

# 計算機によるプレス用板取り計画

Computer Aided Planning of Sheared Sheets and Silt Coils for Subsequent Blanking

中川 威雄\*・横井 秀俊\*\*

Takeo NAKAGAWA and Hidetoshi YOKOI

標準寸法の広幅コイル材から、素板となる短冊状およびコイル状の板取りをする際には、耳材、端材の発生による材料損失を伴うが、この材料ロスを低減するために、板取り計画に計算機を使用する方式を確立した。プログラムは、短冊取りとコイル材取りの両方式について開発し、実際の生産計画に適用して、材料利用率の理論上の限界値に1%と迫る好結果を得た。

## 1. はじめに

プレス加工部品の製造コストに占める材料費の割合は一般には、かなり高いと言われている。したがって、製造コスト低減のために、まず最初に検討されるのが、材料歩留りの向上である。プレス部品でのスクラップ発生はブランク取りの段階と、後加工段階のものに分けることができる。後加工段階のスクラップ発生は、プレス技術の面からは解決できないものもあり、材料利用率を検討する上で、ブランク取りの優劣がしばしば問題となる。

プレス加工のうちでも鍛造品の場合には、棒材を原料とすることが多いが、鋸切断からプレスせん断に切り換えることにより、切断幅分だけ材料の節約をはかることができ、少なくとも素材段階での高い歩留りを得ることが可能となる。しかし、板材よりブランク取りをする場合には、かなりの量の抜きかすをスクラップとして生じ低い材料利用率となる。

板材よりブランク取りする際の歩留りについては、次の二点より検討する必要がある。まず第一には、図1に示すような、いわゆるブランクの配置(レイアウト)を工夫することによって、できるだけスクラップの量を減らそうというものである。複雑な輪郭をもつ複数のブランクの適切なレイアウトを行うことにより、大幅に歩留りを向上させることができることは、よく知られている。第二の検討すべき事項は、図2に示すような耳材と端材の発生を防ぐことである。先に述べた第一点のブランク取りが決まった段階で、耳材と端材が発生しないように板の寸法、つまり板幅と板長さを決めればよいが実際には、原料として供給される広幅の長尺コイル材には、幅と長さに標準寸法が規定されているため、どうしても通常の抜きかすのほかに耳材や端材が生じてしまう。特に多品種で少量の生産が行われると、このような耳材や端材の発生量は多くなる。

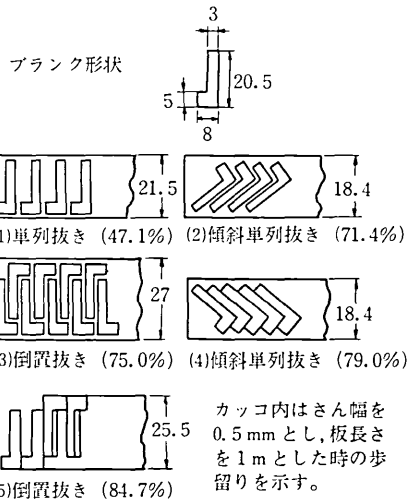


図1 レイアウトの工夫による材料利用率の改善

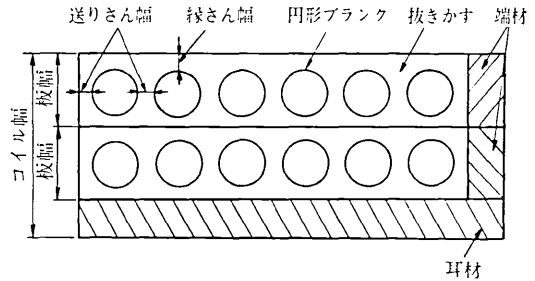


図2 ブランク取りにおけるスクラップの発生

プレス加工現場では、少量生産でも耳材や端材が発生しないような寸法の材料を入手しているかもしれないが広幅のコイル原料材を切断している材料センターやシャリング屋で、耳材や端材に相当するスクラップが発生している。そのスクラップは、ある程度は有効に利用されているとしても、大部分は材料費にはね返ってきているはずである。

