイスの形状寸法

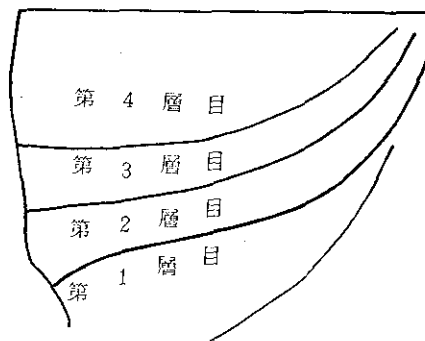
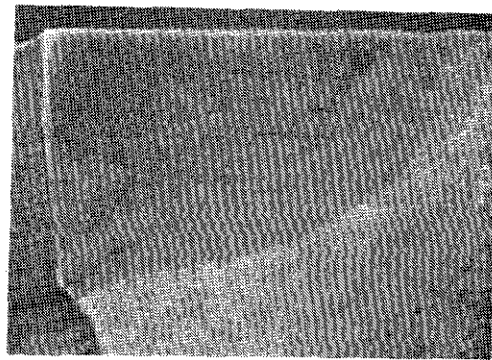


写真1. 硬化肉盛されたダイス切刃のマクロ組織と肉盛層(下図)

	C	Cr	Mn	Si	P	S	Mo
DF2A-B 相当硬化肉盛溶接棒	0.17	1.39	1.32	0.93	0.021	0.010	0.02

表 1. 硬化肉盛溶接棒の化学成分(%)

2-2 金型構造と装置

金型構造は、ダイセットに保持具により図1のダイスを3個取付けるようになっている。ダイスの配列方向、ダイセットのセンター方向、材料の送り方向はそれぞれ一定の角度をもって組立てられている。材料は巾80mmの板を用い、さん巾は図2に示すとおりである。

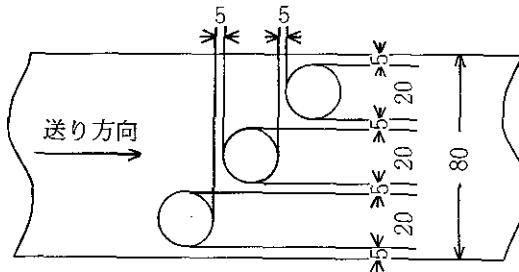


図2. 板取り法とさん巾

材料はフープ材を使用し、自作のクレードルから直接フィーダーを通して供給される。

3 実験方法

実験は、3個の金型を用いて同時に3個打抜き、くり返し1回で行ない、各種測定を行なった。

3-1 被加工材

実験材料はプレス製品に最も多く利用されている冷間圧延鋼板SPCC-SBで、化学成分と機械的性質は表2.3のとおりである。板厚と巾は0.8mmと80mmである。

成分	C	Si	Mn	P	S
SPCC	0.08	0.01	0.27	0.01	0.014

表 2. 供試材の化学成分(%)

材 料	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び(%)	硬さ H _{MV} Load (200g)
SPCC	27.0	36.7	36	119

表 3. 供試材の機械的性質

3-2 実験用金型と打抜き条件

実験に用いたダイス・ポンチの組合せと寸法は表4のとおりである。クリアランスをはじめは5%としたが、加工後の測定結果は表のとおりであった。

No.	ダイス			ポンチ		クリアランス (%)
	直径(mm)	真円度(μ)	硬さ(HRC)	直径(mm)	真円度(μ)	
1	19.991	1.2	41	19.920	0.8	4.4
2	19.992	1.5	40	19.924	0.8	4.3
3	19.992	1.4	40	19.920	1.7	4.5

硬さは、切刃より3mmの位置の3点の平均値

表 4. 金型の寸法諸元

打抜き条件

ポンチ食込み量	0.8mm (板厚)
潤滑油	なし
打抜きプレス	30ton Cフレームパワープレス

3-3 測定法と測定値の処理

測定試料のサンプリングは、打抜き数が所定の数の2個前に達したときダイス内にブランクがつかまっていないことを確認した後、1工程ごとに連続する3個を採取した。試料採取は打抜き数1, 10, 50, 100, 200, 500, 1000, 以後1000個とびに10000個までとし、10000個で実験は打切った。なお試料は連続3個を採取したので最後は10001個となる。

