

# 第 3 研 究 報 告

## 1. 硬化肉盛による簡易金型の研究 (第 5 報)

### 鋼板の打抜き加工 その 2

泊 誠・前野一朗・黒木季彦・森田春美

#### 1. はじめに

前報(1)では、機械加工性の良好な J I S DF 2 A - B 相当の硬化肉盛棒で肉盛したダイスを用いて、板厚 0.8 mm の冷間圧延鋼板を無潤滑状態で 1 0,0 0 0 個打抜き、このような金型が 1 0,0 0 0 個程度の打抜きに十分耐えることを報告した。

本報では、J I S, DF 2 B - B 相当の硬化肉盛溶接棒で肉盛溶接したダイスを用いて、前報と同様の条件で 2 5,0 0 0 個打抜き試験した結果を報告する。

なお本実験では、型の摩耗を検討するため、ブランクの剪断面の表面あらさも測定した。

#### 2. 打抜き型と実験装置

打抜き型(以後ダイスという)は、前報と同じである。すなわち軟鋼板に U 字開先を加工し、下盛り 1 層を含む 4 層の肉盛りを行なった後、所定の形状に仕上げている。

写真 1 は、打抜き加工完了後のダイスの断面マクロ組織である。写真からわかるように 4 層盛りされている。

写真 2 は切刃近傍のマイクロ組織である。組織はマルテンサイトとフェライトより成る。硬さは HRC 5 5 程度である。従って切削加工は困難であるが、超硬工具を用いれば加工可能である。

表 1 は硬肉盛溶接棒の化学成分である。

ポンチは前報と同様 SKD 1 1 を熱処理し、HRC 6 1 程度にした。また実験装置は前報で用いたものを利用した。

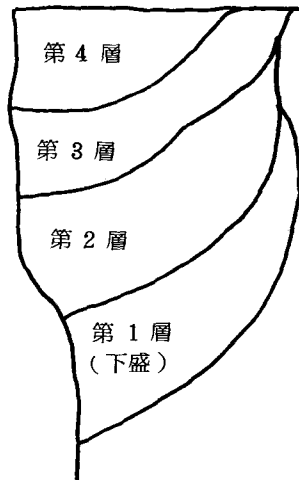
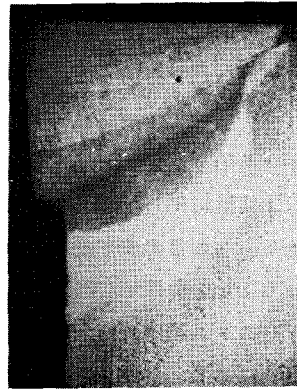


写真 1. 硬化硬盛したダイスの断面マクロ組織

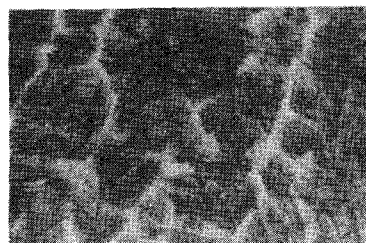


写真 2. 切刃近傍のマイクロ組織 (×400)

	C	Cr	Mn	Si	P	S	Mo
DF2B-B 相当硬化肉盛棒	0.31	3.15	0.40	1.50	0.014	0.008	0.39

表1. 硬化肉盛棒の化学成分 (%)

### 3. 供試材と実験方法

実験は、同時3個打抜き、くり返し1回とした。またダイス切刃近傍の硬さがHRC55程度であり、かなりの耐久度が予想されるが、実験は25,000個打抜きで打切った。

#### 3-1 供試材

ダイスとポンチのクリアランスは、約5%である。表2は、実験に供したダイスとポンチの寸法諸元である。なおこの表中硬さの項は、ダイス切刃部より1mmの位置で、円周12等分点をマイクロビッカース硬度計で測定した値をロックウェル硬さに換算した硬さである。

