

黒心可鍛鑄鉄の被削性の研究

Machinability Test for Black Heart Malleable Cast Iron

笠原 重夫*
Shigeo Kasahara

近藤 賢治*
Kenji Kondô

森 博和*
Hirokazu Mori

内 容 梗 概

黒心可鍛鑄鉄は炭素およびケイ素含有量に範囲がある。この研究はこの範囲で炭素およびケイ素の含有量を4種類に変えた、標準組織の中空円筒形黒心可鍛鑄鉄材を作り、高速度鋼第2種のバイトで旋盤による長手切削を行ない、黒心可鍛鑄鉄の被削性を試験した。試験の結果、標準組織の黒心可鍛鑄鉄では、通常の成分範囲では成分の差による被削性の差は認められなかった。

黒心可鍛鑄鉄の標準組織はフェライト地に焼鈍炭素の分布したものであるが、製造法に適正を欠くと、表層部または内部にパーライトの残留する不完全な組織となることがある。これらについても同様の試験を行なった結果、被削性がはなはだしく劣ることが確かめられた。

1. 緒 言

黒心可鍛鑄鉄は、白鉄鑄物を焼鈍して化合炭素を分解し、フェライト地に焼鈍炭素が一様に分布している組織としたもので（以下標準形黒心可鍛鑄鉄または単に標準形という）、機械的性質がすぐれ被削性も良好で、管継手、自動車部品などに広く使われている。この黒心可鍛鑄鉄の被削性は鉄系金属材料中もっともすぐれ、快削鋼の120%、普通鑄鉄の150%といわれている⁽¹⁾。

この研究は、近年金属材料の加工能率を向上させる要求が非常に強いことから、通常の成分範囲で炭素およびケイ素の含有量によって黒心可鍛鑄鉄の被削性を変えることができるかどうかを確かめるために行なわれたものである。

試験は、炭素およびケイ素の配合により4種類の円筒形試料を作り、これを均一に作った高速度鋼第2種のバイトで旋盤によって長手切削するもので、バイト寿命の長短によって各試料の被削性を比較した。試験の結果は、標準組織の黒心可鍛鑄鉄では炭素およびケイ素の配合を通常の成分範囲で変えても被削性の差はほとんど認められなかった。

一方黒心可鍛鑄鉄の製造法に適正を欠くと、黒心可鍛鑄鉄鑄物の表層部または内部にパーライトが残ることがある（以下前者を白縁形黒心可鍛鑄鉄、後者を霜降形黒心可鍛鑄鉄または単に白縁形、霜降形という）。このような不完全な組織の黒心可鍛鑄鉄は被削性が劣るとされているが、標準組織の黒心可鍛鑄鉄との比較のため同一条件で、同様の試験を行なったところ、標準形と比較して白縁形は約30%、霜降形は約50%の被削性であった。

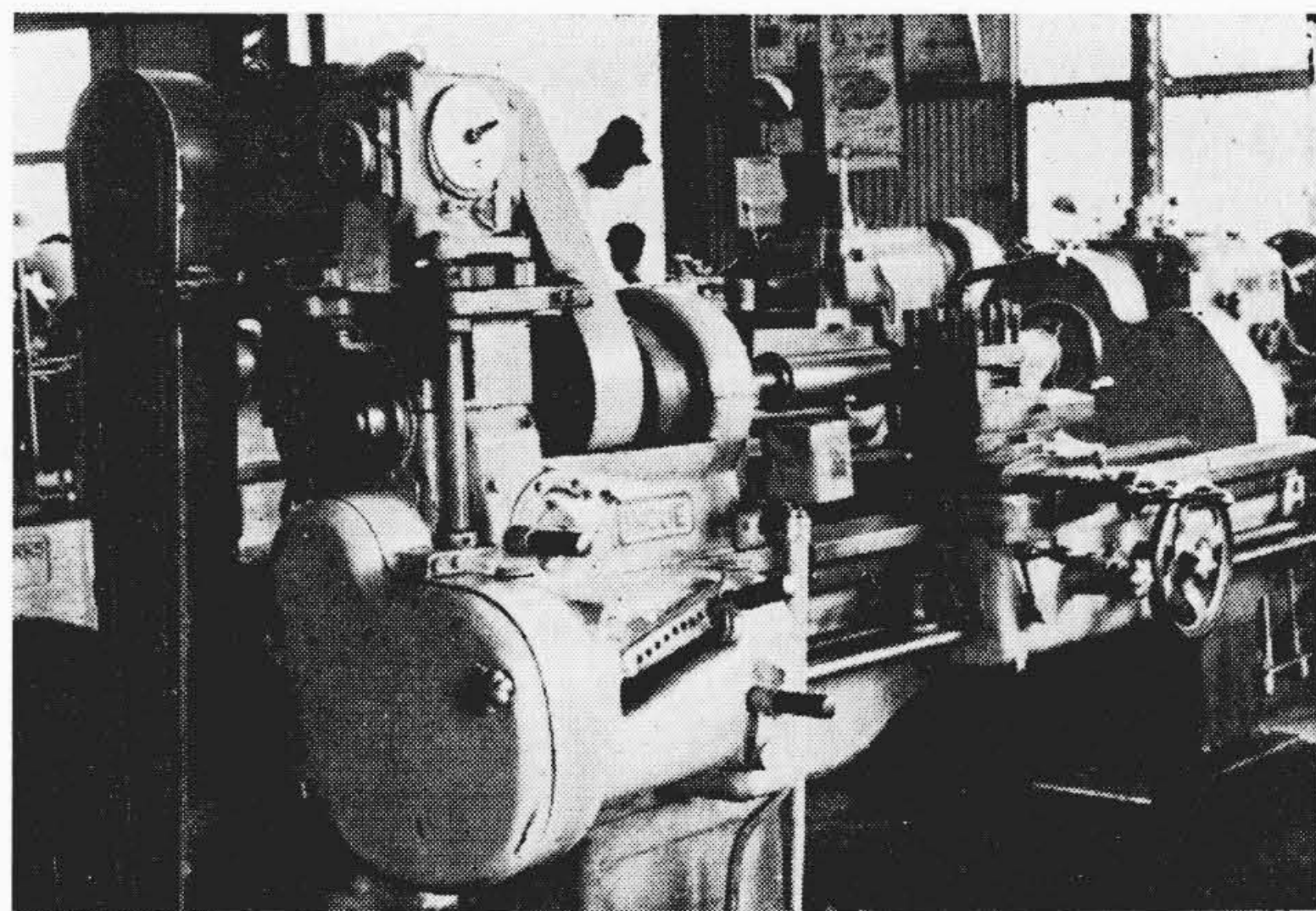
白縁形、霜降形のような不完全な組織のものは、実際にはいろいろの種類があるので⁽²⁾、上記数値も一般的なものではないが被削性に大きな影響を与えることはまちがいない。このことと、理論的には被削性に影響すると考えられる炭素およびケイ素が、通常の成分範囲では被削性に差を生じないことから、黒心可鍛鑄鉄の切削能率向上にとって材質的な面で注意すべきことは、製造工程を十分管理して、不完全な組織の黒心可鍛鑄鉄が生じないようにすることだといえる。