試料について直径、かえり、そり、剪断面真円度を表5によって測定した。

ブランクの直径は、板の圧延方向（送り方向）と圧延直角方向について、連続3個の測定値の方向別の6点平均、または12点平均をとった。

かえり、そり、剪断面の測定も圧延方向と直角方向について連続する3個を測定し、方向ごとの6点の平均、または12点の平均をとった。

真円度は所定打抜き数の中心の1個のみ測定した。

これらの測定では型間変動、つまり型の再現性も同時に評価できるように、各ダイスごとに平均値をとった。

測定箇所	測定機器
直径 D	電気マイクロメーター
真円度	真円度測定器
そり a	投影器
剪断面の大きさ b	"
かえり高さ c	電気マイクロメーター

表5. 打抜きブランクの測定箇所と測定機器

4 実験結果と考察

実験した3個のダイスはともにトラブルなく10000個（実際は10001個）の打抜きを完了した。

4-1 ブランクの形状、寸法精度

(a) 直径

図3はブランク直径の変化を各型について、板の圧延方向とこれに直角な方向とに分けて示したものと、これらの平均値を同一グラフ上に示したものである。ブランク直径変化量は次式によって求めた。すなわち

$$\text{ブランク直径変化量 } \Delta = \text{ブランク直径} - \text{初期ダイス穴直径}$$

である。

いずれの型でも一定打抜き数までは初期ダイス穴径よりも小さなブランクが打抜かれるが、打抜き数が増すにつれてブランク径も大きくなる。この初期ダイス穴径より小さなブランクが打抜かれる期間はかなり長い、ブランク径が初期穴径と同径程度になるとブランク径は急に増大しはじめる。このブランク径が急に増大する時期は5000個打抜き程度で現われている。この後は10000個まで直径変化は安定している。

この初期のブランク径がダイス穴径より小さくなる理由は、切刃長さが板厚の2倍しかなく打抜き時の強大な圧力により切刃がダイス内面に変形し、実際のダイス穴径を小さくしたためと思われる。

ブランクの直径変化量には各ダイス間に顕著な差が見られない。また板の方向性もブランク直径変化量には影響していない。

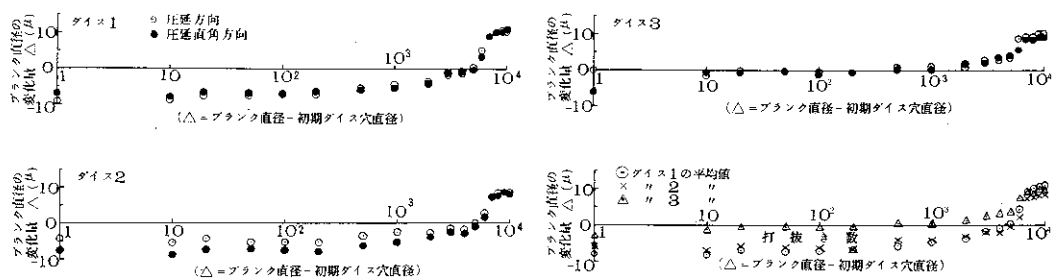


図3 打抜き数とブランク直径の変化量との関係

(b) かえり高さ

図4にかえり高さを示した。型間変動をみるため3個のダイスを並列して示してある。

一般にかえり高さはバラツキが大きい。図においては3個の型間で比較的良好な一致を示し、型間変動のないことがわかる。板の方向性

との関連については明瞭な差はないが、いく分圧延直角方向が大きいようである。

型寿命は一般にはかえり高さによって決定されているが、この場合のかえり高さは普通の状態では50μ程度を目安とするので、さらに相当数の打抜きが可能と考えられる。

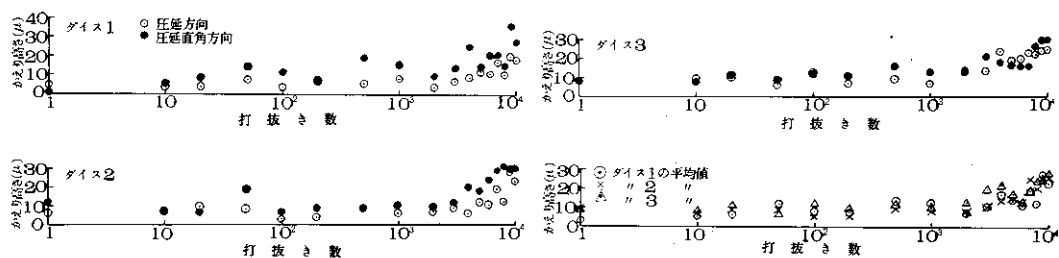


図4 打抜き数とかえり高さの関係

(c) 真円度

図5は真円度の変化を示している。打抜き4000個程度までは真円度の変化はないが、この後大きく変化してゆく。つまり4000個程度までは型摩耗も小さく、しかも一様に摩耗するがこの後の型摩耗は切刃周方向で部分的に大きく摩耗してゆくと考えられる。このことは後述するように、10000個打抜き後のダイスが部分的な大きな真円度不良部分をもつことから推察される。