これまでにも、この耳材や端材を少なくする努力がなされてきたと思われるが、それらは長年の経験と勘に頼

\* 東京大学生産技術研究所 複合材料技術センター，第2部

\*\* 東京大学生産技術研究所 第2部

るか、あるいは簡単な近似計算によっていたと言われていた。ここでは第二点について検討を加え、耳材と端材を最小とする板取り法の決定に計算機の適用を試みた。その結果は早速生産現場へ導入され、種々の制約はあるものの予期した以上の効果が得られたので、円形ブランク取りの例について、その概略を述べることにする。

## 2. 円形ブランク取りの各種方式

よく知られているように、外径一定の円形ブランクを取る場合の歩留りには理論的な限界値があり、それは図3-Aのように、無限大の板に多列抜きを試みた時に得られる値に等しい。したがって歩留り向上という点から言えば、図3-Bに見られるように、母材であるコイル材をそのまま適当な長さに切断し、懐の広いプレス機械を使って、同時に多列抜きするか、一つの抜き型により素板を順次送って、多列抜きと同じ板取りを得るようにすればよい。

さらに、外径が異なる円形ブランク取りの場合に、最適な板取り法を決めるのは容易ではないが、板取り法のレイアウトが決まれば、例えばタレットパンチプレスのように、工具交換可能なプレス機械を使用することによって、理論的な限界値に近い板取りが可能となる。しかしながら、多品種少量生産においては多列抜きは金型費が高価となりプレス容量も増加するため採用しにくいこと、タレットパンチプレスを使ったり素板の二次元的な送りをする場合は生産速度が遅く、また厚物になれば板を動かす際の慣性力が大き過ぎる、大型プレスを開発しなければならぬなどの種々の問題があることにより、これらの板取り方法は、どちらの場合にも広範囲に使用しにくい難点がある。したがって現在は主として、以下に述べる短冊取り方式およびコイル材方式が行われている。

## 3. 短冊取り方式とコイル材方式

図4のように、広幅の長尺コイル材を長さ $L$ に切断後シャリングマシンで $a \sim e$ の幅に切断するのが短冊取り方式である。シャリングマシンの能力により $L$ の長さには上限がある。切り板板幅の $a \sim e$ は、歩留り向上の点からは相互に異なった方が望ましいが、作業上の煩雑さが増すために、例えば $a=b=c=d$ とし、 $e$ のみが違う板幅となるような板取りがより実際的となる。また、切り板長さの設定の方法には、大別して次の二つが考えられる。一つの切り板板幅の組合わせに対して、端材が最も少なくなるような板長さを、シャリングマシンの能力によって決まる上限長さの範囲内から選び出そうとする方法がその一つである。これに対して、作業性、板管理のしやすさに重点を置いて、上限長さ内の数種類に板長さを限定してしまう方法があり、こちらが、現在、より

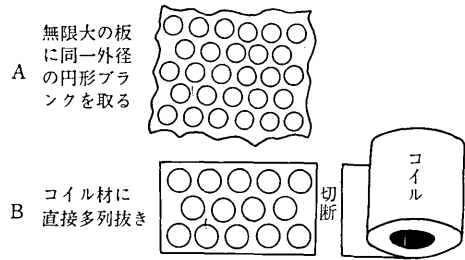


図3 円形ブランク取りの各種方式

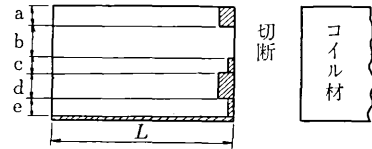


図4 短冊取り方式の板取り法

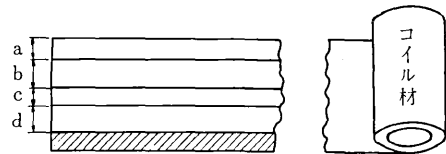


図5 コイル材方式の板取り法

一般的な方法となっている。

コイル材方式は、図5のように、広幅の長尺コイル材を幅 $a \sim d$ にスリッティングマシンで切断する方式で、短冊取り方式と違い、端材はほとんど無視できる。したがって、例えば $a \sim d$ は互いに異なってもよいなどの耳材の低減に有利な板取り方式が歩留りの点からは望ましいと言える。

コイル材方式では端材率が少なく歩留りは良さそうに見えるが、少量生産では逆にスクラップを多く残すか、大幅な過剰生産をしてしまう危険性があり、また設備上の問題も出てくる。これに対して、短冊取り方式はこのような問題が少ないため、多品種少量生産にも適し最も広く使われている。