測定方法、測定値の処理、打抜き条件はすべて前報と同様であるが、本報ではブランク剪断面の円周方向の表面あらさを加えた。

No.	ダイス			ポンチ		クリアランス (%)
	直径 (mm)	真円度 (μm)	硬さ (HRC)	直径 (mm)	真円度 (μm)	
3	20,005	1.0	55.7	19,923	0.7	5.1
4	20,005	1.5	55.8	19,926	1.2	5.1
1	20,009	1.2	54.4	19,927	0.6	5.1

表2. ダイスとポンチの寸法諸元

測定試料のサンプリングは、所定打抜き数の前後を含めて3個とした。サンプリングの時期は、1, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 以後2000個ごとに25,000個までであるが、5,000個も含めてある。25,000個の場合は、連続3個をサンプリングしたので、最後は25,001個目である。

なおブランク剪断面あらさの測定は円周方向としたので、得られるあらさ曲線が楕円の一部となる。従って表面あらさの読取りは、別に製作したスケールを利用した。

得られるあらさ曲線の中心線は次式で与えられるが、この式は表面あらさが0μmの場合を示している。従って最大高さあらさは、この曲線より上方の最大高さとして下方の最大高さを加えて得られる。

$$\left(\frac{x}{ar}\right)^2 + \left(\frac{y}{br}\right)^2 = 1$$

x : 記録紙横方向距離

y : " 縦 " "

a : 横倍率

b : 縦 "

r : ブランク半径

### 4. 実験結果と考察

実験に供した3個のダイスは、いずれも25,000個(実際は25,001個)の打抜きを完了した。実験完了後のダイスには、通常の摩耗以外の切刃の欠損などは見られなかった。

#### 4-1 ブランクの形状、寸法精度

##### (a) 直径

図1は、直径の変化を

(ブランク直径変化量Δ=ブランク直径-初期ダイス穴径)により整理したものである。

ブランク直径は、3個のダイス共にほぼ同様な変化を示し、ダイス間の変動はなかったことがわかる。また同図に、板の圧延方向との関係を1/10ダイスの場合について示したが、ブランク直径は板の圧延方向に影響されないことがわかる。

ブランク直径は打抜き数が増すと大きくなる。この増加の割合は、打抜き数2,000個程度までは大きく、その後25,000個まで単調に増加している。このことは、打抜き数2,000個程度まではダイスの初期摩耗期間であり、その後の25,000個までは定状的な摩耗状態であることを示している。またこの傾向は以後も継続すると考えられる。