2. 本 論

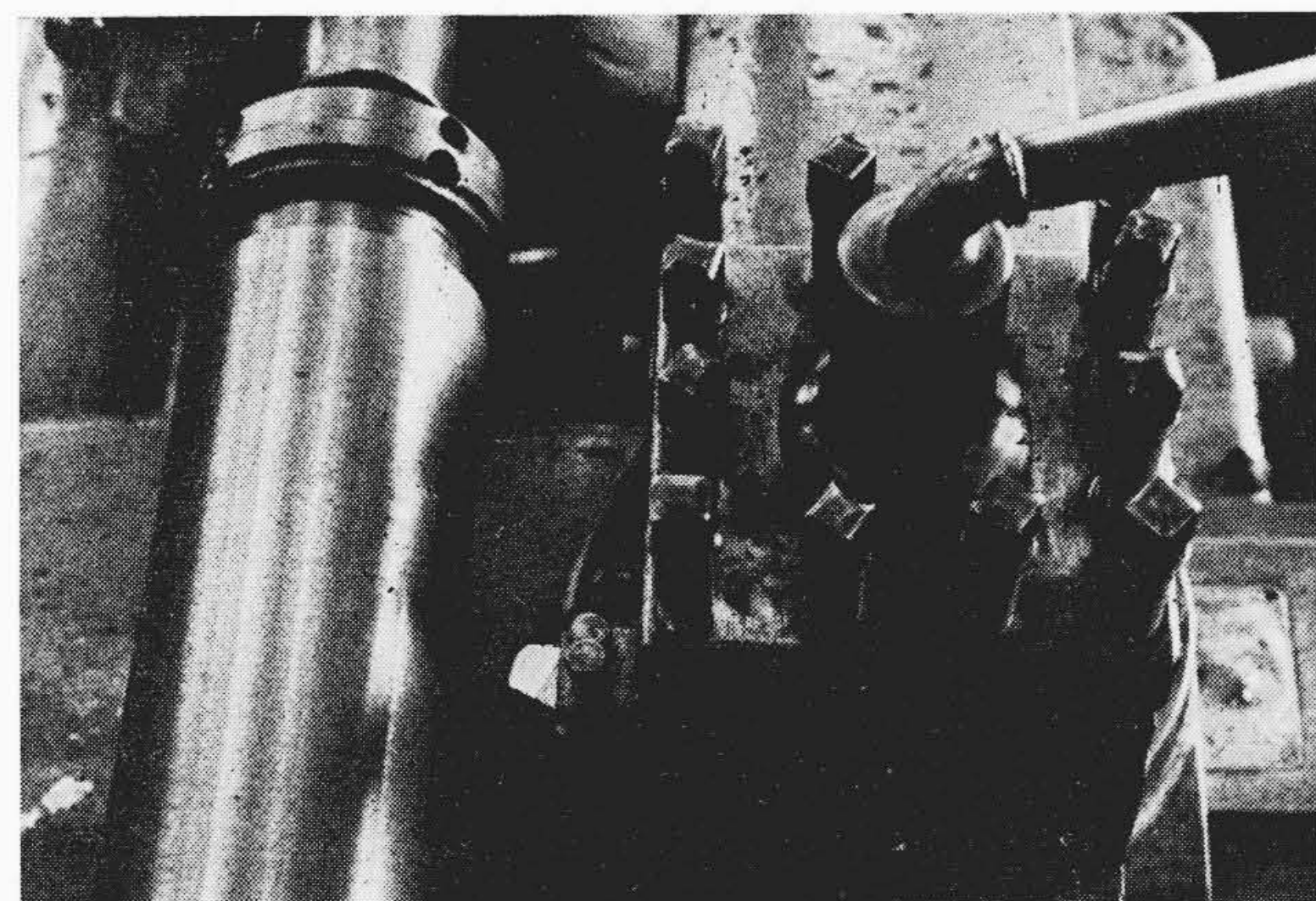
2.1 試験方法

金属材料の被削性は一般につきの基準で考えられる⁽³⁾。

- (1) 工具寿命の長短
- (2) 切削抵抗の大小



第1図(a) 試験装置



第1図(b) バイト取付状態

- (3) 仕上面および精度の良否
- (4) 切りくず処理の難易
- (5) 切りくず生成の良否

切削能率を向上させる見地からは工具寿命の長短がもっとも重要でありこの研究もこれを対象としている。

試験装置を第1図(a)(b)に示す。試験は第1図に示すように均一に作った高速度鋼第2種のバイトを用い、円筒形試料を数段階の切削速度で加工し、各速度におけるバイトの寿命時間を求めるものであり、被削性は実験値よりバイトの寿命時間60分の場合の切削速度を求めこれによって比較する。

試験に使用した旋盤は井上鉄工所製普通旋盤で、モータは3.7kW

* 日立金属工業株式会社桑名工場

であり、速度変換にはチェーン式無段変速機を用いた。

バイト寿命の判定には高速度鋼の場合は、切削の後期に加工面に光輝帯が発生し、つぎにバイトが完全損傷するが、この完全損傷によって寿命時間とするのが正確だとされているのでこの試験ではこれによった。

2.2 バイトおよび切削諸元

バイトの材質、形状、熱処理法などを、できるだけ均一にすることは被削性の試験では重要なことである。

試験に使用したバイトは、一本の高速度鋼第2種の鋼材よりとり、同一条件で熱処理し、仕上げは万能工具研摩機によりダイヤモンドホイールを用いて行なった。熱処理法は880~990℃にて20~30分間予熱、1,250~1,260℃にて1~1.3分間保持後油冷、焼戻は、580℃にて60分間保持を2回繰り返して硬度範囲62.5~63.5 HRCのものを使用した。第1表にバイトの分析値を、第2図に形状を示す。

切り込みおよび送りは、それぞれ1.5 mmと0.3 mmにとり、切削速度は、バイト寿命が1~30分間で3~5段階にとり、各速度で1~3回試験を繰り返してその平均値をとるのを原則とした。