## 4. 板取り設計への計算機の適用

コイル材の幅や長さは、インゴット、あるいは分塊圧延時に決められ、最終的に標準寸法にまで仕上げられる。そのため、端材や耳材を少なくして歩留りを向上させるため、特別なコイル材を入手することは、けっきょくコイル材コストを上昇させ、歩留り向上効果と相殺する結果になる。したがって、与えられた複数のコイル材より生産数量の異なる複数種類の円形ブランクを取る場合に過剰生産の在庫率も考慮して、いかに効率的な板取りをするかが問題となる。円形ブランクの外径の種類数が少ない場合には、従来のような経験と勘による手作業によ

っても十分に合理的な板取りを決定できる。ところが、多品種少量生産になり、しかも多列抜きを併用するようになると、過剰生産を抑え、同時に歩留りも高く保つことがなかなかむつかしくなってくる。特にコイル材方式の板取りでは、大幅な過剰生産と歩留り低下の可能性が常に伴ってくる。このように、多品種少量生産においては、板取りの決定が一層困難になり、またその重要性も増してくるため、板取り設計に計算機を適用することがこの場合には、特に有効な対応策となる。

5. 計算手法

この板取りの最適化問題は、短冊取り、およびコイル材方式のいずれの場合にも、純粋な組み合わせ問題に置き換えることができる。しかし、コイル幅方向の切り板板幅の組み合わせ問題に加えて、各組み合わせをそれぞれ何組ずつシャリングするか(短冊取り方式)、各コイル間の板取りのあり方(コイル材方式)の問題があり、いずれも厳密な最適解を得るためには、膨大な計算が必要となる。外径の種類数が大きくなれば、大型計算機を用いても、全ての場合をシミュレートすることは困難となるので、ここでは厳密な最適解は求めず、実用的な計算時間の範囲内で、最適値に少しでも近い値を得る方法として、以下に述べる簡略化した手順を用いることにする。

5.1 短冊取り方式の計算手順

図6は、短冊取り方式の計算手順の概略を示すフローチャートである。まず、コイル幅内におさまるように切り板板幅の組み合わせをつくり、それに対して端材が最も少なくなるような最適な板長さを一つ決定する。全ての組み合わせに対して、最適板長さを決定するわけであるが、ここで、コイル幅内におさまるような全ての切り板板幅の組み合わせをいかにして実現するかを、簡単に説明する。まず、各円形ブランクに対して、それを打抜くのに必要な最小限の板幅を計算し、配列化しておく。その板幅の

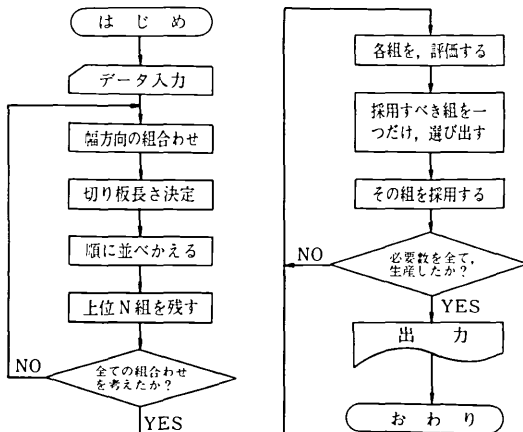


図6 短冊取り方式の計算手順の概略

配列からいくつか値を拾い出し、試行錯誤方式で、コイル幅内におさまるような組み合わせをつくり出す。これはちょうど、図7-Aのように、いくつかの小さな板切れを箱の中に並べて入れるような遊びに似ている。板幅配列内の若い添字番号の板幅から順に、箱の片側から板を埋め込み、もう入らなくなったら、最後に入れた板を取り消し、添字番号の一つ大きな板を代わりに入れる。もし、配列の終わりの板まで行き、入れ替える板がなくなったら、その組み合わせの中で、もう一つ前段の板に戻って、そこにある板の添字番号の一つを進める。以下、この作業を繰り返せば全ての組み合わせを実現できる。図7-Bは、こうした作業の進行の様子をあらわしたものである。次に、切り板長さ最適化の具体的な方法を図8に示す。切り板長さとして考えられる1~7のうち、耳材と端材の合計が最小となるような位置を選び出し、それを切り板最適長さとする。さて、このようにして得られた、最適長さを持つ各組み合わせを、さらに耳材と端材