ブランク直径は 25,000 個打抜き時で約  $7 \mu m$  大きくなっているが、普通の打抜き製品としては

まだ寿命に達したとはいえ、後相当数の打抜きが可能である。

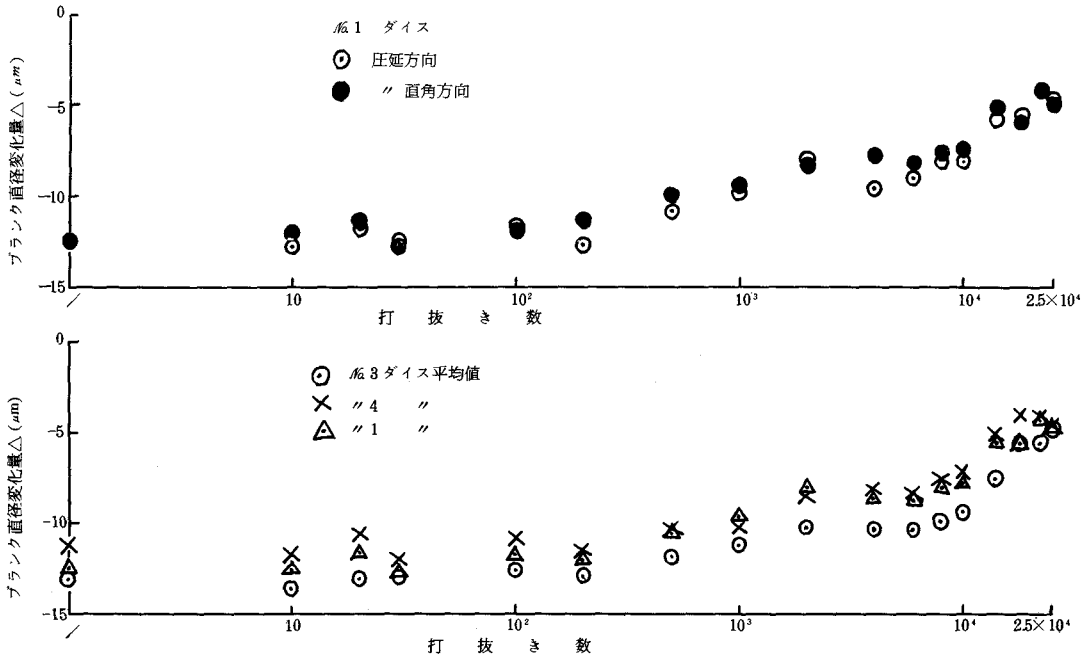


図 1. ブランク直径の変化

(b) かえり高さ

図 2 はかえり高さの変化を示している。平均値のグラフを見ると、3 個のダイス間に特に差があるとは言えず、安定していることがわかる。

かえり高さは終始単調に増加しているが、打抜き数 20,000 個以後はそれ以前より増加の割合が大きくなる傾向にある。また図 1 で示したブランク直径は、ダイスの初期摩耗に起因すると考えられる直径の変化が 2,000 個程度の打抜きで見られたのに対し、かえり高さの場合にはこれに対応する時期は見られない。

かえり高さは 25,000 個打抜きで約  $37 \mu m$  であるが、一般打抜きの場合金型の再研削をかえり高さ  $50 \mu m$  程度とするので、まだかなりの打抜きに耐えうると考えられる。

個々のダイスで、板の圧延方向によるかえり高

さに差があるように見受けられる場合があったが (No. 3 ダイスの例を図に示した)、前報でかえり高さは板の圧延方向に影響されないことがわかっている。これはダイス取付け時のクリアランス不均一によるものである。