2.3 試 料

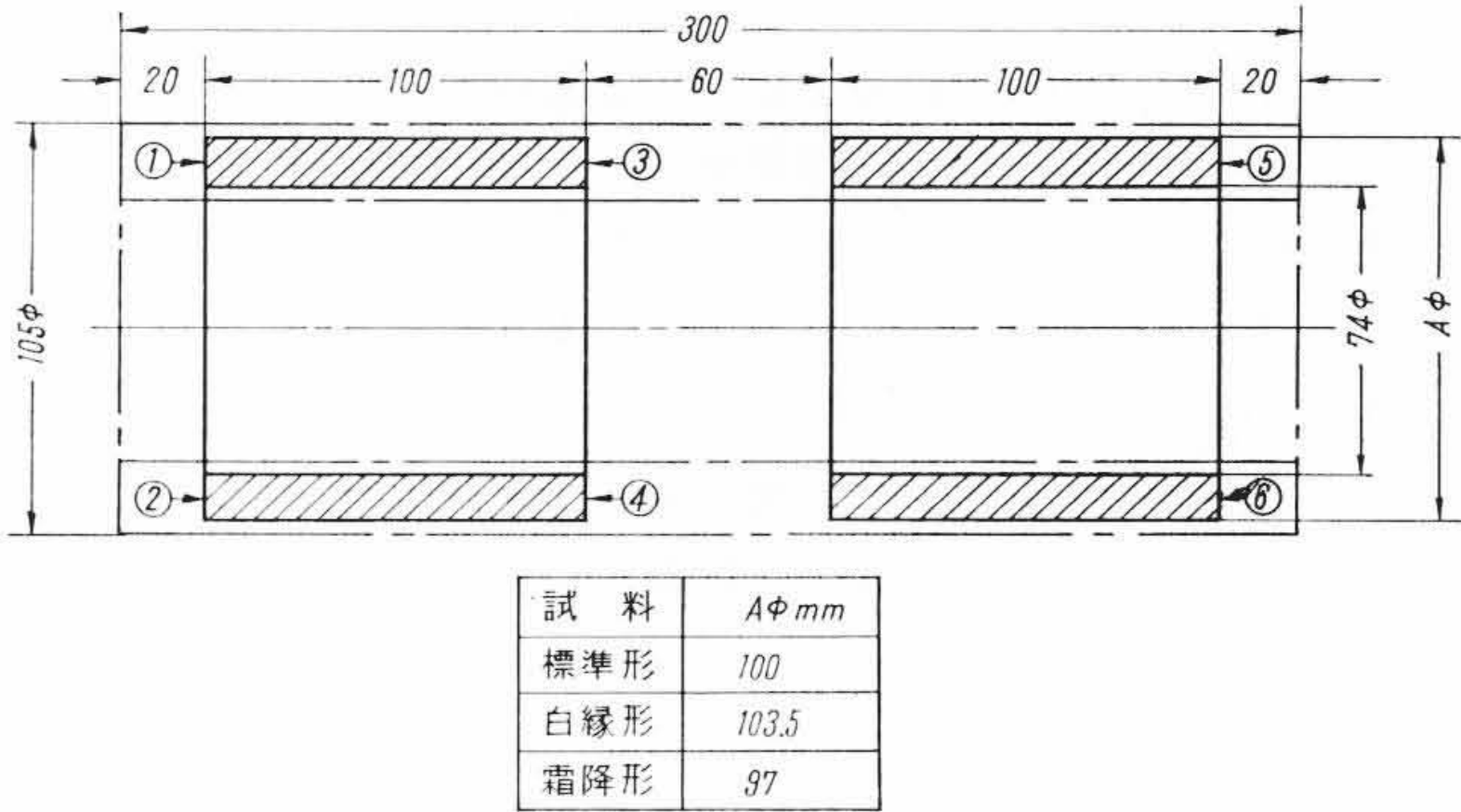
被削性の試験においては、特に被削材が鋳物の場合実験値のバラツキが大きく出やすいので、できるだけ均一な試料を作る必要がある。

この試験においては、第3図の鎖線に示すような、外径105 mm

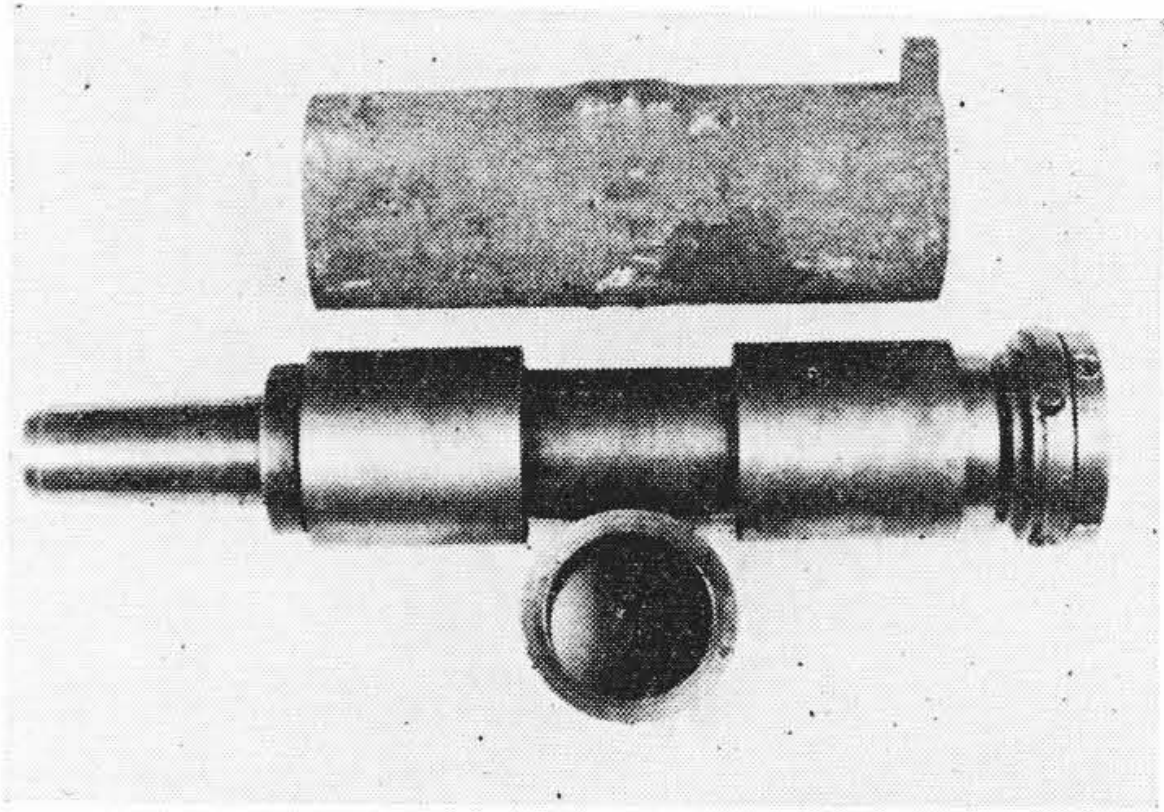
長さ300 mmの円筒形材料を、試料の種類に応じた溶湯成分、熱処理法にて作り、この材料より同図の実線で示すように試料を2個とり、この試料3本を第4図に示すように1セットとして試験した。第3図において試料外径は、標準形が100 mm、白縁形が103.5 mm、霜降形が97 mmであるが、これは白縁形および霜降形の試料は、溶湯成分に、特にTeを添加し、また熱処理法を変えることによって、表層部にはパーライト組織の白縁形を、内部には、パーライトおよびフェライトのまじった地に焼鈍炭素の分布する霜降形の組織の材料を作り、外径を103.5 mmに仕上げて1回だけ白縁形として使用し、つぎに97 mmに仕上げて白縁層を完全に除き、これを霜降形として使用したためである。なお両端の20 mmは、硬度測定および組織調査のため切断し、また中央の60 mmは鋳造方案の関係で不均一な組織になりやすいため除いた。