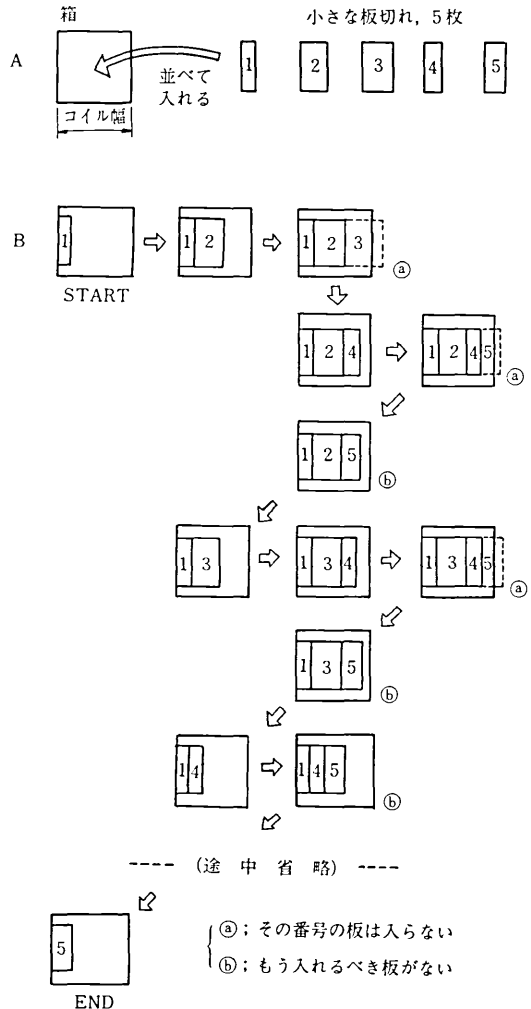
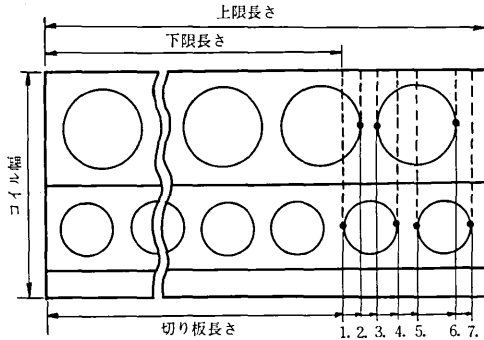


図7 試行錯誤による板幅組合せのシミュレーション



切り板長さ1~7のうち耳材と端材の合計が最小となる位置を選ぶ。ただし簡単のため、上図の1~7はさん幅分を省いて図示した。

図8 板長さ最適化の具体的方法

の合計が少ない順に並べる。次に、これらのうち上位N組 (Nは記憶容量、計算時間の関係から決まる適当な数) を取り出し、ある評価関数に従って、各組を評価し、そして次にどの組合せを採用すればよいかを決定する。この評価の基準は、捨てる部分が少ないものをプラス、在庫を増やすような場合をマイナスとして評価する。このようにして、全ての必要ロット数を生産し終わるまでこの作業を繰り返す。

5.2 コイル材方式の計算手順

図9は、コイル材方式の計算手順の概略を示すフローチャートである。まず、補助プログラムを用いて、コイル幅内におさまる理想的な切り板板幅の組合せをあらかじめ計算し、データ化しておく。このデータを、計算一般に必要なデータに続いて入力し、次の中から採用できる組合せを可能な限り取り出し、板取り計画に組み入れておく。こうして、ここまでの段階で、以後の計算に求められる必要ロット数およびブランク外径種類数を計算可能な線まで低減する。次に、必要数に満たない円形ブランクだけで切り板板幅の配列をつくる。それを