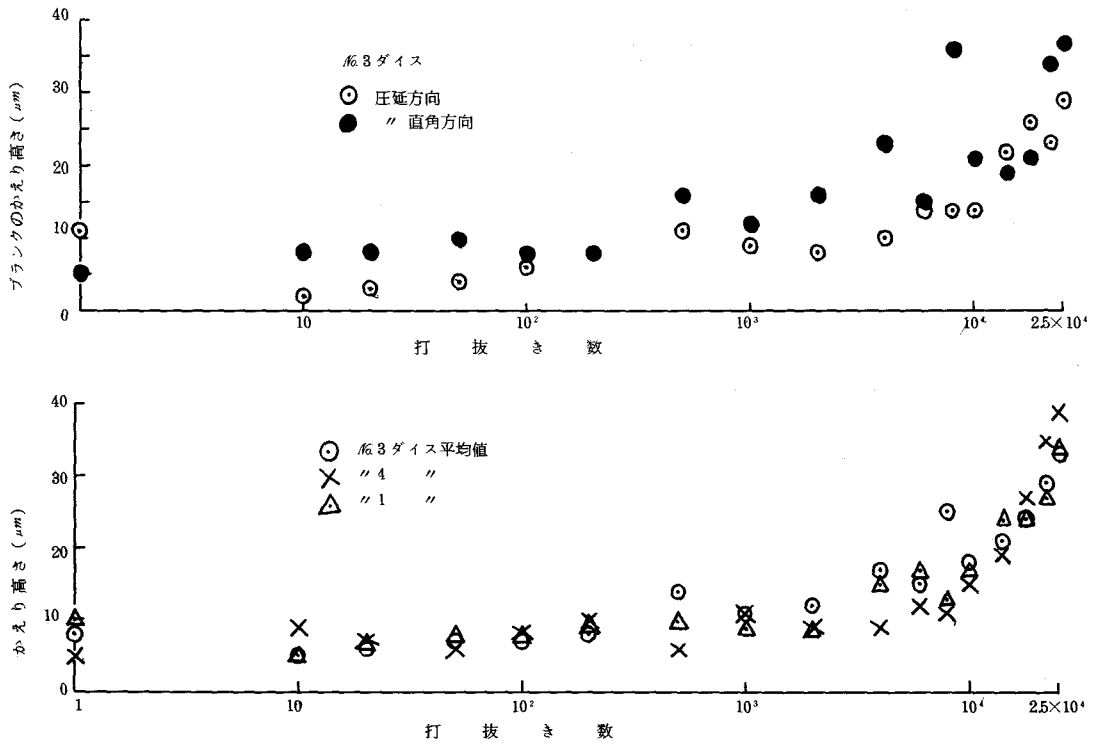


図2 打抜き数とかえり高さ

(C) 剪断面

図3に剪断面の変化を板厚に対する割合で示している。

剪断面の割合は打抜き数が増加すると大きくなり、3個のダイス間に変動はない。また板の圧延方向による差も見られない。

剪断面の割合の変化は、ダイスの初期摩耗に起因すると考えられる打抜き数2,000個までの割合に大きな変化と、打抜き数14,000個までのゆるやかな変化、それ以後の安定した状態の3段階に分けられる。

剪断面の増加は写真3に示すように、一次剪断面に続く二次剪断面がブランク円周方向に連続していくことにより進行していく。

このように剪断面が増加していくのは、次のように考えられる。

素材はダイス切刃の摩耗に従い、切刃近傍での曲げによる弾性変形を徐々に大きくしていく。そ

のため剪断されたブランクは大きくなるが、剪断後ブランクが通過するダイス内面は切刃近傍ほど摩耗していないので過小クリアランスとなり、二次剪断面を広げてゆく。この関係は、打抜き数14,000個程度で安定してくるので、その後は剪断面は増加しない。

図4は剪断面の表面あらさである。表面あらさは、後述するようにダイス内面の状態を転写していると考えられる。

打抜き初期におけるブランクの表面あらさは、ダイス内壁に付着した凝着物によると思われるキズがブランク表面に発生し、以後このキズを核として表面あらさが悪化していくのが測定された。従ってダイス内壁では、凝着物が付着脱落をくり返して摩耗を大きくしていくと考えられる。

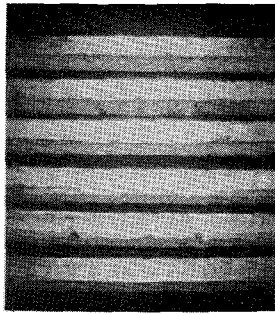


写真3 各打抜き数における前断面  
(No.3 ダイス)