各試料の種類、成分、硬度、機械的性質、熱処理法などを第2表に示す。組織は第3図の①、③、⑤の各位置にて全試料調査したが第5図(a)~(f)に試料種類ごとに一例ずつ示す。

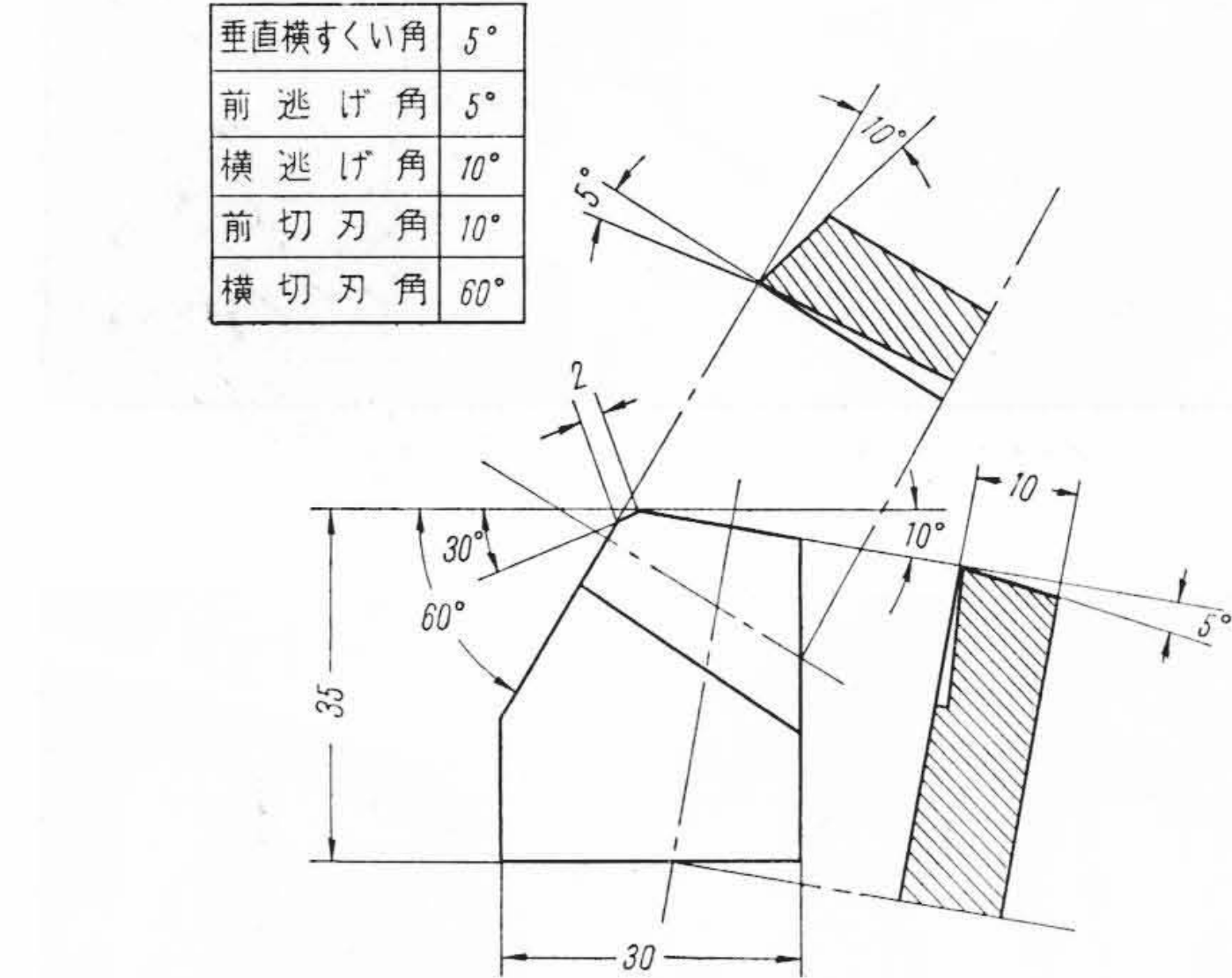
標準形では成分を、炭素およびケイ素の配合によって4種類に分け、第2表にてNo.1~4としてあるが、実用上ではNo.1は比較的



第3図 試 料 の 形 状



第4図 試 料 の 取 付 状 態



第2図 バ イ ト の 形 状

第1表 バイトの化学成分 (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V
0.76	0.23	0.35	0.017	0.008	3.94	11.29	1.81