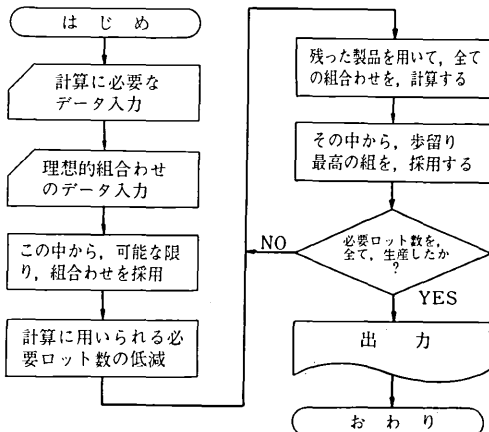


図9 コイル材方式の計算手順の概略

用いて、短冊取り方式において既に説明したように、試行錯誤によるシミュレートにより、全ての板幅の組合せを計算し、その中から歩留り最大となる組合せを一組取り出し板取り計画の一部として採用する。この作業を全必要ロット数を生産し終わるまで繰り返す。

この方式で最後まで計算すると、最終コイル材に大きな残材を残した形で上記の計算は終了し、そのために、その分だけ歩留りが低下する。従って、全製品中、生産ロット数の多い上位n種の製品と、最後のコイル材まで残った製品とを合わせて、再度、上記の最適板取り計算を行う。この際、最後のコイル材までに、必要ロット数に満たなかった製品は、優先的に採用することは勿論である。

6. 素板取り最適化プログラムの特徴

短冊取り方式とコイル材方式の二つのケースについて開発した、以上述べて来たような計算機用プログラムの特徴を列挙すると、次のようになる。

- ① 幅と長さの異なる複数の広幅長尺コイル材を原材料として使用できる。
- ② 使用するシャリングマシンの能力、作業性に応じて、切り板長さの設定の仕方、板幅の取り方など、プログラムを調節使用できる。
- ③ 在庫量の上限も指定でき、さらに在庫によるマイナス分も評価して、板取りの考慮に入れることができる。
- ④ 単純なブランク形状であれば、二列抜き、三列抜き、およびそれらを組合わせた場合も考慮することができる。
- ⑤ 計算結果の有効性を失わない範囲内で、便宜的な計算手法を用いている。そのために、計算時間も実用的な範囲内におさまる。
- ⑥ コイル材方式の計算手順に従えば、歩留りのよい組合せ順に板取り計画が決まってゆき、計算の終わりでは、まだ幾つもの板幅を取ることができるほどの大きな残材を最後のコイル材に残すことになる。この残材をうまく処理して、計算終了時に、こうした大きな残材が残らないようにすることもできる。
- ⑦ 単に円形ブランク取りばかりでなく、幅と長さが与えられた複数種類の素板を標準手法を持つ複数種類のコイル材から、必要数取の場合に広く適用することができる。

7. 適用結果

以上の、短冊取り方式、コイル材方式の二つのプログラムを、生産現場のデータに直接適用してみた。計算に用いたデータは、直径160~260mm、生産量は月産800~10000個の25種類の円形ブランクを、板厚7.1mmの3種類のコイル材から、さん幅を板厚と等しくと

表1 短冊取り方式の計算に用いたデータおよび計算結果

○ 板厚 t	7.1 mm
○ コイルの寸法 (幅×長さ m)	
コイル A ……	1.076 × 250.0
コイル B ……	1.130 × 238.0
コイル C ……	0.900 × 199.0
○ さん幅	1.0 × t (板厚)
○ 上限在庫数	各必要ロット数 × 1.0 (一カ月分)
○ 全て単列打抜き	
○ 切り板の上限長さ	2 500 mm
○ 切り板の下限長さ	上限長さ × 0.7
○ 切り板長さは、上限・下限の範囲内から、最適長さを採用する。	
○ 板取り法	最後の切り板のみ板幅が異なる。
○ 在庫コスト	一カ月 2.5 円/個
○ 材料費	0.73 円/cm <sup>3</sup>

最終歩留り 69.76 %  
 在庫率 15.49 %  
 計算時間 7.1 sec (HITAC 8800/8700)