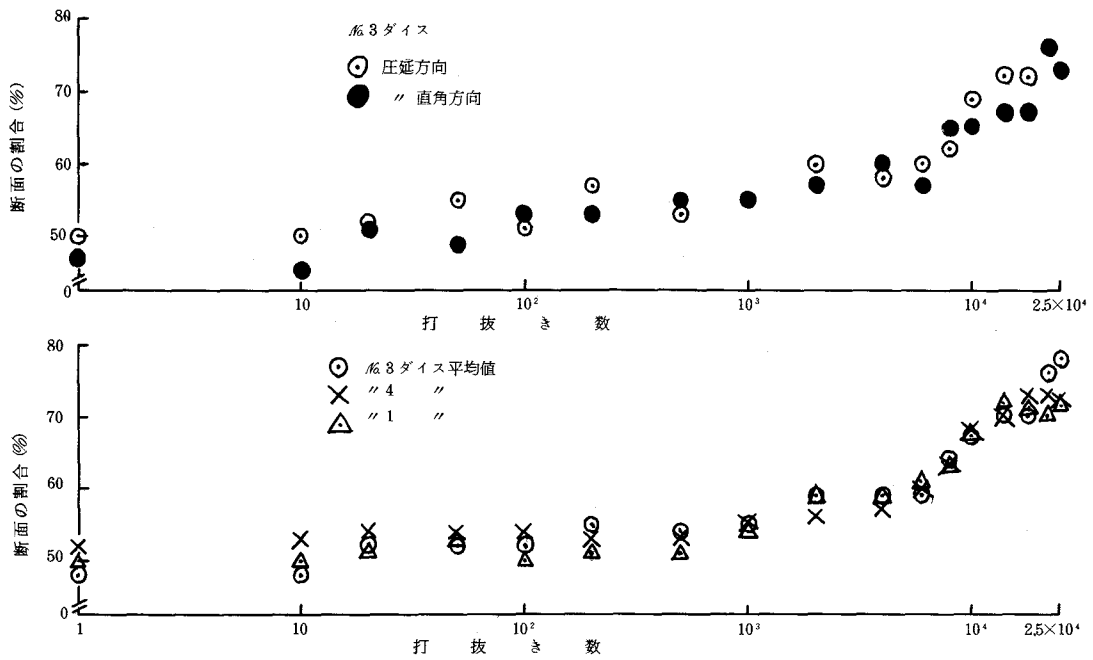


図3 打抜き数と剪断面の割合

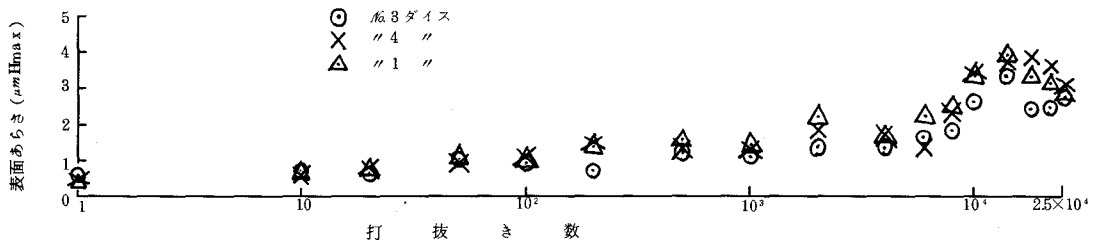


図4 剪断面の表面あらさ

(d) そり

図5はブランクのそりである。それぞれのダイスの平均値をみると、ダイス間に差のないことがわかる。

ブランクのそりは打抜き数2,000個まではほとんど変化はないが、以後打抜き数が増すと大きくなる。この傾向は打抜き数20,000個までであり、以後安定しほぼ一定値を保つ。

そりの量は打抜き初期で板厚の1.3%, 25,000個打抜き時で1.7%である。

そりの圧延方向との関係を見るため、No.3ダイスの場合を図5に同時に示してある。

この図をみると打抜き数6,000個くらいまでは圧延方向との関連があるように見えるが、これは前述したようにクリアランス不均一によるものであって、圧延方向との関連はないと考えてよい。

この図で打抜き数が増してくると圧延方向によるそり量に差がなくなっている。これは図6に示すように、クリアランスの小さい部分は大きい部分よりより大きな加工力が切刃にかかるため、摩耗が早くすすみ、ある程度打抜きが進行すると見かけによるクリアランスが等しくなるためであると考えられる。