またダイスの初期真円度は表4に示したように1.2~1.5μであるが、最初の1個目の打抜き

きによってブランク真円度はその数倍の値になり、以後急激に真円度が大きくなるまでの期間を決定づけるようである。このはじめの真円度を大きくする原因として異物の切刃への混入、取付時の切刃の微小な損傷、真円度を測定されなかった部分の真円度の不良などが考えられる。初期の真円度不良は記録紙上では鋭い山となっており、この山が変化してゆくことによって形状を変えてゆくことがわかった。

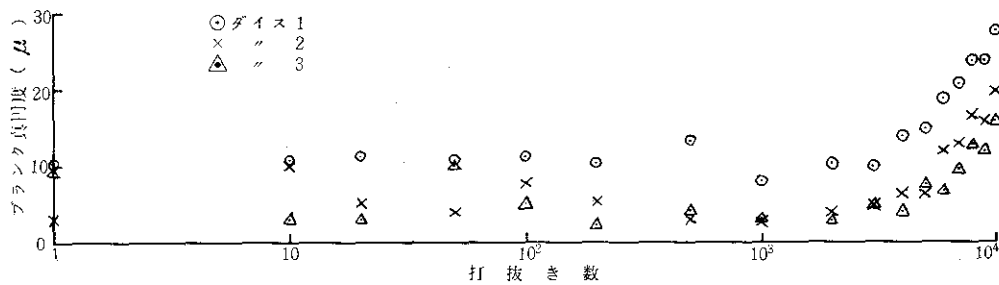


図5 打抜き数とブランクの真円度の関係

(d) そり

図6はブランクのそりの変化である。各々のダイス内ではかなりバラツキがあるようにみえるが、平均値は一致した変化を示し、そり量も顕著な差がなく十分に再現性のあることがわかる。また板の方向性の影響はないといえる。

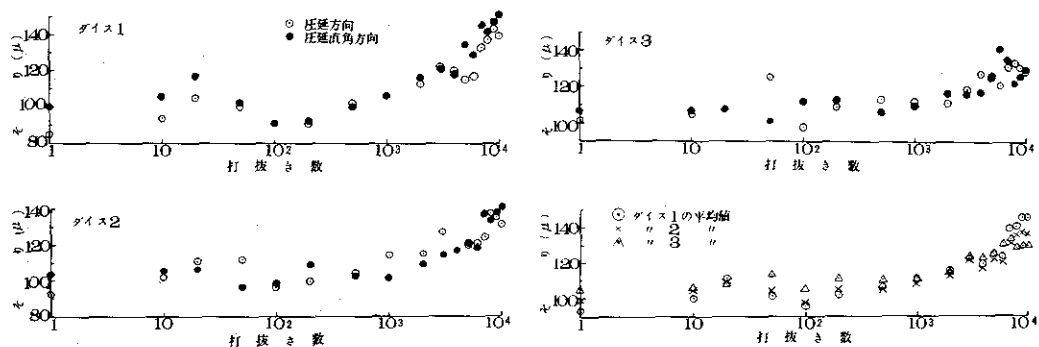


図6 打抜き数とブランクのそりの関係

(e) 剪断面

図7は剪断面の変化を示している。一見して普通の打抜き試験の結果と全く逆の結果になっていることがわかる。つまり打抜き数の増加につれて剪断面の割合が増加、しかも打抜き数3000個程度から急に増加している。この現象は3個のダイスとも同じであり、偶発的な結果ではない。これはクリアランスがこの実験のように極めて小さい場合、ブランク径はダイス穴よりも大きくなり、ブランクはダイス穴を圧入状態で通過するため、ダイス内壁によるバニシ作用を受け剪断面を拡大してゆくと思われる。また、SPCCのような軟質な材料を無潤滑状態で打抜きと、ダイス内壁に異物となって付着しやす

3000個以後急にそりが大きくなっていくのはダイスの切刃摩耗が大きくなり、材料は大きな曲げモーメントを受けダイス内に絞り込まれるようにして剪断されるためであると考えられる。

3) なく、ダイスの摩耗よりも異物付着量が多くなり実際のクリアランスを極めて小さくするため、剪断面は二次剪断を受けると考えられる。この二つの条件が重なり合って、加工の増大と共に剪断面の増大をきたしたのであろう。

写真2は各打抜き数における剪断面の状態、写真3は10000個打抜き後のダイス切刃内面である。いずれも多数の縦方向キズが発生し、写真2では打抜き数の増加につれて剪断面が増加していく状態がよくわかる。