製品種類	外径 mm	必要数	生産数	在庫数
a	160.5	10230	18780	8550
b	169.4	8505	8550	45
c	226.0	7921	7938	17
d	220.4	7860	7866	6
e	179.2	5302	5324	22
f	242.1	4845	6036	1191
g	185.1	4200	4224	24
h	198.9	4180	6930	2750
i	152.5	3771	3827	56
j	189.7	3084	4875	1791
k	155.0	2350	2353	3
l	210.5	2125	2160	35
m	177.0	2016	2024	8
n	244.2	1910	1911	1
o	260.5	1872	1896	24
p	262.0	1860	1872	12
q	251.2	1700	1708	8
r	163.3	1521	1540	19
s	231.3	1255	1749	494
t	205.0	1206	1221	15
u	213.9	1193	1206	13
v	203.8	1110	1134	24
w	238.5	900	904	4
x	237.0	852	856	4
y	257.7	813	831	18

表2 短冊取り方式の板取り計画

組合せ No	コイル種類	板取り法 (製品種類-切り板一枚からの生産数×切り板の枚数)	採用する組合数	切り板長さ(mm)	耳材の幅 (mm)	耳材の率 (%)	端材の長さ (mm)	端材率 (%)	この組合せ全体の歩留り (%)
1	C	l - 9 × 4	60	1965.5	1.2	0.13	0.0	0.00	70.82
2	B	a - 12 × 5, f - 8 × 1	171	2018.3	0.2	0.02	17.6	0.20	69.37
3	B	d - 9 × 4, m - 11 × 1	184	2054.6	0.4	0.04	22.4	0.18	70.82
4	C	t - 11 × 3, c - 10 × 1	37	2340.2	2.2	0.24	2.1	0.02	70.76
5	A	p - 8 × 3, s - 9 × 1	78	2160.0	1.9	0.18	7.2	0.08	71.95
6	C	h - 11 × 3, n - 9 × 1	210	2273.1	2.3	0.26	4.3	0.05	70.72
7	B	r - 11 × 5, c - 8 × 1	28	1881.5	2.3	0.20	9.6	0.11	69.27
8	C	v - 9 × 3, s - 8 × 1	42	1914.3	0.5	0.06	9.1 *	0.35	70.63
9	C	d - 9 × 3, e - 11 × 1	46	2056.4	2.8	0.31	1.8 *	0.07	70.65
10	B	c - 9 × 4, k - 13 × 1	181	2114.4	3.1	0.27	9.4 *	0.38	70.71
11	B	c - 9 × 4, i - 13 × 1	23	2105.0	2.5	0.22	23.1	0.16	70.70
12	A	j - 10 × 4, w - 8 × 1	78	1975.1	0.6	0.06	3.2	0.04	70.01
13	C	i - 14 × 4, u - 10 × 1	63	2241.5	5.1	0.57	24.4	0.28	68.52
14	A	o - 8 × 3, s - 9 × 1	79	2152.7	6.4	0.59	4.8 *	0.17	71.55
15	A	g - 11 × 4, y - 8 × 1	96	2125.5	6.9	0.64	4.2 *	0.15	70.02
16	B	a - 12 × 5, w - 8 × 1	35	2018.3	3.8	0.34	46.4	0.51	68.90
17	B	b - 10 × 5, j - 9 × 1	171	1778.3	8.1	0.72	6.2 *	0.28	68.74
18	C	u - 8 × 3, j - 9 × 1	24	1778.3	11.8	1.31	3.2 *	0.14	69.78
19	B	a - 12 × 5, x - 8 × 1	107	2018.3	5.3	0.47	58.4	0.64	68.70
20	A	q - 7 × 4	61	1815.2	14.4	1.34	0.0	0.00	71.05
21	A	y - 7 × 3, n - 7 × 1	3	1860.7	1.9	0.18	94.5	1.22	71.08
22	A	f - 7 × 4	125	1751.5	50.8	4.72	0.0	0.00	68.39
23	C	e - 11 × 3, f - 8 × 1	146	2056.4	63.6	7.07	55.7	0.77	64.87

(端材の長さの欄の\*印は図10-A, 無印はBを意味する)