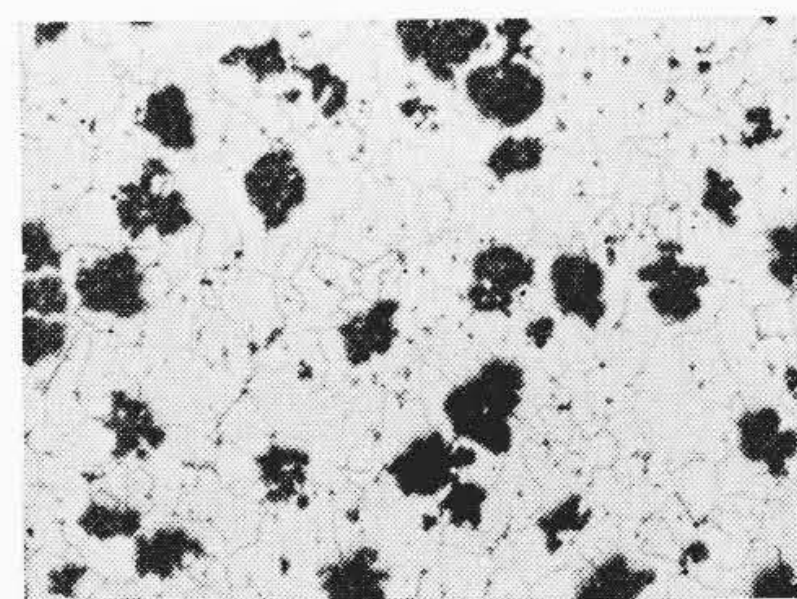
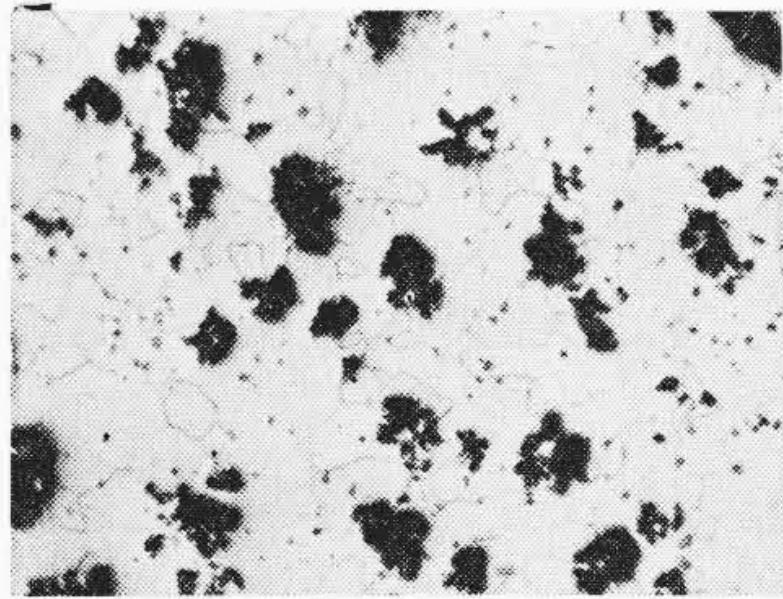
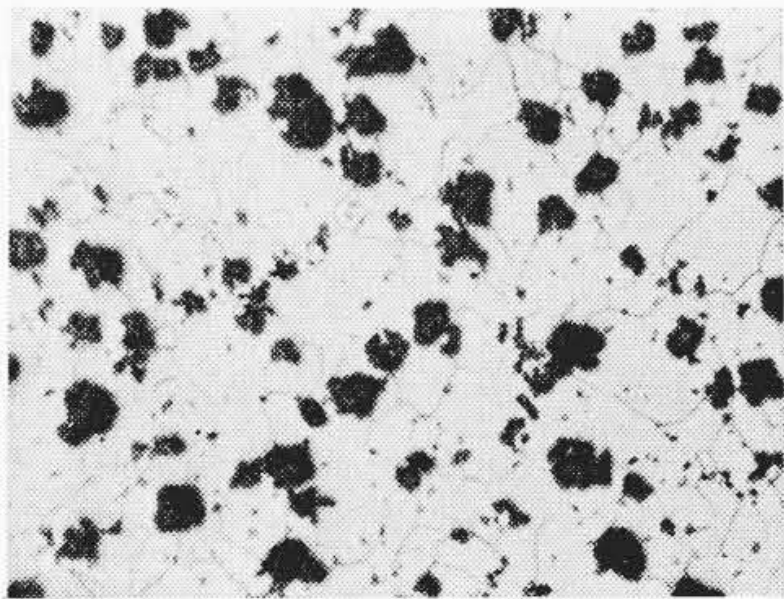
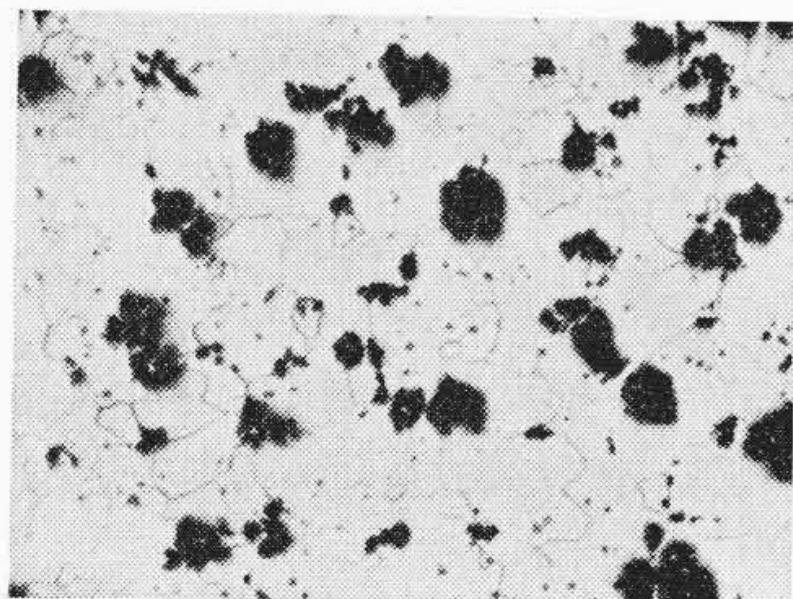
第2表 試 料 内 容

項目 試料		化 学 成 分 (%)							硬 度				機械的性質		熱 処 理		備 考
									ブリネル硬度		フェライト地		引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)			
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Te	平 均	範 囲	平 均	範 囲					
標 準 形	No.1	(2.28) 2.56	1.22	0.43	0.118	0.055	0.037	—	106	101~114	130	121~135	36.2	13.8	900~950℃ 700~780℃	12時間 22時間	
	No.2	(2.50) 2.83	1.33	0.47	0.122	0.058	0.040	—	115	113~117	142	135~147	34.6	13.1	900~950℃ 700~780℃	12時間 22時間	
	No.3	(2.54) 2.86	1.53	0.40	0.120	0.057	0.040	—	117	115~118	145	143~148	35.6	12.6	900~950℃ 700~780℃	12時間 22時間	
	No.4	(2.33) 2.57	1.57	0.39	0.015	0.057	0.038	—	123	121~125	154	146~162	38.4	14.7	900~950℃ 700~780℃	12時間 22時間	
白 緑 形		2.55	1.22	0.41	0.017	0.059	0.036	0.02	222	207~236	—	—	—		900~950℃ 700~780℃	9時間 17時間	白緑厚さ 1.1~1.7mm
霜 降 形		2.55	1.22	0.41	0.017	0.059	0.036	0.02	160	151~168	—	—	—		900~950℃ 700~780℃	9時間 17時間	

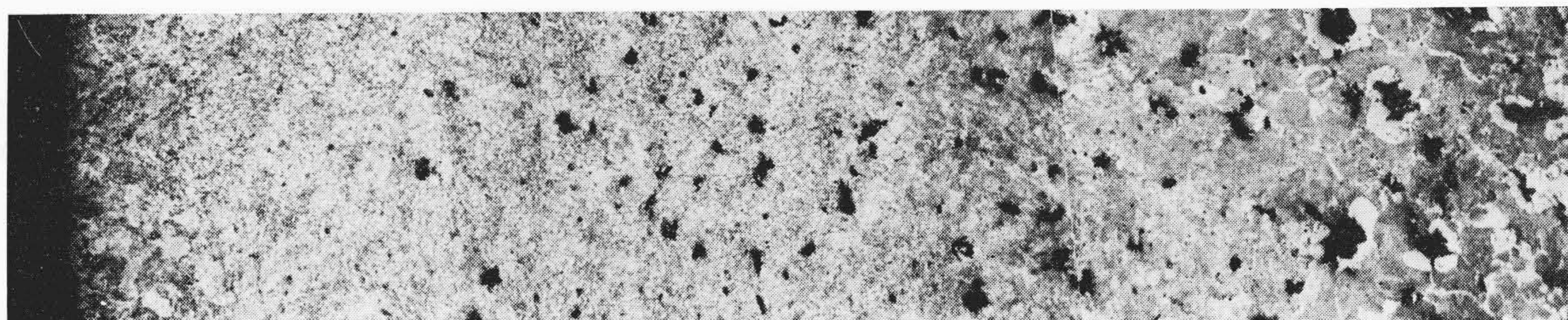
(注) フェライト地硬度はマイクロビッカース測定値をブリネルに換算したもので白縁形ではパーライト地の硬度
() 内数字は焼鈍後の分析値

