

伸線用 WC ダイスの放電加工

Researches on the Electric Spark Machining of Tungsten Carbide Drawing Die

久 本 方* 柿 崎 公 男** 福 田 重 穂**

内 容 梗 概

本研究は、伸線用 WC ダイスの荒仕上加工に放電加工を応用し、ラッピング加工の欠点である形状精度をよくすることを目的として行つたものである。

実験は、異型ダイス用として電極振動型、丸孔ダイス用として電極回転型の実験装置を作製し、そのおのこのについて加工速度および電極の消耗比について比較検討した。実験の結果つぎのことがあきらかになつた。

(1) 振動型においては、電極消耗比が零となる放電条件が存在し、その条件では加工速度も極大となる。

(2) 回転型では、電極消耗比の零となる放電条件は存在するが、本実験の範囲内では加工速度が極大値をとる放電条件はみられない。また電極消耗比は振動型に比較してきわめて少く実用上無視される。

(3) 電極消耗比が零あるいはほとんど零となる放電条件が存在することは、これを実用することによりダイスの形状精度を向上できることおよび放電加工による倣い加工法の可能性を示唆している。

(4) 放電条件を適宜選ぶことにより、ラッピング加工面に匹敵した表面粗さがえられる。

以上の結果放電加工法は伸線用 WC ダイスの荒仕上加工法として十分所期の目的を果しうるものであることを知つた。

〔I〕 緒 言

近時加工度の高い電線の需要が高まるにともない、電線の導体寸法も順次精度の高いものが要求されるようになってきた。それには精密な寸法と形状をもつた伸線用ダイスを安価に入手または自給することが先決問題である。

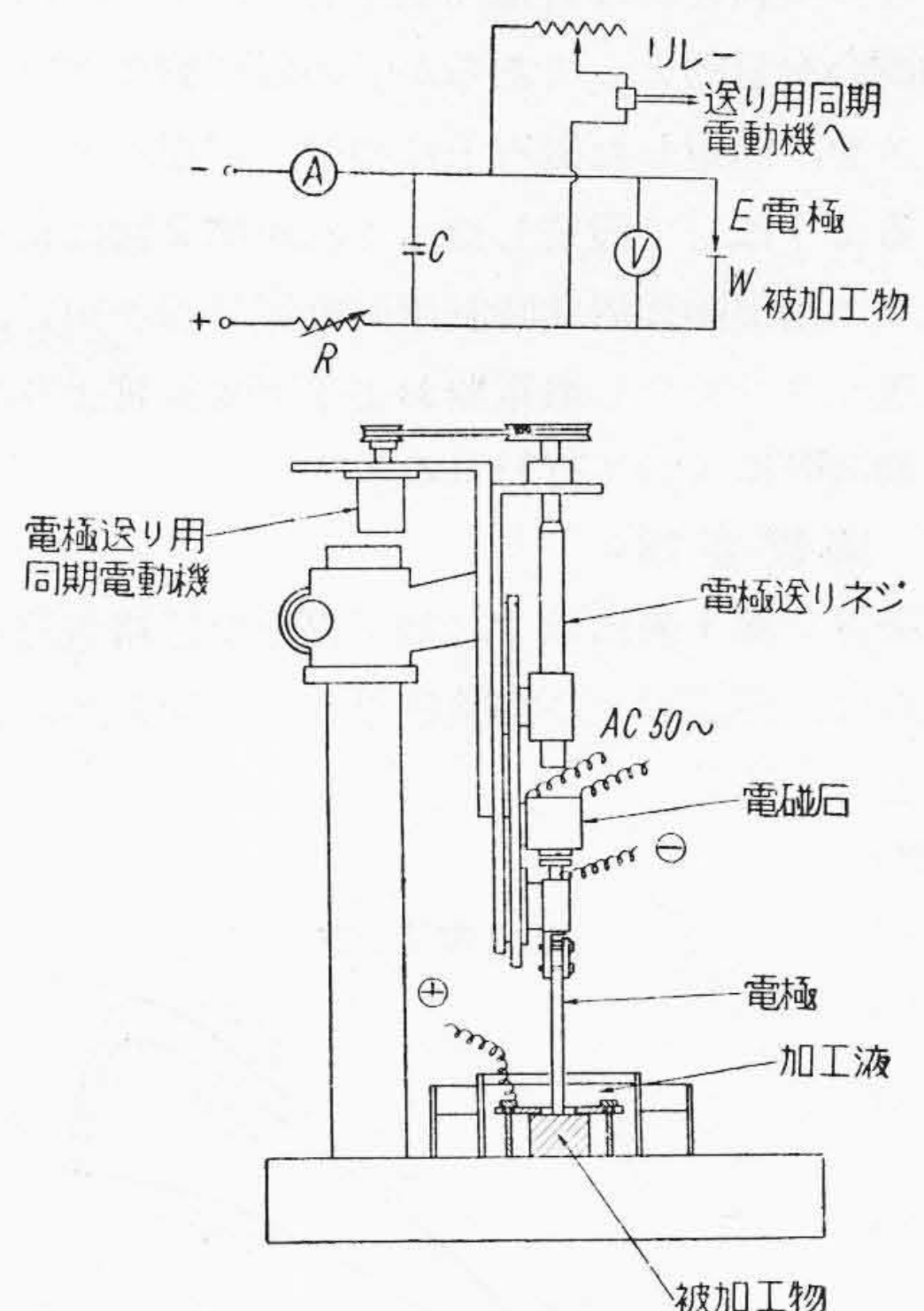
一方ダイス用材料としては細物伸線にはダイヤモンドダイスが、中物および太物伸線には WC (タングステンカーバイド、超硬質合金) ダイスを用いることが常識となり近頃では異型伸線にも WC ダイスが考えられるようになってきた。本論文においては放電加工を応用した WC ダイスの加工法について述べる。

伸線用 WC ダイスは、従来主としてラッピング工作法によつて加工されている。ラッピング加工は、仕上り寸法精度の点ですぐれているが、加工速度およびダイスの形状精度に満足しにくい欠点をもっている。特に形状精度がえがたいのは、荒ラップ工程におけるラップ棒の磨耗が原因であり、ダイス管理上の一隘路となつている。

本研究はこうした現状に対処するため、近年研究^{(1)~(5)}ならびに実用面において長足の進歩をとげつつある放電加工法をとりあげ、その最適加工条件を見出すとともに、ラッピング加工にかわる加工法として実用できるかどうかについて検討するために行つたものである。