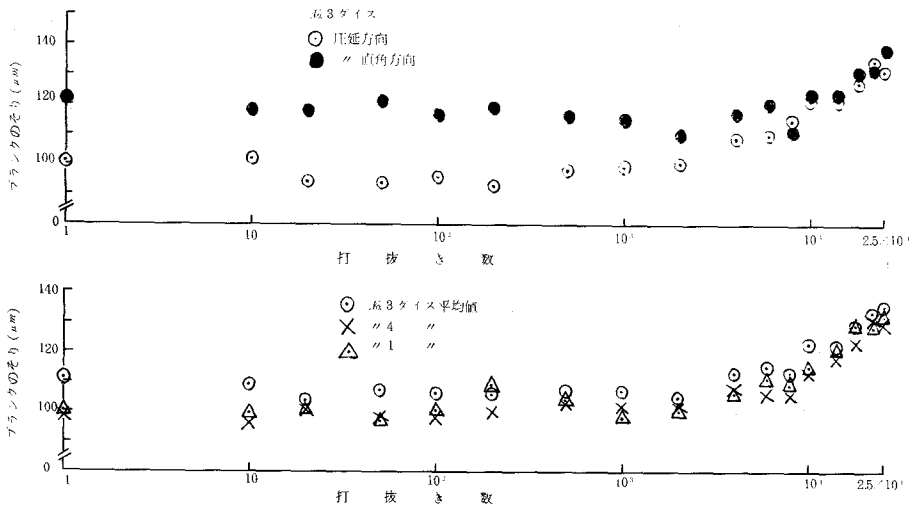


図5 打抜き数とブランクのそり

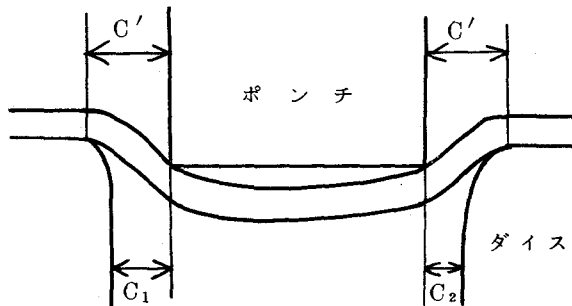


図6 ダイスマ耗によるみかけのクリアランス

特性と同様な変化を示す。

4-2でも述べるように、実験完了後のダイスの真円度が2~3 $\mu m$ であるのに対し、25,000個打抜き時のブランク真円度が2.5~5 $\mu m$ となっているのは、ブランクがダイス切刃部分の形状を転写することとスプリングバックによるものと考えられる。

(e) 真円度

図7にブランクの真円度の変化を示した。

真円度は2 $\mu m$ 程度のバラツキはあるが、他の

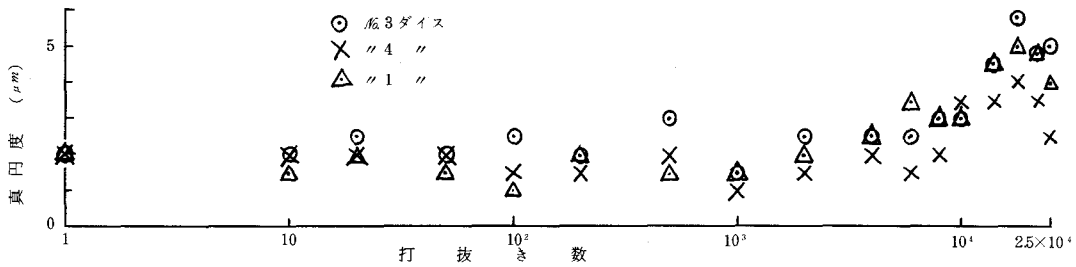


図7 打抜き数と真円度

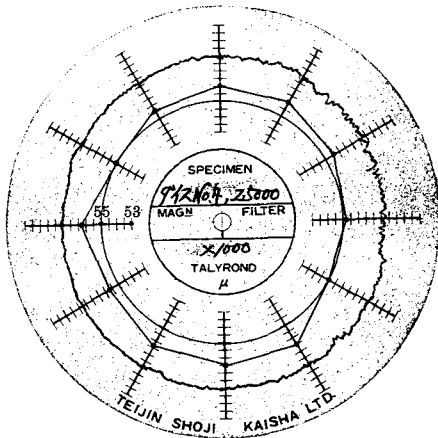


図8 25,000個打抜き後のダイス真円度と打抜き前のダイス切刃のHRC硬さ(測定位置は切刃より1mm, マイクロビッカース硬度計で測定後HRCに換算, 真円度 $3\mu m$ )

#### 4-2 実験前後のダイスの比較

表3は実験前後のダイス形状を比較したものである。この表をみると、真円度には大きな変化は見られず、穴径のみが拡大している。この穴径の拡大量は、図1に示したブランク直径の拡大量とはほぼ一致している。

図8は、No.4ダイスの実験完了後の真円度と、3-2で述べた方法により測定した打抜き前の硬さを示した図である。図を見ると、硬さと真円度形状の間に顕著な関連は見られない。