第3表 試 験 結 果

標準形								白 緑 形		霜 降 形	
No.1		No.2		No.3		No.4		切削速度 (m/min)	寿命時間 (min)	切削速度 (m/min)	寿命時間 (min)
切削速度 (m/min)	寿命時間 (min)	切削速度 (m/min)	寿命時間 (min)	切削速度 (m/min)	寿命時間 (min)	切削速度 (m/min)	寿命時間 (min)				
135	1.35	143	2.16	140	1.35	130	2.15	52.5	1.98	71.6	2.17
130	3.73	131	4.66	131	3.12	119	7.48	40	8.38	67	5.4
121	7.5	113	16.3	119	9.9	109	16.0	35	24.2	53	18.6
110	12.0	100	33.2	110	15.7	99	30.1			52	20.8
97	29.9			99	31.6						



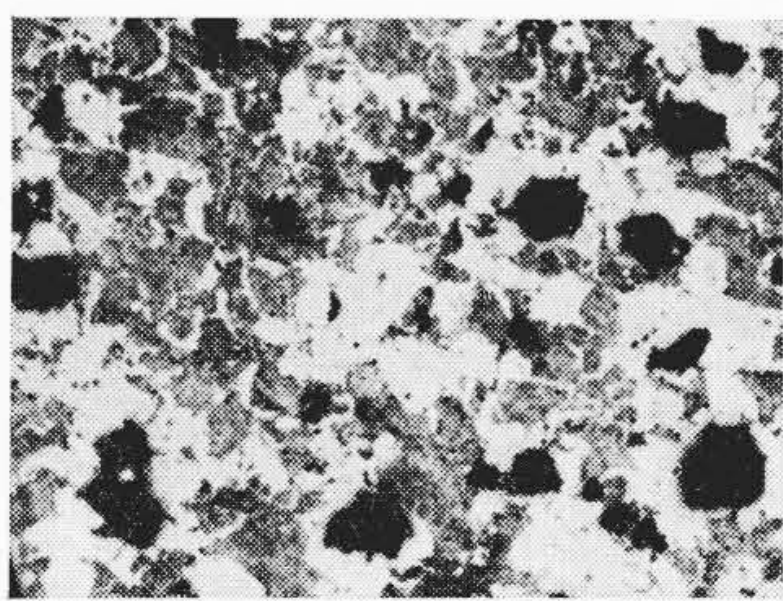
第5図(a) 標準形No.1(×44) 第5図(b) 標準形No.2(×44) 第5図(c) 標準形No.3(×44) 第5図(d) 標準形No.4(×44)



← 表面

第5図(e) 白 緑 形 (×44)

中心 →



第5図(f) 霜 降 形 (×44)

厚肉のものに、No.2は中程度の肉厚に、No.3は薄肉のものに相当し、No.4は特に引張強さを高くする場合に相当している。白緑形および霜降形は実際には多くの種類があるがこの試験では誇張して作った一種類の試料のみについて行なった。

硬度は全試料につき第3図の①～⑥の点につき測定したもので、フェライト地の硬度はマイクロビッカースで測定しブリネル硬度に換算したものである。機械的強度は各試料と同一溶湯で作ったJIS B 7702に規定する4号試験片にて試験したものである。

なお第2表の炭素量は白鋳にて測定したものであり、かっこをつけたものは焼鈍後分析したものである。

2.4 試 験 結 果

試験の結果を第3表に、またこれを両対数座標に描いたものを第6図に示す。なお表中の寿命時間は1～3回の実験の平均値である。

切削速度とバイト寿命の関係は一般に次式で表わされる。

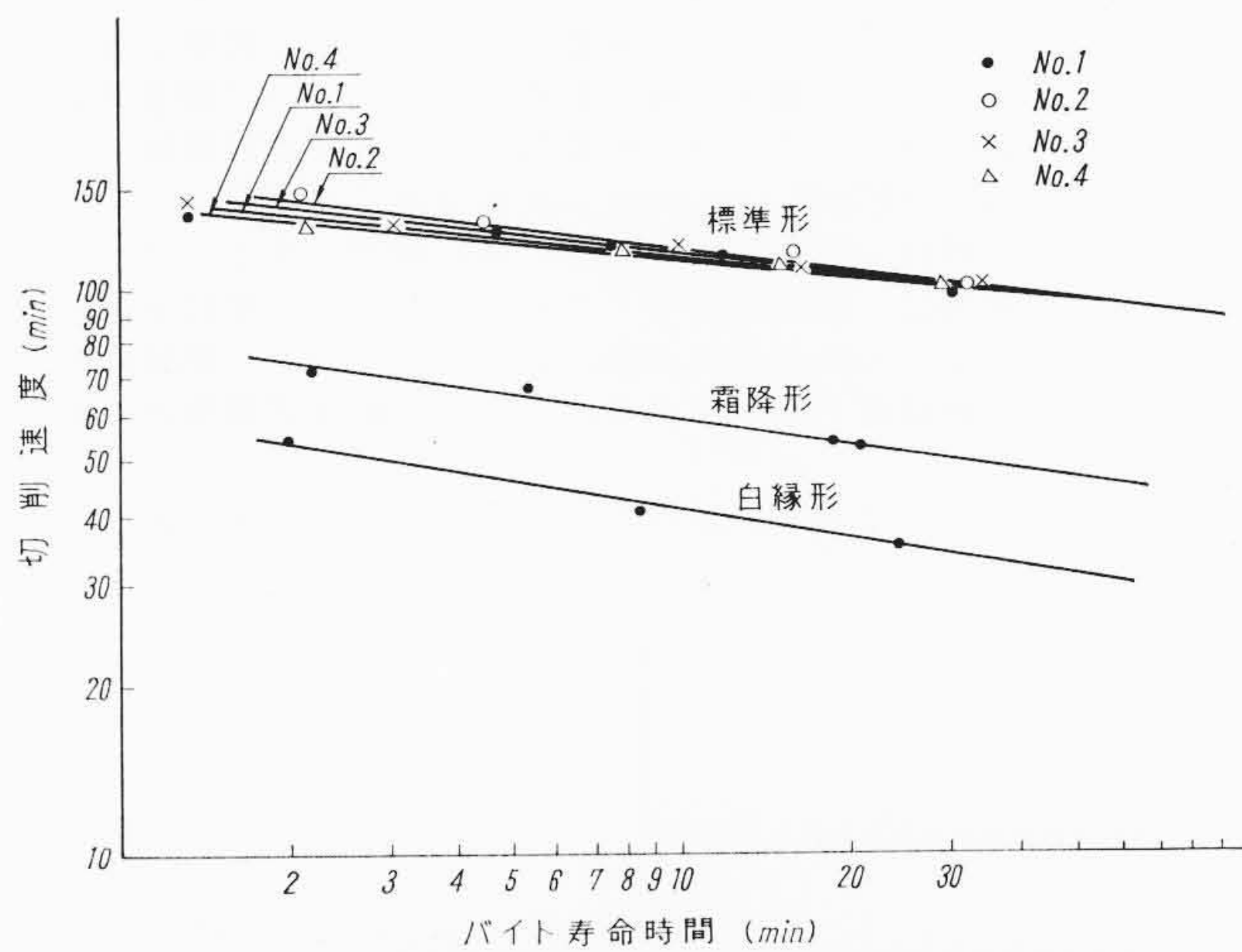
$$VT^n = C$$

ただし V: 切 削 速 度 (m/min)