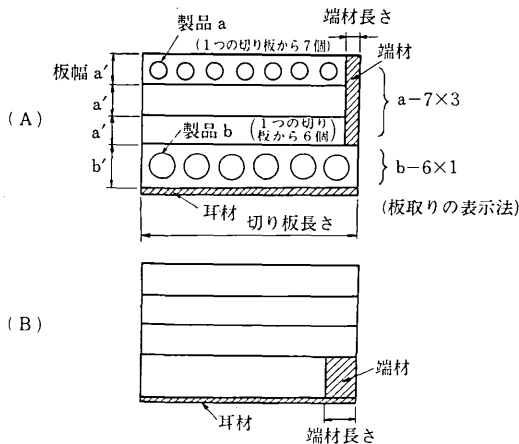


図10 短冊取り方式における板取り法および端材の発生

表3 コイル材方式の計算に用いたデータおよび計算結果

○ 板厚 t	7.1 mm
○ コイルの寸法 (コイル幅×長さm)	
コイルA ……	1.076 × 250.0
コイルB ……	1.130 × 238.0
コイルC ……	0.900 × 199.0
○ さん幅	1.0 × t (板厚)
○ 在庫数上限目標値	各必要ロット数 × 0.8
○ 必要ロット数による打抜き列数の分類	
五千個以上	二, 三列打抜き
三千~五千個	一, 二列打抜き
三千個未満	単列抜きのみ

最終歩留り 75.34 %  
 在庫率 28.23 %  
 計算時間 24.3sec(HI TAC 8800/8700)

法は、少しわかりにくいので、具体例を挙げて説明する。例として、図10-Aの a-7×3 の意味するものは、一つの切り板から製品 a が 7 つ取れ、その板が全体で 3 枚あることである。歩留りは約 70% という計算結果が得られ耳材、端材を全く出さずに、必要ロット数と同じ数量を生産したと仮定した時の歩留りの理論値 70.96% と比較した場合、約 1% しか、開きが出ていないことがわかる。これは、また、従来の勘に頼る方式に比べて約 5% の向上を示している。この板取り計画全体に占める、耳材による材料損失は、0.994%、同様に、端材による材料損失は、0.236%、合計では 1.23% となる。

同様に、コイル材方式では、表 3 に計算に用いたデータおよび計算結果を、表 4 にはその板取り計画の全容を示した。コイル材方式の場合、実際のデータに乏し

製品種類	外径mm	必要数	生産数	在庫数
a	160.5	10230	17040	6810
b	169.4	8505	12132	3627
c	226.0	7921	12207	4286
d	220.4	7860	9726	1866
e	179.2	5302	6408	1106
f	242.1	4845	5730	885
g	185.1	4200	5076	876
h	198.9	4180	4736	556
i	152.5	3771	6114	2343
j	189.7	3084	4044	960
k	155.0	2350	2936	586
l	210.5	2125	2742	617
m	177.0	2016	2160	144
n	244.2	1910	2685	775
o	260.5	1872	2757	885
p	262.0	1860	2787	927
q	251.2	1700	2461	761
r	163.3	1521	2334	813
s	231.3	1255	2046	791
t	205.0	1206	2244	1038
u	213.9	1193	1976	783
v	203.8	1110	1128	18
w	238.5	900	1620	720
x	237.0	852	1024	172
y	257.7	813	944	131

って採取する場合のものである。計算に用いた機種は、東京大学大型計算機センターの HITAC 8800/8700 である。

短冊取り方式では、表 1 に計算に使用したデータ、および計算結果を、表 2 にその板取り計画の全容を示す。板取り法は、図 10 のように一つだけ板幅が異なってもよいという取り方を採用した。図 10 は表 2 中における板取り法、端材の長さの意味するところを图示したものである。端材の出来方には、図 10-A および B の二通りの場合が考えられ、表 2 の端材の長さの欄で、右肩に \*印の付いている数値は A の場合を、無印の数値は B の場合を、それぞれ意味している。また、表 2 の板取り法欄の表記

いたため、比較はできないが、在庫率 28% で歩留り 75% 強、また板取り計画全体に占める耳材による材料損失の割合は、0.365% に過ぎない、というかなり良い計算結果が得られている。

### 8. おわりに

生産量が少な過ぎるために、自社で広幅長尺のコイル原料材を購入できない場合とか、板厚が同一である部品点数が少ない場合など、こうした計算機による板取り計画を適用できないケースも多く、適用範囲は、鋼材センター等の材料供給メーカー、およびごく特殊なプレス加