これらのことから、ダイスは半径方向に一様に

摩耗していることがわかる。ただし、この摩耗はダイス穴の中心部において言えることであって、切刃の近傍では次に述べるような摩耗形態を示す。

図9はNo.1ダイスの表面あらしさを穴の軸方向(打抜き方向)で、打抜き前後の状態を比較したものである。

ダイスの軸方向の表面あらしさは、打抜き前は(a)に示すように $2\mu m Hmax$ 程度であるが、25,000個打抜き後はダイス切刃の近傍(図の(a))とその奥の部分(図の(b))とは表面あらしさが違ってくる。図の(a)部分の表面あらしさは $5\sim 7\mu m Hmax$ であるが、(b)部分ではほとんど0に近い。写真4にも示すようにこの部分は軸方向のキズのみである。また(a)、(b)における円周方向の表面あらしさは $3.5, 1.6\mu m Hmax$ である。このことからダイスの真円度も切刃近傍が最も大きいと考えられる。従ってブランクの表面あらしさ、真円度はダイスの切刃部分により決定づけられると思われる。

切刃の摩耗、だれはある程度進行しているが、寿命と判定する程大きくなっていない。

溶接欠陥であるブローホールがダイス内面にいくつか見られたが、切刃からある程度離れていたことと小さかったことによりこれらの影響はなかった。

写真4は、25,000個打抜き後のダイス内面である。

ダイス No.	直 径 (mm)			真 円 度 ( $\mu m$ )		
	実 験 前	実 験 後	穴 拡 大 量	実 験 前	実 験 後	真 円 度 比
3	20,005	20,011	0.006	1.0	2	2
4	20,005	20,013	0.008	1.5	3	2
1	20,009	20,017	0.008	1.2	3	2.5

表3 実験前後のダイスの形状比較

$$\left( \text{真円度比} = \frac{\text{実験後の真円度}}{\text{実験前の真円度}} \right)$$

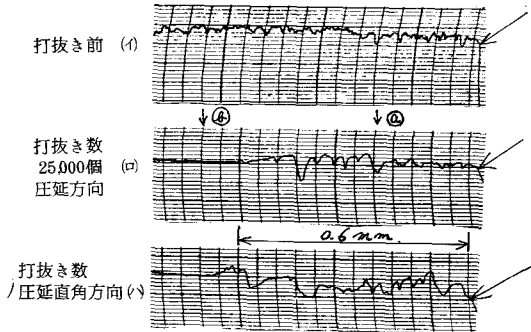


図9 打抜き前後のダイス穴内面の表面あらさ  
(縦倍率 $\times 2,000$ , 横倍率 $\times 100$ )  
(No.1 ダイス)  
矢印は切刃, 線図は穴打抜き方向

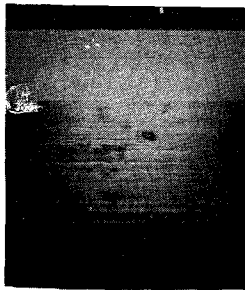


写真4 25,000個打抜き後のダイス内壁  
(No.3 ダイス)

5. おわりに

JIS, DF2B-B相当の硬化肉盛溶接棒で肉盛したダイス(硬さHRC55程度)を用いて、冷間圧延鋼板SPCC-SBの打抜き試験を行ない以下の結論を得た。

- (1) 製品の要求精度にもよるが、25,000個程度の打抜きでは寿命にいたらない。
- (2) 超硬合金工具でないと機械加工は困難であるが、簡易金型として十分な耐久力がある。
- (3) 溶接条件が安定しているなら金型による耐久度に差がない。
- (4) 剪断面の割合は打抜き数が増すと増加するが、一定の所で安定する。
- (5) ブランクの寸法拡大はダイス内径の拡大量と一致し、表面あらさ及び真円度はダイス切刃近傍の形状に依存すると考えられる。
- (6) 切刃から離れた位置にある小さな溶接欠陥は、使用した板厚程度の加工力のもとでは金型の寿命に影響しない。

文 献

- 1) 昭和51年度当センター業務報告書

## 2. 熱処理に関する試験研究

ステンレス袋焼入における脱炭と焼入性について (第2報)

浜石和人・清藤純一

1. はじめに

前回は高温と低温加熱用ステンレス袋と環元剤

について、主にステンレス袋の使用回数とステンレス袋加熱試料の酸化、脱炭防止効果について調