* 日立電線株式会社電線工場 工博

** 日立電線株式会社電線工場



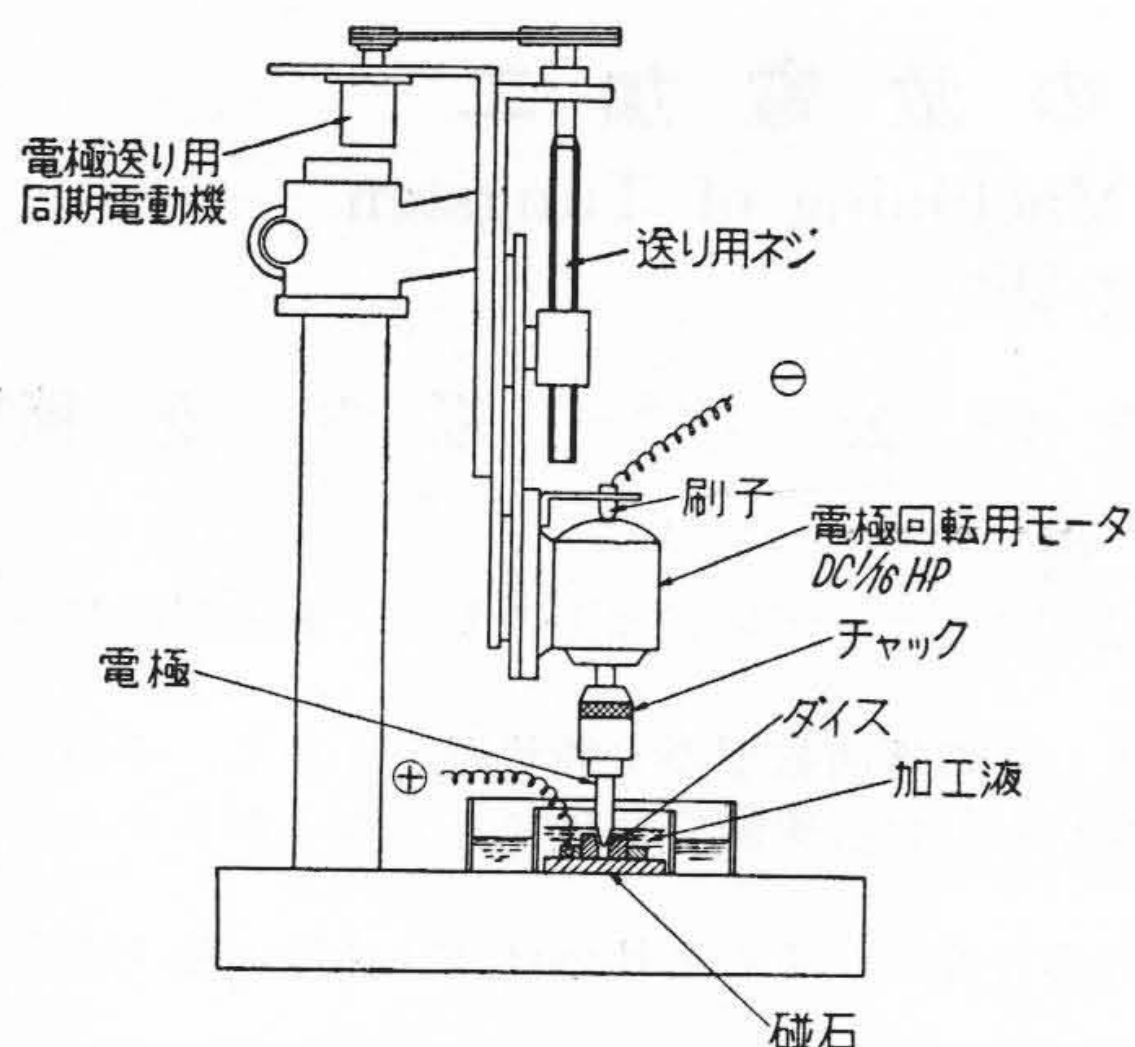
第1図 電極振動型放電加工装置の概要および回路説明図

Fig. 1. Schematic Diagram of Vibration Type Electric Spark Machine and It's Circuit

〔II〕 実験装置および実験要領

(1) 実験装置

伸線用ダイスの孔型は、その目的とする製品の断面形状によつて定められ、異型および丸孔ダイスに大別される。放電加工を行う際にはこの点を考慮した装置を用いなければならない。異型ダイスの放電加工はすでに当工

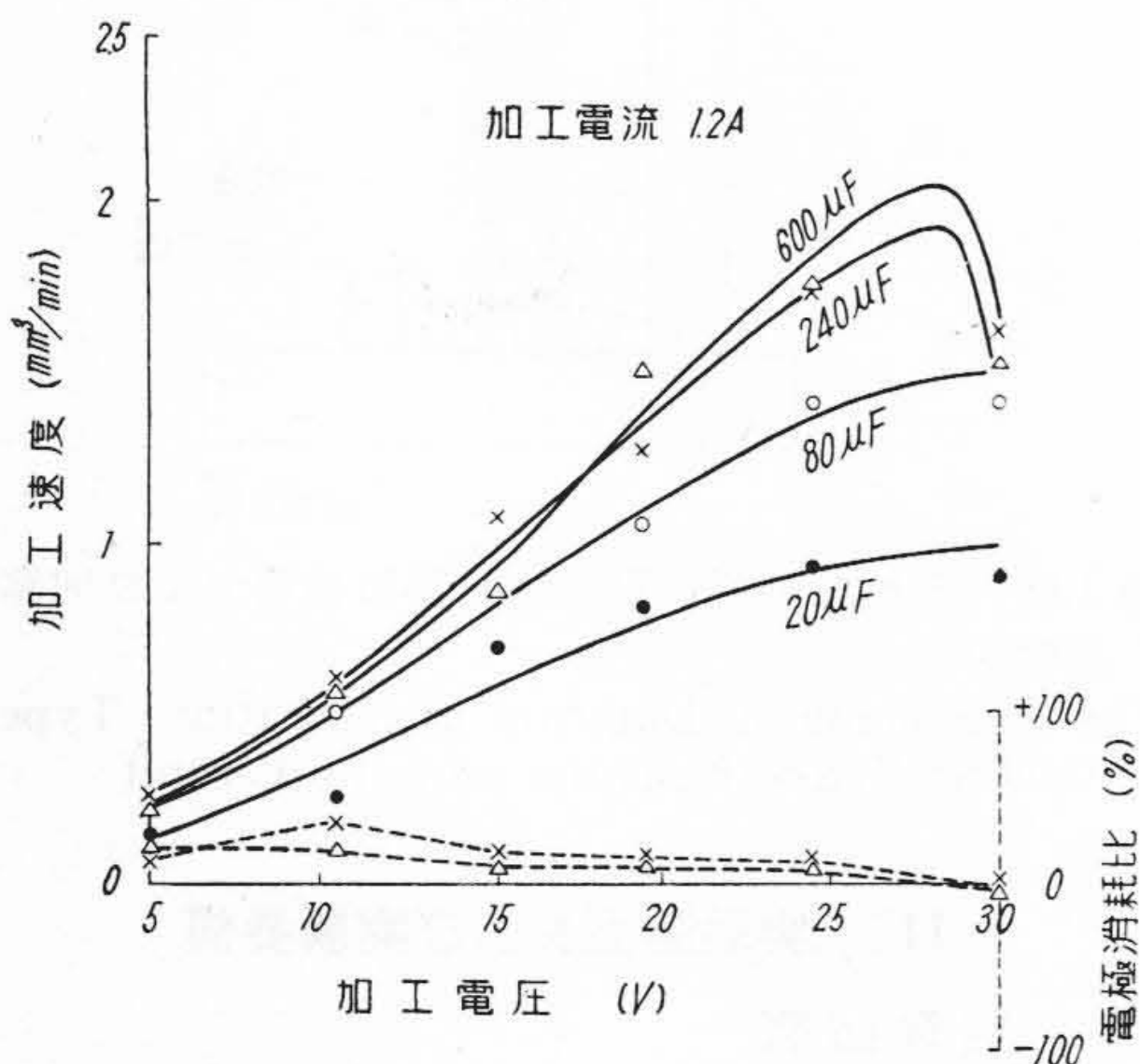


第 2 図 電極回転型放電加工装置の概要
Fig. 2. Schematic Diagram of Rotation Type Electric Spark Machine

場において実用化されているので、今回はその最適加工条件を検討するに止めた。したがってその実験装置は現用機と同じ電極振動型 RC 回路とした。これを第 1 図に示す。丸孔ダイスの放電加工は特に真円精度が問題となるのでこの実験装置は電極回転型とし、ダイスの保持法は自動調心を目的としてあらかじめ陽極側にグリップしたダイスを、固定した磁石上にのせ、電極をダイス孔に挿入するようにして設定した。これを第 2 図に示す。電極の送りは両実験装置共時計用同期電動機を用い、プーリーと送りネジを介し継電器および可変抵抗よりなる簡単な自動制御によって行われる。

(2) 実験要領

実験条件を第 1 表に示す。加工電流を短絡電流の 60% にしたのは、理論および実験結果⁽⁶⁾より明らかにされていることによる。



第 3 図 加工電圧と加工速度ならびに電極消耗比との関係
Fig. 3. Relation between Working Voltage, Working Speed and Electrode Consumption Ratio

第 1 表 WC ダイスの放電加工実験条件
Table 1. Experimental Conditions of Electric Spark Machining of Tungsten Carbide Drawing Die