T: 寿 命 時 間 (min)

C: 定 数

第6図の直線はこの関係により、試験結果を用いて回帰直線を求



第6図 切 削 速 度—寿 命 線 図

第4表 被 削 性 の 比 較

		V ₆₀ (m/min)	n	No.1のV ₆₀ を100とした比率
標準形	No.1	93	0.110	100 (%)
	No.2	94	0.129	101
	No.3	92	0.107	99
	No.4	94	0.101	101
白 緑 形		30	0.148	32.3
霜 降 形		45	0.151	48.4

めて描いたものである。被削性の比較はこの回帰直線より、バイトの寿命時間60分に対する切削速度を求め、これをV₆₀としてこれで比較するのが普通である。第4表にV₆₀の計算値のほかに前式のn、標準形のNo.1のV₆₀を100としたときの比率などを示す。

2.5 結 論

(1) 標準形について炭素およびケイ素量によって4種類の試料を作ったのは、炭素は多いほうが潤滑作用によって被削性を良好にすると考えられ、また、ケイ素は第2表でもわかるようにフェライト地をかたくするので被削性を低下させると考えられるので、それぞれの影響を試験したのであるが、結果は第4表に示すように V_{60} の比が 99~101% でほとんど差があらわれなかった。

(2) 白緑形、霜降形について同様の実験を行なったところ、標準形に比較し V_{60} の値が前者で 32%、後者で 48% とはなはだしく劣り、黒心可鍛鉄の被削性にはこれら不完全な組織のものの影響が大きいことがわかった。

(3) 黒心可鍛鉄の被削性に影響する要因としては、今回実施したものほかに、黒鉛の形状、大きさ、分布状態などが考えられ、今後の課題として残されている。

(4) バイトの形状、切り込み、送りなどは当工場の条件を考慮して定めたが、これは普通鉄鋼の中程度の加工に相当しており、金属の被削性は、それぞれの加工状態に適応した条件で比較すべ

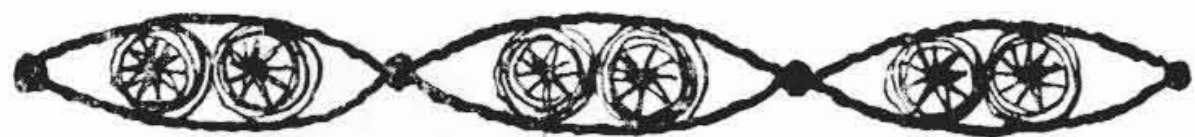
きものであろうが、加工条件が多少変わっても標準形では、炭素およびケイ素量によって差はでないと考えられる。

3. 結 言

従来黒心可鍛鉄の被削性については、標準組織のものについて成分の影響を確かめたものは見当たらない。この研究は、炭素およびケイ素が、理論的には黒心可鍛鉄の被削性に影響すると考えられるので、この配合を変えた4種類の試料について被削性の試験を行なったが、通常の成分範囲では差は認められなかった。このことは黒心可鍛鉄の被削性についての未知の面に一つの検討を加えたものとする。

参 考 文 献

- (1) たとえば F.W. Boulger ほか: Machining Theory and Practice., 73 (1950)
- (2) 南波, 橋本: 日立評論 24, 238 (昭 17-4)
- (3) 竹山: バイト切削試験法, 17 (1961)



新 案 の 紹 介



登録新案 第571914号

桜 木 義 祐

油 入 切 換 開 閉 器

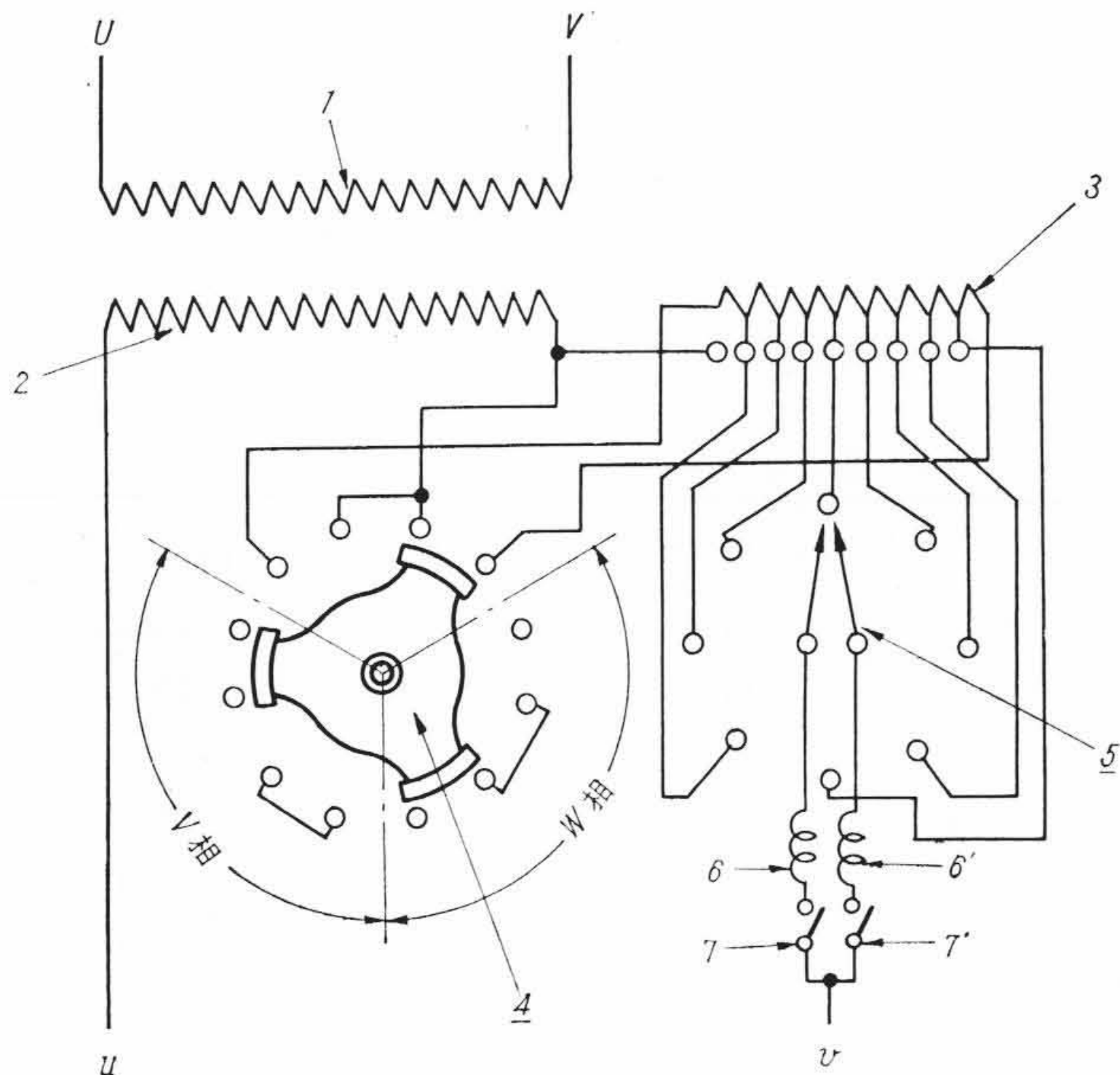
この考案は、切換開閉器の絶縁破壊事故を防止するようにしたものであり、第1図において、1は変圧器一次巻線、U、Vはその端子、2は低圧主巻線、3はタップ調整巻線、4は低圧調整巻線2とタップ調整巻線3とを接続する極性転換器、5はタップ調整巻線3の各タップ位置を選定するタップ切換器、6および6'は限流リアクトル、7、7'は負荷開閉器、u、vは二次巻線端子である。