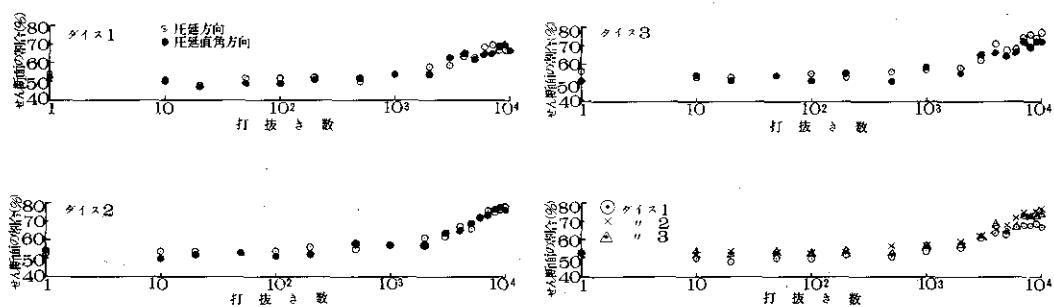


図7 打抜き数と真円度割合

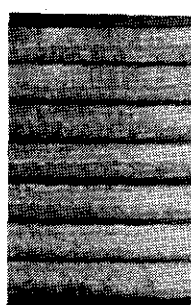


写真2 切断面の状態

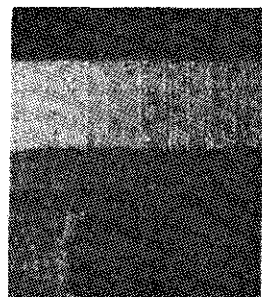


写真3 10000 個打抜き後のダイス切刃

4-2 ダイスの摩耗と打抜き完了後のダイス

(a) 形状と摩耗

10000 個打抜き完了後のダイスの真円度、直径、切刃の摩耗を打抜き前の状態と比較すると表6～8のようになる。なお、真円度比は、打抜き完了後の真円度を打抜き前の真円度で除

した値である。また図8は、所定打抜き数ごとにダイス切刃の4方向を鉛板に転写し、投影機(×100)で測定したダイスの摩耗量の各打抜き数での3個のダイスの平均値である。

ダイスNo.	真円度 (μ)		真円度化	ブランクの真円度比
	0 個	10000 個		
1	1.2	18.0	1.5	17.5
2	1.5	16.0	10.7	7.4
3	1.4	17.2	12.3	14.5

表6 打抜き前後の真円度の比較

ダイスNo.	平均直径 (mm)			ダイス内径 拡大量 (mm)
	0 個	10000 個	R	
1	19.991	20.013	0.01	0.022
2	19.992	20.003	0.004	0.011
3	19.992	20.007	0.006	0.015

表7 打抜き前後のダイス内径の比較 (直径は4直径測定)

また写真4は、10000個打抜後切断したダイス1の形状である。

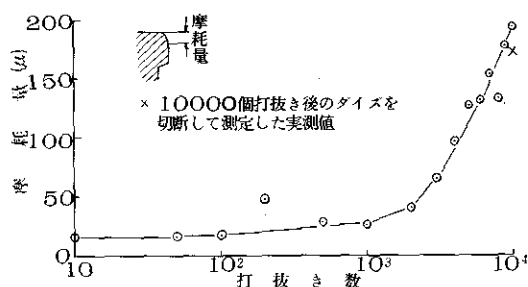


図8 打抜き数とダイス切刃の摩耗の関係

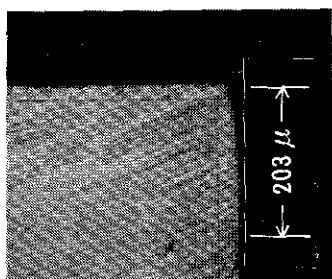


写真4. ダイス1の10000個打抜き後の断面形状

これらの結果によると、真円度の劣化はブランクの方が大きいようである。ダイス内径の拡大量は、ブランクの直径拡大量(図3の直径変化量)よりも大きくなっている。これはブランクは2直径を測定したのに対しダイスは4直径を測定したので、次に述べる真円度の影響によるものである。

図8では、打抜き数3000個程度から大きく摩耗が進行している。この大きな摩耗は写真4でもわかるように切刃を鈍化させ、前述したように、材料切断時に大きな曲げモーメントをブランクに与えそりを大きくし、またブランクは絞りこまれるようになり剪断面を増加させたと考えられる。