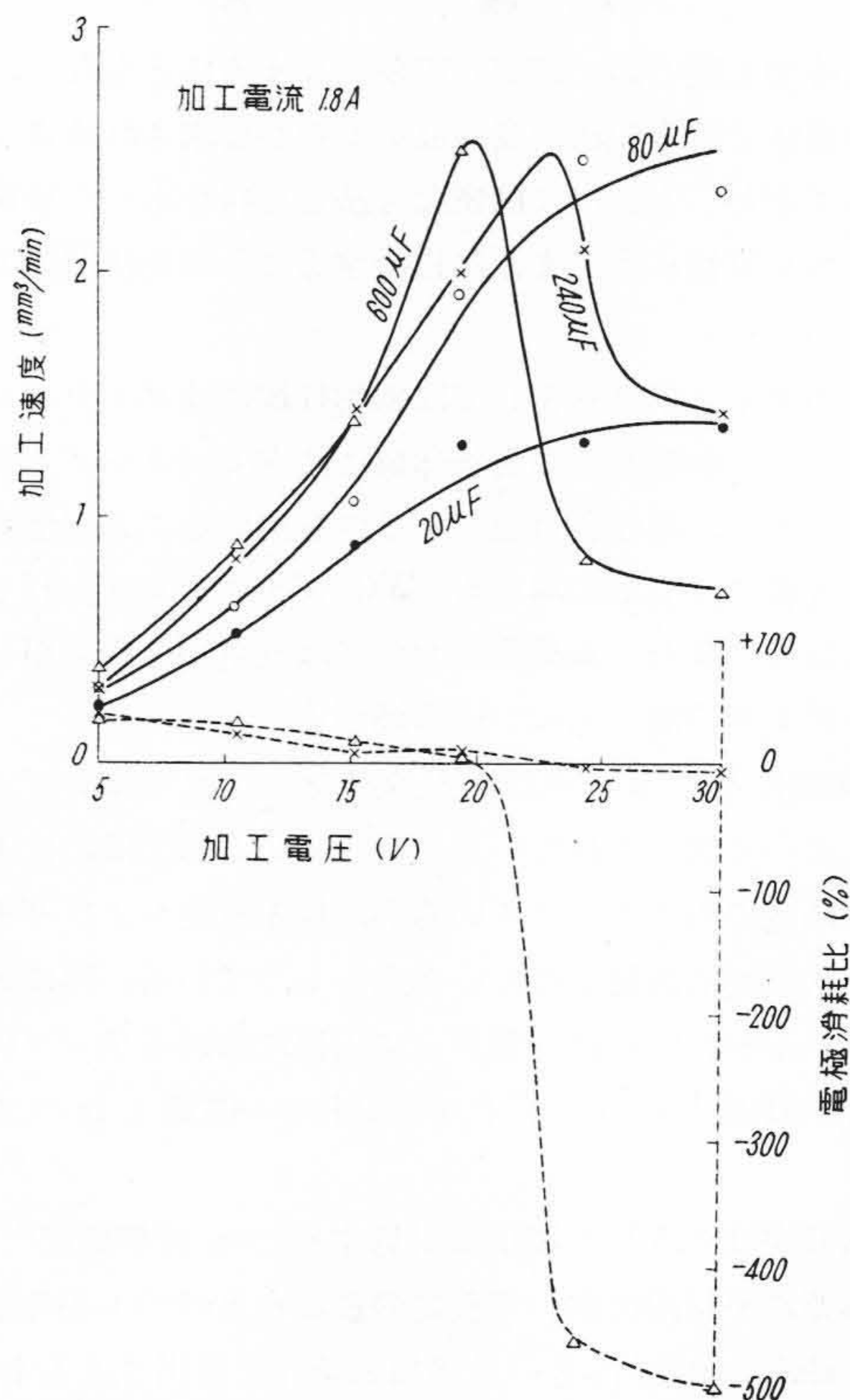
項目	電 極 振 動 型	電 極 回 転 型
被加工材	WC チップ	WC ダイス, WC チップ
電 極	Cu, 3 mm φ	Cu, 15 mm φ 先端角 60° (全角), 6 mm φ
蓄 電 器	ペーパーおよびオイルコンデンサー 20, 80, 240, 600 μF	ペーパーおよびオイルコンデンサー 80 μF, (1, 2, 3, 4, 8 μF)
加工電圧 (極間電圧)	5, 11, 15.5, 19, 24, 30V	7~50V
短絡電流	2, 3, 4, 5A	5A (1.2, 1.5, 3.2A)
加工電流	各短絡電流の 60%	3A (短絡電流の 60%)
加工液	水	水, 軽油
加工時間	10 min	10 min

注: () 内の数字は軽油を加工液とした実験条件を示す。

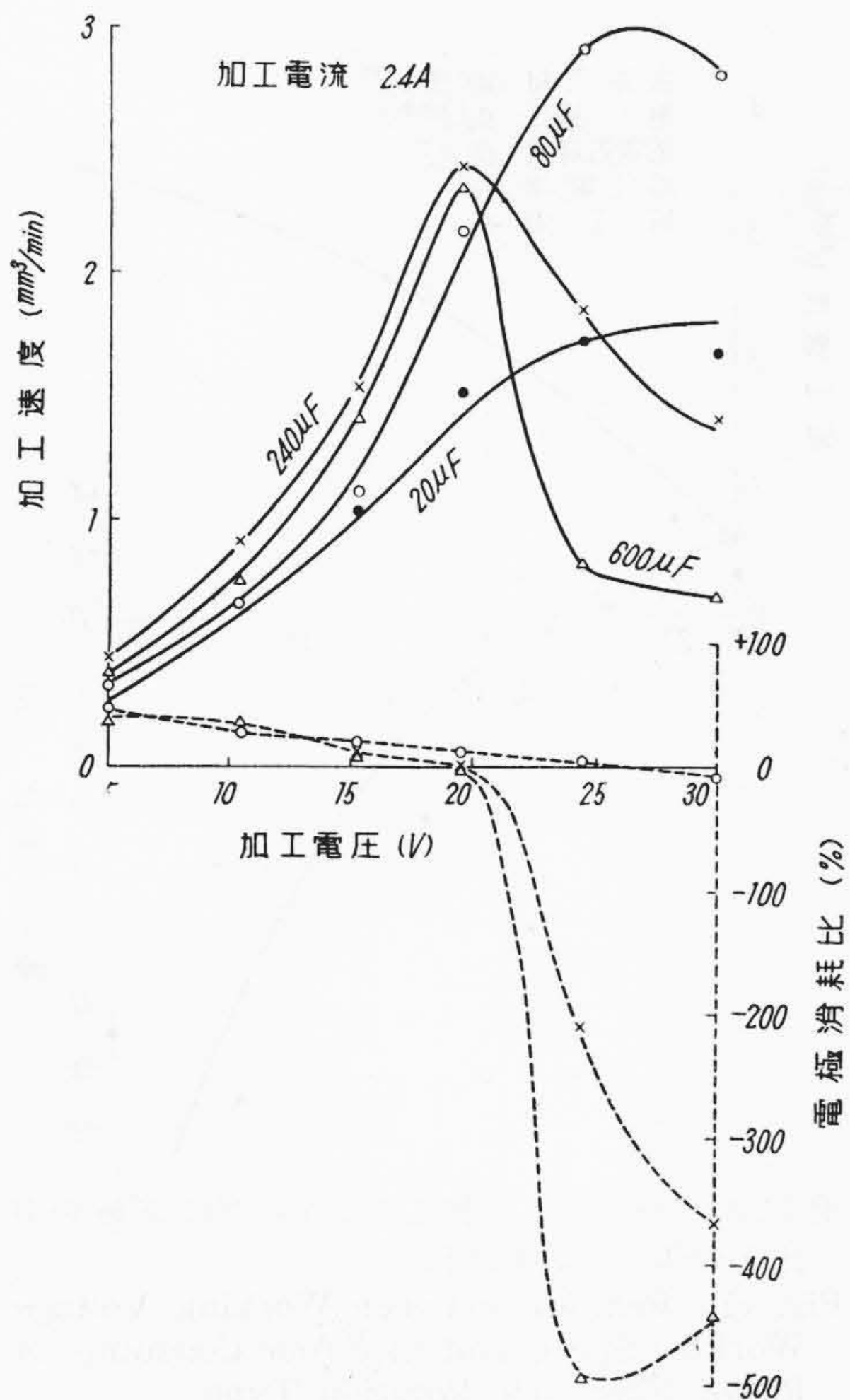
加工量および電極消耗量は、それぞれの加工前後における重量を化学天秤によつて求め、加工速度は単位時間当りの平均値をもつて表わすことにした。また電極消耗比はつぎのようにして表わす。