表4 コイル材方式の板取り計画

組合せ No	コイル 種類	板取り法 (製品種類—打抜き列数—その板からの生産数)	採用組 合わせ数	耳材の幅 (mm)	耳材の率 (%)	全体の歩留 り (%)
1	A	c-3-3216, d-2-2196	3	0.44	0.04	79.10
2	C	e-3-3204, j-2-2022	2	9.59	1.06	77.03
3	B	b-3-4044, f-2-1910, i-1-1491	2	1.88	0.17	76.71
4	B	a-3-4260, a-3-4260, g-1-1238	2	0.72	0.06	76.48
5	A	o-1-929, p-1-929, x-1-1024, y-1-944	1	0.50	0.05	72.33
6	B	k-1-1468, k-1-1468, n-1-947, n-1-947, o-1-889	1	0.10	0.01	71.20
7	C	m-1-1080, q-1-770, q-1-770, r-1-1167	1	0.50	0.06	71.10
8	B	b-3-4044, d-3-3138	1	12.05	1.07	78.41
9	B	f-2-1910, h-2-2310, q-1-921	1	0.98	0.09	76.35
10	A	g-2-2600, h-2-2426, i-2-3132	1	13.83	1.29	75.30
11	A	o-1-934, o-1-934, p-1-929, s-1-1048	1	4.90	0.46	72.00
12	B	s-1-998, t-1-1122, t-1-1122, u-1-1076, v-1-1128	1	0.00	0.00	71.19
13	C	l-1-914, l-1-914, m-1-1080, n-1-791	1	1.00	0.11	71.04
14	C	l-1-914, r-1-1167, u-1-900, w-1-810	1	17.00	1.89	69.67
15	C	w-1-810, c-3-2559	1	3.36	0.37	77.52

工業者に限られるかも知れない。しかし、この方式を実際に適用して成功している例を見ると、歩留り向上によるコストダウンはかなり大きく、さらに省力化や、在庫と生産管理を含めたメリットも少なくないことが、これまでに明らかになっている。(1979年1月17日受理)

## 参 考 文 献

横井, 中川: 円形ブランク取りにおける板取りの最適化, 第1報, 第2報, 第29回塑性加工連合講演会論文集 (78.11. 習志野) P. 222~229

## 東京大学生産技術研究所報告刊行案内

第27巻 第8号 (和文)

明智 清明・原 善 四 郎

## チタン粉末の瞬間抵抗焼結

チタンおよびその合金は、比強度や高温強度が強く、耐食性も優れているから、すでに航空機や化学工業には実用されているが、加工が困難であり、資源に限られているため、まだ一般に広く使用されるにはいたっていない。スポンジチタンやチタンスクラップから比較的容易に得られるチタン粉を原料とする粉末冶金法はこれらの問題を解決する一方向であると考えられ、とくに金属粉の短時間加圧下加熱で高密度金属焼結体が得られる抵抗焼結法はチタン粉の加工技術として有望と考えられる。

以上の考察のもとに本研究では、高密度比で機械的性質および耐食性に優れたチタンおよびチタン合金焼結体が作製できる最適抵抗焼結条件を見出すことおよびチタン粉の抵抗焼結機構を解明することを目的として、それら粉末の抵抗焼結実験を行った。実験には在来の抵抗溶接機を抵抗焼結用に改造した抵抗焼結機を使用した。

本研究で得られた結果を要約するとつぎのようになる。

- (1) 適切な抵抗焼結条件のもとでの大気中抵抗焼結により、チタン粉から高密度比、低酸素含有量で機械的性質、耐食性の優れたチタン焼結体が得られることが実証された。
- (2) チタン焼結体の機械的強度を支配する主要な因子は、低密度比焼結体では密度比、高密度比焼結体では酸素含有量であり、チタン焼結体の酸素含有量を支配する主要因子は原料チタン粉の酸素含有量であることが実験的に解明された。
- (3) チタン粉と各種合金元素粉との混合粉の空気中抵抗焼結により優れた機械的性質および耐食性のチタン合金が得られることが実証された。
- (4) 抵抗焼結中の電流・電圧波形から求めた電気抵抗の変化が、抵抗焼結過程の解析に有用であることを見出し、その方法によって抵抗焼結過程におよぼす原料粉末条件および抵抗焼結条件の影響が解明された。

(1979年3月発行予定)