油入切換開閉器は、切換動作ひん度の高い場合、あるいは長年の使用により接触部分、軸受部分などのしゅう動により摩耗金属粉が油中に散乱し、これら金属粉は次第に切換接触子の支持絶縁板面上に付着累積して絶縁耐力を低下させ、ついには絶縁破壊事故を起こす欠点があった。

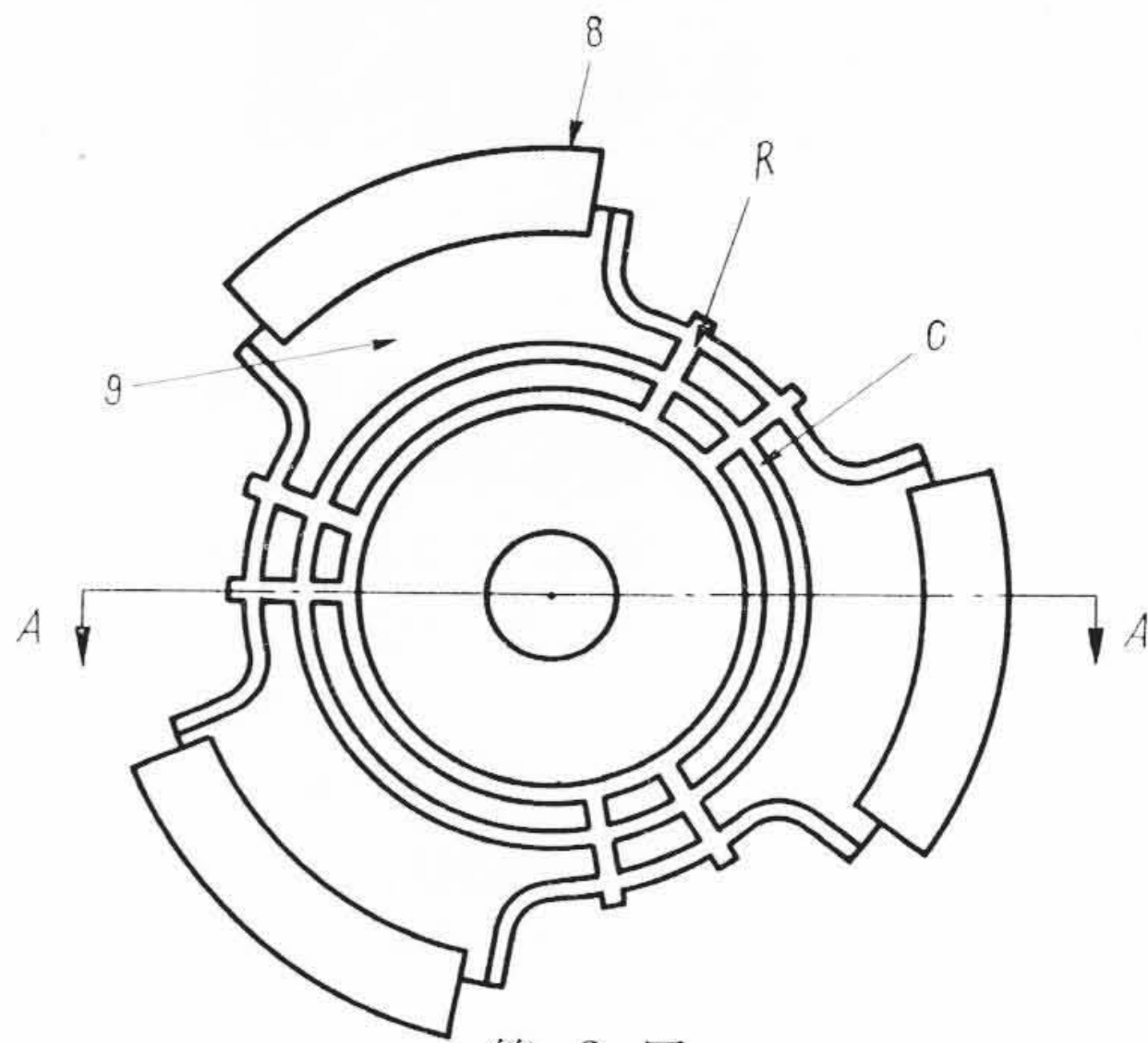
この考案は、この点にかんがみてなされたもので、第2図および

第3図に示す様に、各固定接触子間を短絡する各相の可動橋絡接触子8を配設した可動絶縁板9上に油流発生用突起Rおよび隔離用突起Cを形成したことを特徴とするものである。

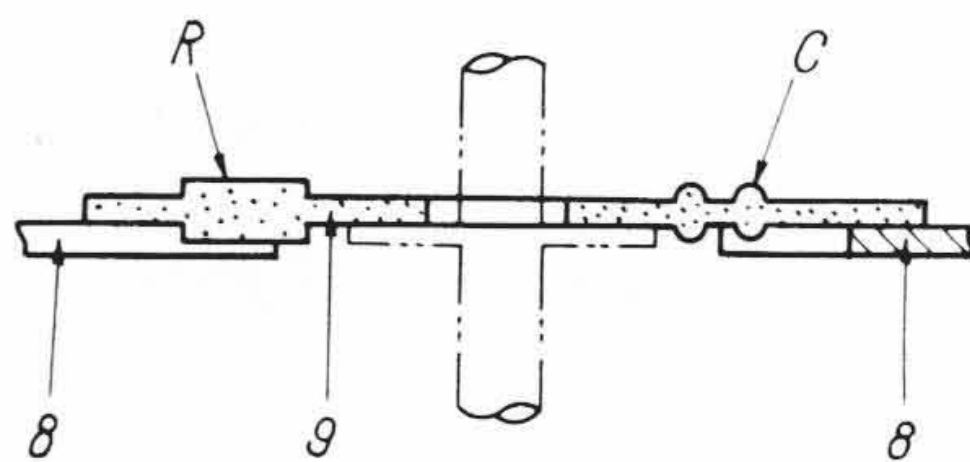
この考案によれば、タップ切換時あるいは極性転換時に、両絶縁板面間に油流を発生し、支持絶縁板面上に累積しようとする摩耗金属粉を絶縁板面より吹き離なすことができるから、絶縁耐力の低下を防止でき絶縁破壊を一掃することができる。(白 土)



第 1 図



第 2 図



第 3 図