電極消耗比

$$= \frac{\text{加工前の電極体積} - \text{加工後の電極体積}}{\text{加工前のダイス体積} - \text{加工後のダイス体積}} \times 100$$

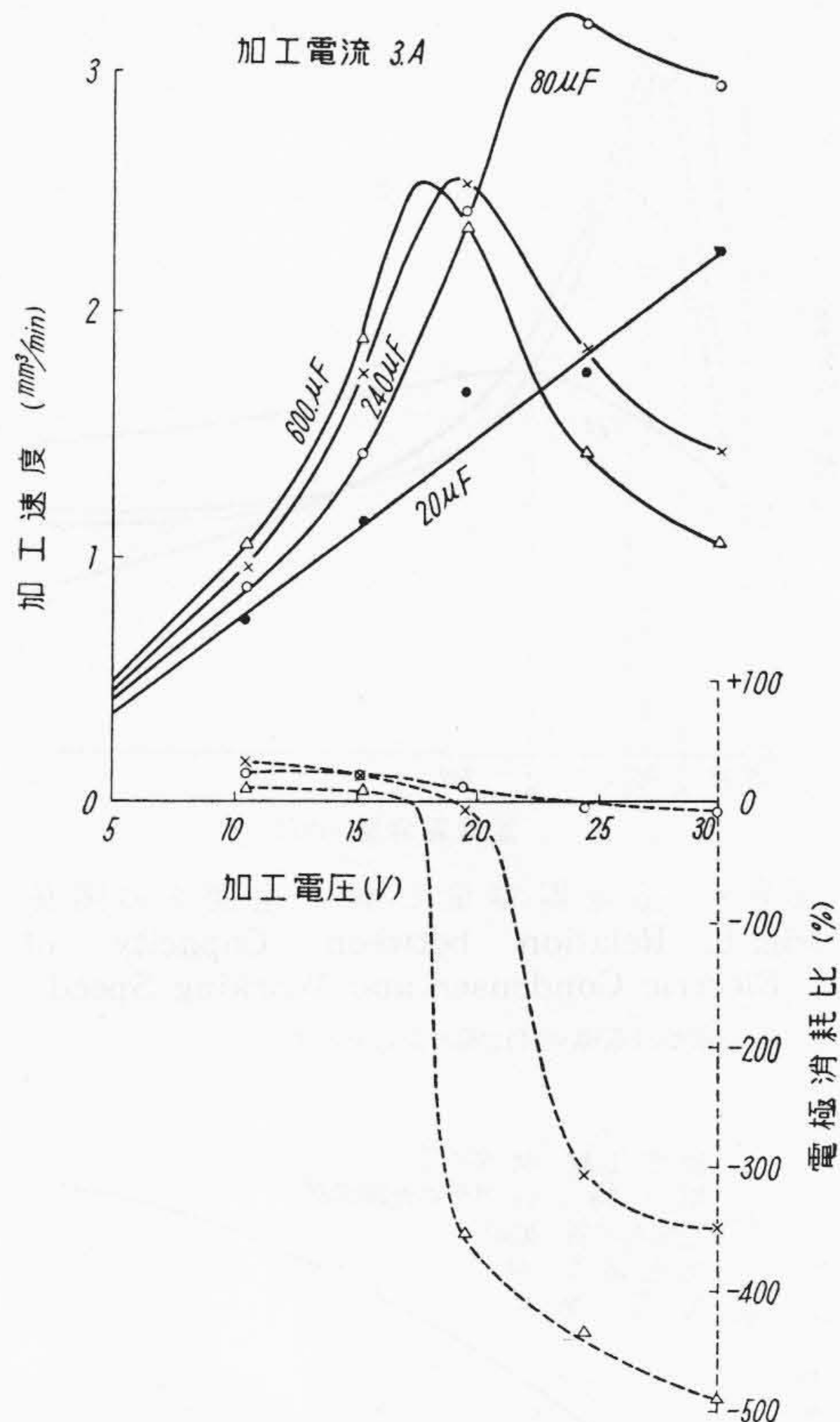


第 4 図 加工電圧と加工速度ならびに電極消耗比との関係
Fig. 4. Relation between Working Voltage, Working Speed and Electrode Consumption Ratio



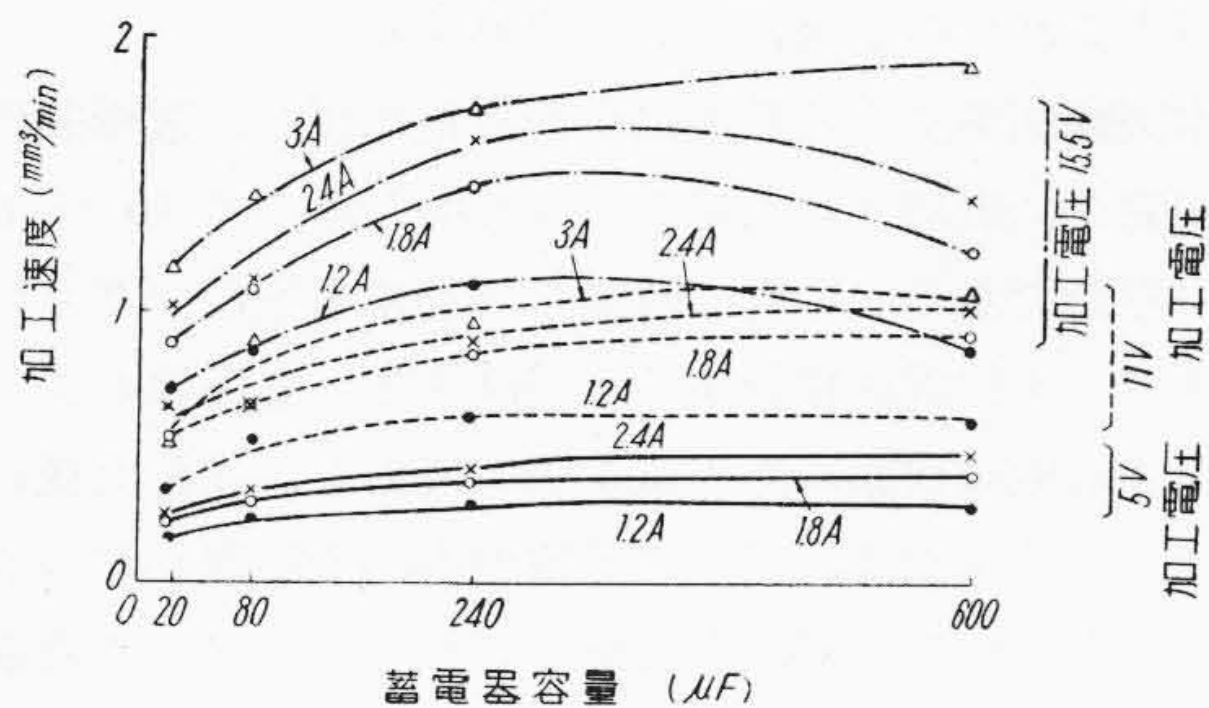
第5図 加工電圧と加工速度ならびに電極消耗比との関係

Fig. 5. Relation between Working Voltage, Working Speed and Electrode Consumption Ratio



第6図 加工電圧と加工速度ならびに電極消耗比との関係

Fig. 6. Relation between Working Voltage, Working Speed and Electrode Consumption Ratio