(b) 異状摩耗

10000個打抜き後の真円度はどのダイスにも特に真円度を大きくした原因と見られる点があり、図9はその1例でダイス1の記録である。この図で断面B-B近傍がこれにあたる。同図の外周に示されたロックウェルC硬さは、ダイス切刃より1.5mmの位置で円周上の十二等分点を測定した結果である。硬さの低い付近が特に大きく変形(真円度を大きくし、従って摩耗が進んでいる)していることがわかる。

また写真4は図9の硬さの高い付近A-A断面と、硬さの低い付近B-B断面の組織である。組織は共にペーナイト組織であるが、A-A断面は下部ペーナイト、B-B断面は上部ペーナイトである。また上部ペーナイトは下部ペーナイトより硬さが低いとされる。測定結果はA-A断面近傍はHRC43.2~45.1、B-B断面近傍はHRC34.5~38.5であった。

このことは、断面B-Bの近傍は他の部分よりも多くの入熱があったことを示し、この位置が肉盛溶接(第4層目)のスタート位置であったと考えられる。このことから肉盛溶接の起点と終点が短時間のうちに一致するような場合はダイスの硬さを低め、その部分の摩耗が他の部分より進行すると考えられる。

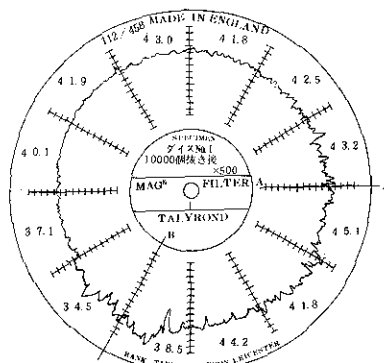
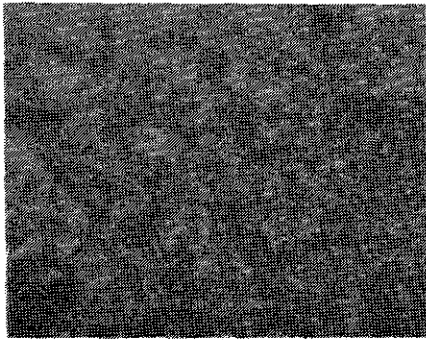
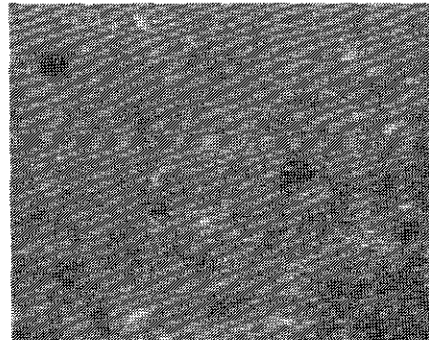


図9 10000個打抜後のダイス1の真円度と切刃近傍の硬さ



A A断面

(イ)



B B断面

(ロ)

写真4 ダイス切刃近傍の組織 (×400)

5 おわりに

硬化肉盛溶接棒としては比較的硬さが低く、機械加工性の良好な硬さHRC41程度の硬化肉盛溶接棒JIS, DF2A-Bを肉盛したダイスを用いて、冷間圧延鋼板SPCC-SBの打抜き試験を行ない、寸法精度、そり、かえり、型摩耗などについて打抜き数との関係を検討した。

一般の金型に比較すると劣るが、製作コストの安価な簡易金型として有効な金型と考える。

実験結果を要約すると次のとおりである。

(1) 硬化肉盛棒としてJIS, DF2A-Bは、10000個程度の軟質鋼板の打抜きに十分利用できる。

(2) 寸法精度は数千個程度加工すると悪化してくる。特に真円度が大きくなる。

(3) 一般に寿命判断の基準となるかえり高さは50μとされるが、10000個打抜き後で平均30μ程度であった。このためさらに数千個の打抜きは可能であろう。

(4) 剪断面の割合は一般打抜きと逆の結果が得られたが、これはクリアランスの過小、ダイス切刃長さの過小、打抜き材料の粘着性によるものと考えられる。

(5) この型を再使用する場合、ダイス摩耗基

準からは寿命となった。(約0.2mmの摩耗となった。)

(6) 測定した特性値は材料の方向性の影響を受けず、また型の再現性も十分と考える。

(7) 型の異状に大きい摩耗は、硬化肉盛溶接の起点と終点が短時間のうちに一致する近傍であった。

参 考 文 献

- 1) 助川・曾田; 塑性と加工
15-157 (1974) 128
- 2) 松本.; プレス打抜き加工, 日刊工業, 31
- 3) 西山・小林; 塑性と加工
15-157 (1974) 128