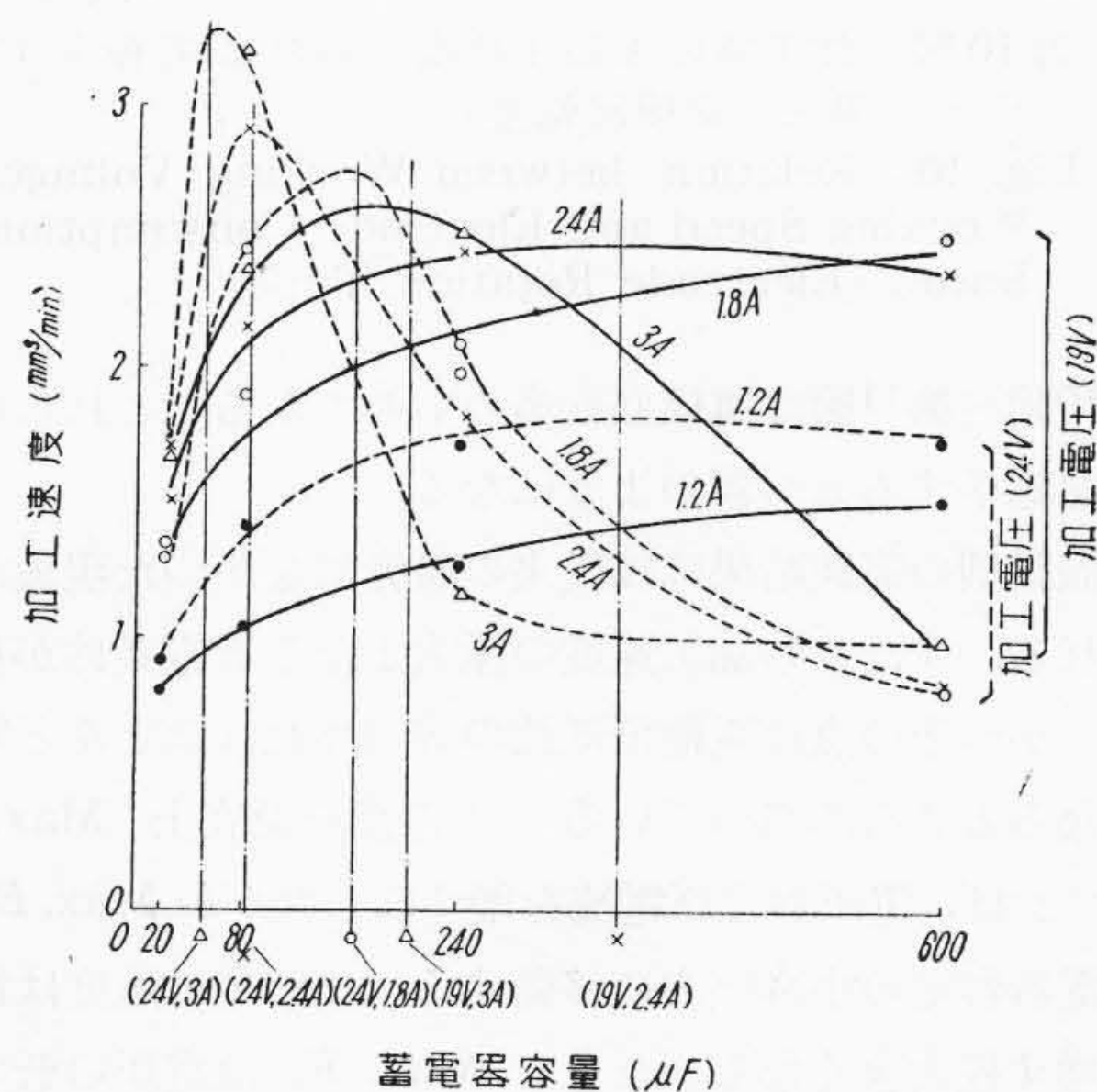


第7図 蓄電器容量と加工速度との関係
Fig. 7. Relation between Capacity of Electric Condenser and Working Speed

これは電極重量が常に減少するとは限らず、W が付着して増加する場合もあるので、プラスの場合には W の体積に換算して加工体積との比をもとめなければならないからである。

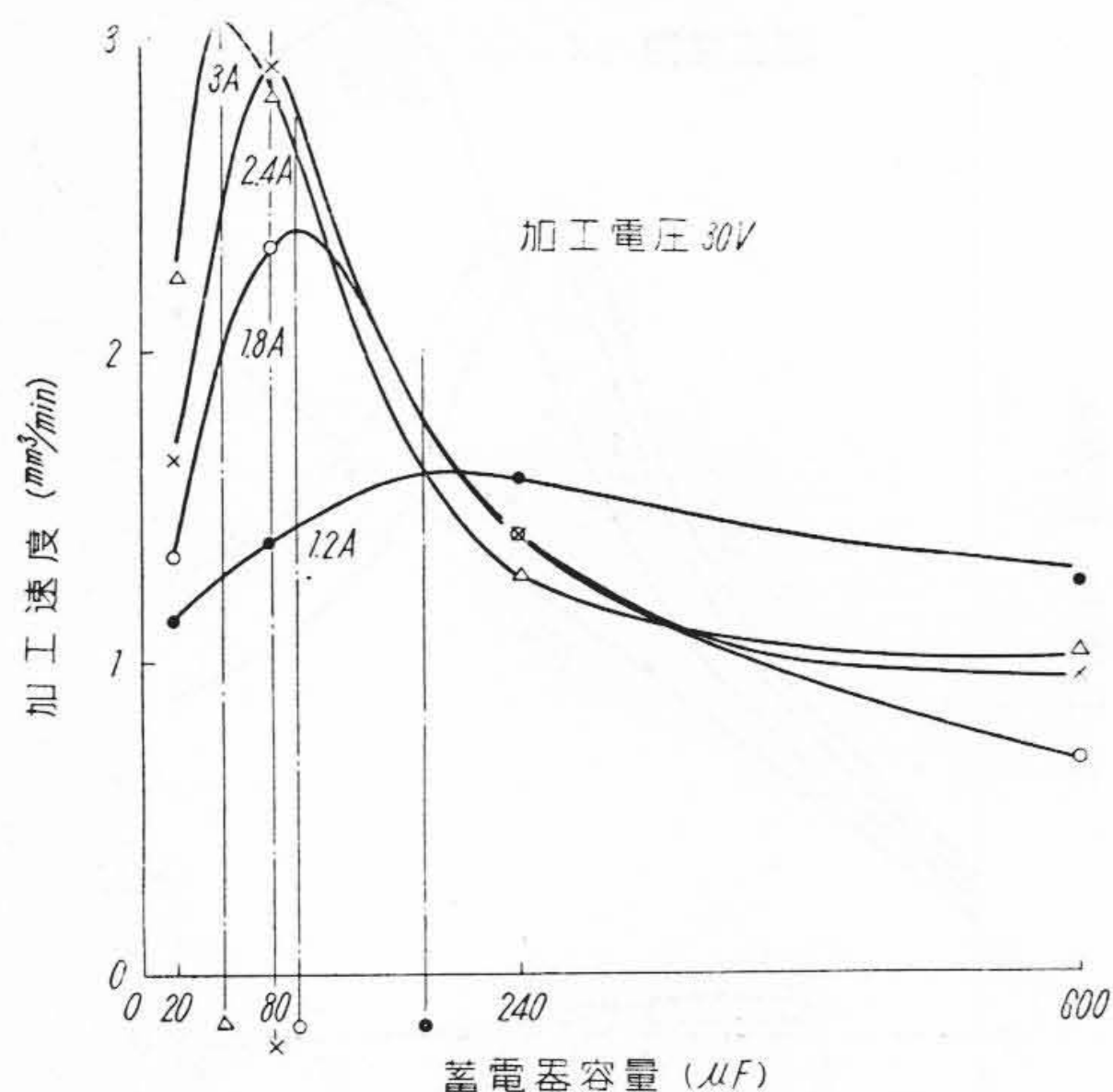
[III] 実験結果とその考察

以上の要領で行った実験結果を第3図～第11図（次頁参照）に示す。第3図～第9図（次頁参照）は振動型、



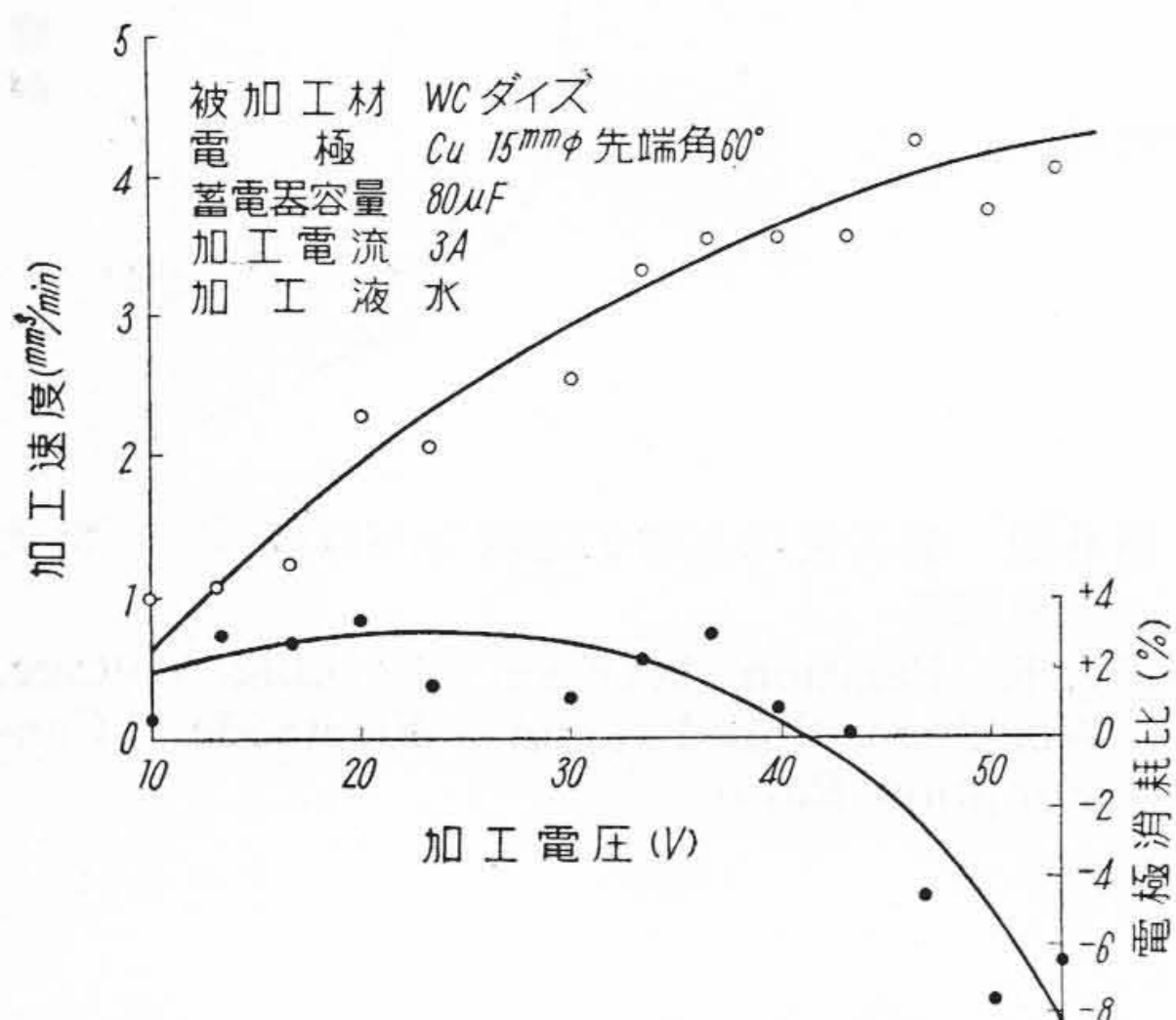
第8図 蓄電器容量と加工速度との関係
Fig. 8. Relation between Capacity of Electric Condenser and Working Speed

注：鎖線は電極消耗比零の位置を示す。



第 9 図 蓄電器容量と加工速度との関係
Fig. 9. Relation between Capacity of Electric Condenser and Working Speed

注：鎖線は電極消耗比零の位置を示す。



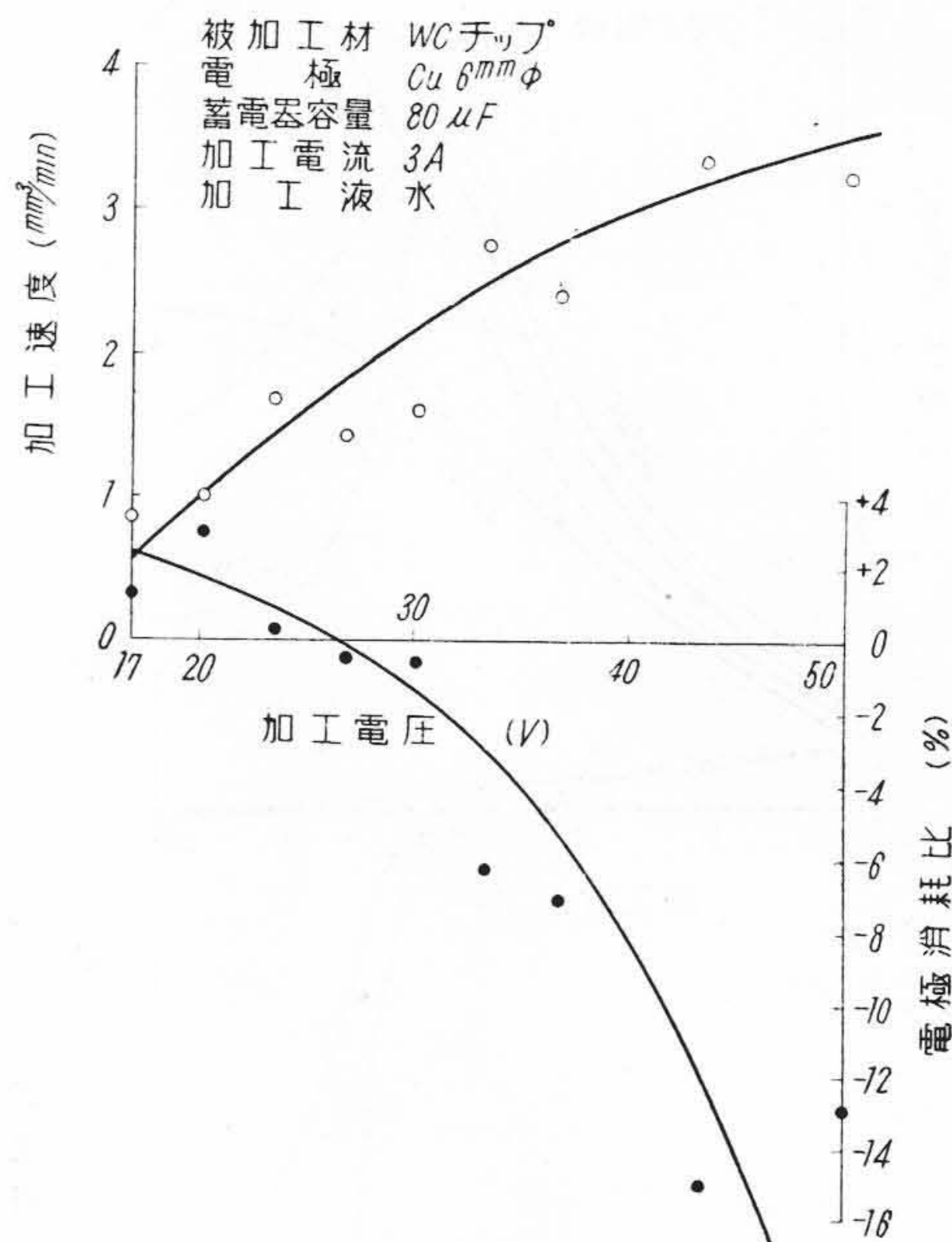
第 10 図 加工電圧と加工速度ならびに電極消耗比との関係 (電極回転型)

Fig. 10. Relation between Working Voltage, Working Speed and Electrode Consumption Ratio. (Electrode Rotation Type)

第10図～第11図は電極回転型のものである。これらの結果を総括するとつぎのようになる。

振動型の実験結果には従来の研究になかった現象が見られる。すなわち加工速度の極大となる放電条件が存在し、かつその点は電極消耗比の零 (またはほとんど零) となるところに当っている。この点を便宜上 $\text{Max. } E_0$ とすれば、電圧および電流を増すにしたがい $\text{Max. } E_0$ は蓄電器容量の小さい方に移動する。また加工速度は電流が増す程大きくなる。たゞし $\text{Max. } E_0$ は電圧の低い方に移動する。

つぎに電極回転型においては、本実験の範囲内で $\text{Max. } E_0$ は見当らず、加工速度は電圧の上昇とともにゆるい傾斜をもつて増加する傾向がある。また電極消耗比が零



第 11 図 加工電圧と加工速度ならびに電極消耗比との関係 (電極回転型)

Fig. 11. Relation between Working Voltage, Working Speed and Electrode Consumption Ratio. (Electrode Rotation Type)

となる点は存在するが、その消耗が+側にしろ-側にしろ実用上問題とならない程度である。なお実験値のバラッキが目立っている。

以下これらの結果について考察する。

本実験回路による放電は火花放電に属し、電極間の絶縁が完全に破壊された場合の過渡的なもので $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 秒の寿命である。これは時間の経過にともないグローまたはアーク放電に移行するか消滅する。本実験のように半導体的絶縁状態にある水を加工液とし、比較的低い電圧で行う放電では、アーク放電の占める時間が割合多いものと思われる。Cu を陰極とした場合のアーク放電は電界放射型であり水素ガスの存在下では陰極側の異常消耗が現われる⁽⁷⁾。たゞしこれはアーク柱の長い場合であり、一般の火花放電加工のようにアーク柱の欠如した状態では異常消耗は陽極側に起る。本実験を観察するに放電中は盛んに気泡を発生して水面に浮んでくる。これは水の電解作用と放電による高熱のため酸素と水素とに分解されるためと考えられる。水蒸気の場合は冷水を通つて表面に気泡が浮んでくることはほとんどないであろう。

そこで振動型の実験結果についてつぎのように考える。電圧の低い場合は極間距離は小さくアーク柱のきわめて短い場合に属し、WC (陽極) 側が消耗し電圧の上

升とともに(放電エネルギーの増加)その量は増加する。他方極間距離も長くなるわけでアーク柱も伸びてくると思われる。そしてある電圧(放電エネルギー)に達して異常消耗の極性が逆転し、その点を境として加工速度は低下し、電極が消耗し始めるものと思われる。陰極側に W が付着するのはスパークによる蒸着ばかりでなく、高熱下における電解作用によるものと考えられる。(この現象は蓄電器の種類によつて変らない) アルコールにも蒸着現象が見られるが、油を加工液とした場合には放電条件のいかにかわらずこうした現象はみられない。恐らくノンポーラーな加工液では電解が起きにくいためであろう。

電極回転型では加工速度極大となるところがなく、電極消耗比も至つて少ない。これは電極が回転するためアーク柱の成長が抑えられること

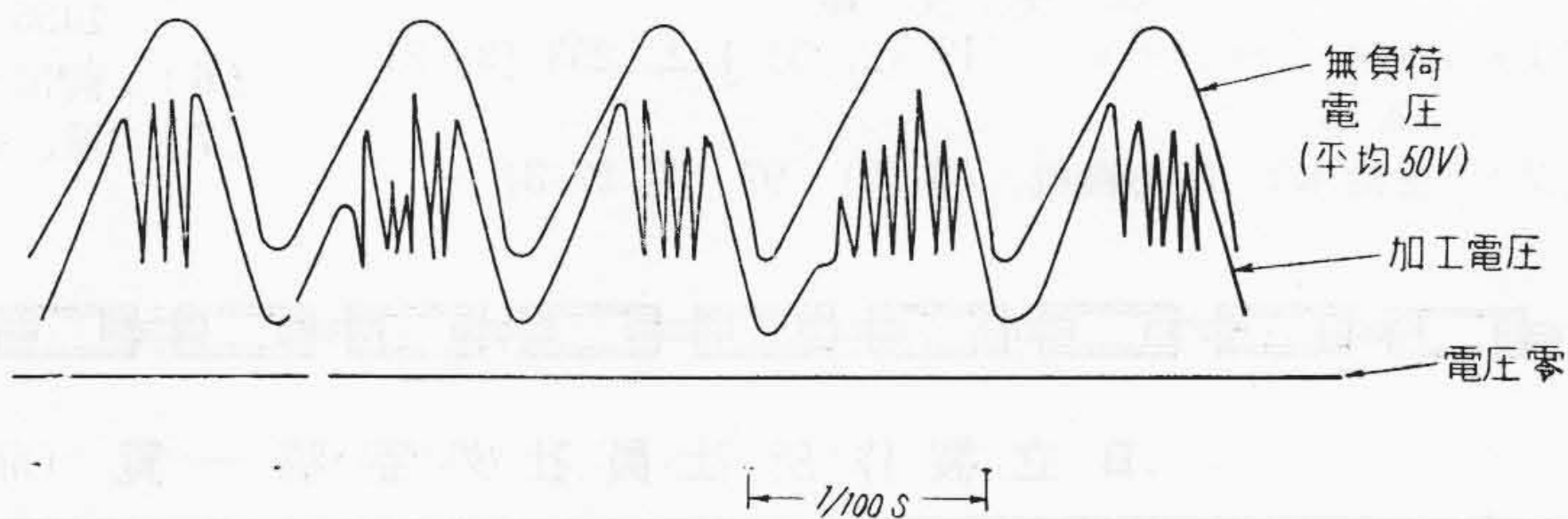
——回転によつてアークが切れる——および電極の偏心($1/100 \sim 3/100$ mm)に基き平均極間距離が本実験の電圧範囲では余り変らないためと思われる。振動型に比べて実験値がばらついているのもこの偏心によるものと思われる。つぎに WC ダイスと WC チップの電極消耗比が零となる条件がことなるのは材質の差異(タンガロイおよび不二工業)に基くもので、電極形状そのほかによるものではないようである。これは振動型と回転型(第6図と第11図)を比較すればわかる。すなわち同一被加工材質ではことなる電極形状および加工法でありながら電極消耗比が零となる電圧はほぼ一致している。第12図、第13図はオシログラフによる放電電圧の変化を測定した例である。原波形は脈流が大きいので完全な直流を用いることにより現在より加工速度を増すことができるものとする。なお回転型は短絡が多いので偏心はできるだけ取除くことが必要である。

放電加工条件とダイス表面粗さに関する詳細は次回に譲ることとするが、回転型における表面粗さは電圧を低く蓄電器容量を小さくすれば $2 \sim 3 \mu$ 程度となり荒ラップ面に匹敵する。また同様な条件で軽油を用いれば半光沢面がえられる。ただし加工速度がおとるので加工を二段階に行えばよい。

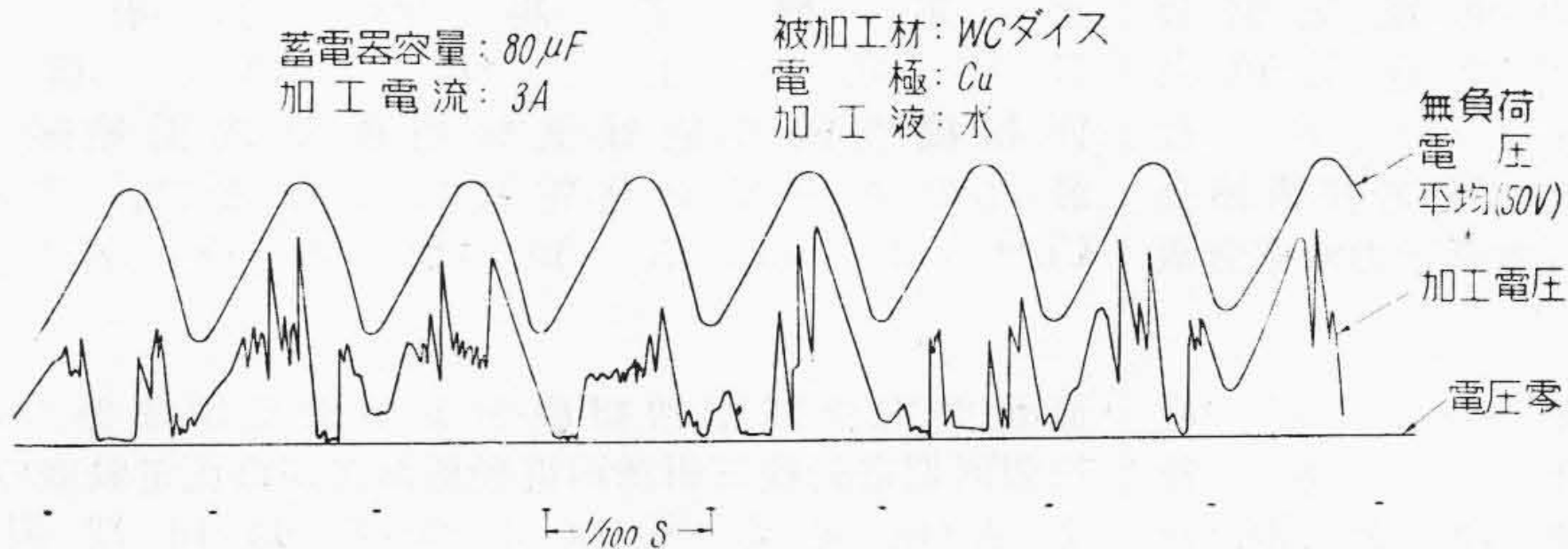
電極回転型の加工速度はラッピング加工と比較して約2倍位になつている。

蓄電器容量: $80 \mu F$
加工電流: $3A$

被加工材: WCダイス
電極: Cu
加工液: 水



第12図 放電電圧の変化(振動型)
Fig. 12. Change of Working Voltage. (Vibration Type)



第13図 放電電圧の変化(回転型)
Fig. 13. Change of Working Voltage. (Rotation Type)

〔IV〕 結 言

以上を総括するとつぎのようになる。

(1) 水を加工液とした WC ダイスおよびチップの加工においては、電極消耗比が零となる放電条件が存在する。これは、電極形状をそのまま被加工物にうつすことができダイスの形状精度を向上させることができる。また倣い加工へ応用できるであろう。

(2) 電極振動型においては、加工速度極大となる条件と電極消耗比が零となる条件は一致する。加工速度は放電加工として早い方ではないが、異型孔の穿孔はラッピングに比較してはるかに早い。

(3) 電極回転型においては加工速度は電圧の上昇とともに増すが傾斜が緩かで一般の放電加工速度の形態とおもむきをことにする。電極消耗比はきわめてわずかで実用上無視できる。したがって丸孔ダイスの荒加工に適用することができる。ただし電極の偏心に注意しなければならない。表面粗さは放電条件を適当に選ぶことによりラッピング加工の荒仕上面よりすぐれた面をうる可能性がある。回転型における加工速度はラッピングの約2倍程度であるが現場的には十分である。

最後に本研究実施に当り貴重な御助言と御討論を戴いた東京大学倉藤尚雄博士を始め放電加工委員会の方々な

らびに実験に協力された大須賀, 阿部, 茅根, 大竹の諸君に厚く御礼申上げる。

参 考 文 献

- (1) 倉藤: マシナリー 19 (2, 3) 142, 253 (昭 31-2, 3)
 (2) 左治木: 精密機械 18 (3) 97 (昭 27-3)

- (3) 鳳: 精密機械 19 (6) 213 (昭 28-6)
 (4) Machinery: 85 (2181) 488 (Sept., 1954)
 (5) H.V. Harding: Wire & Wire Prod., 29 (12) 1435 (Dec., 1954)
 (6) 前田: 精密機械 19 (9) 332 (昭 28-9)
 (7) 鳳, 倉藤: 放電加工 18 (昭 29 コロナ社)

日立製作所社員社外寄稿一覧 (昭和31年7月受付分)

寄 稿 先	題 目	執筆者所属	執 筆 者
関 東 電 気 協 会	工 場 の 合 理 化 を こ う 進 め た	日立工場	中 田 郁 郎
関 東 電 気 協 会	重 電 機 工 場 の 立 場 か ら	日立工場	中 田 郁 郎
関 東 電 気 協 会	日 立 工 場 の 概 要	日立工場	中 田 郁 郎
オ ー ム 社	回転機巻線の絶縁試験用衝撃電圧絶縁試験器	日立研究所	井 上 利 夫
火力発電技術協会	最近のタービン発電機における二、三の問題	日立工場	是 井 良 朗
日本原子力産業会議	Co ⁶⁰ による鋳物の欠陥検査	日立工場	泉 藤 八 郎
			佐 藤 重 一
オ ー ム 社	直流発電機回転増幅機および磁気増幅器の試験法	日立工場	木 村 博
オ ー ム 社	三相同期電動機三相誘導電動機および直流電動機の試験法	日立工場	金 子 二 郎
電気公論社	名古屋変電所の水素冷却同期調相機	日立工場	佐 藤 文 雄
日本鉄道車輛工業協会	研 磨 に つ い て	笠戸工場	宝 迫 一 郎
日本機械学会	客 電 車 鋼 体 の 強 度 解 析 に つ い て	笠戸工場	飯 島 弘
日本機械学会	超音波の検出によるキャビテーション判定法について	亀有工場	小 堀 吉 保
日刊工業新聞社	耐 酸 耐 アルカリセメント用フラン樹脂	多賀工場	横 山 重 亮
家庭電気文化会	日 立 最 新 型 洗 濯 機 の 特 長	多賀工場	横 山 五 郎
新水産新聞社	漁 船 用 ホ イ ス ト	多賀工場	横 内 直 中
家庭電気文化会	脱 水 ロ ー ラ ー の 構 造 と 取 扱 い	多賀工場	横 林 五 郎
化学工業社	機 械 工 場 に お け る 安 全 管 理 例	多賀工場	横 林 五 郎
衛生工業協会	パッケージ型空気調和機用クーリングタワーについて	亀戸工場	寺 下 信 吉
日刊工業新聞社	異 周 波 アンテナの並列給電法 (その二)	栃木工場	高 橋 豊 美
日本事務能率協会	ラ イ ン か ら 見 た 人 事 管 理	戸塚工場	高 古 谷 勝 正
日本電気協会	電 話 機 生 産 の 自 動 化	戸塚工場	溝 井 正 一
電気通信学会	不均等線路の伝送方程式と送端インピーダンス	日立電線工場	坂 田 一 志
産業科学協会	鋳造設備の近代化、管継手ネジ加工設備の近代化	日立電線工場	八 田 達 生
アグネ出版社	ステンレス鋼の選択について	桑名工場	江 口 朝 定
東大工学部総合試験所	電子顕微鏡の永久磁石励磁方式に関する研究 (1)	安来工場	小 柴 博 一
Brookhaven National Laboratory	A New Permanent Magnet Lens System of Electron Microscope	中央研究所	木 村 博 一
高分子化学刊行会	接 着	中央研究所	福 村 勉 郎
オ ー ム 社	原 子 炉 の シ ミ ュ レ ー タ	中央研究所	鴨 井 章
日本原子力産業会議	日 立 RLS (RLG) 型 γ 線 液 面 計	中央研究所	今 井 宗 丸
			和 島 常 隆
質量分析研究会	日立質量分析計の二三の特性について	中央研究所	津 山 齊
電波技術社	ゲルマニウムトランジスタのできるまで	中央研究所	内 山 三 郎
	ゲルマニウムダイオード	中央研究所	内 山 三 郎
電気通信学会	電子流分配型真空管回路の研究 (第4報)	中央研究所	阿 部 善 右 工 門
電気通信学会	電子流分配型真空管回路の研究 (第5報)	中央研究所	阿 部 善 右 工 門
日本物理学会	ト ラ ン ジ ス タ の 物 理	中央研究所	伴 野 正 美
産業労働福利協会	当 社 に お け る 衛 生 管 理 の 諸 施 策	本 社	小 野 実
日本電機工業会	当 社 の 安 全 管 理 に つ い て	本 社	森 岡 道 一
産業機械協会	エ レ ベ ー タ ー、エ ス カ レ ー タ	本 社	上 田 光 男
産業科学協会	汎 用 モ ー ト ル 製 作 設 備 の 近 代 化	本 社	細 谷 栄 次 郎
理工学社	日 立 テ レ ビ F-100 型	本 社	佐 々 木 立 一
日本機械学会	造 船 用 塔 型 ク レ ー ン	本 社	鈴 木 実