

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-178240  
(P2002-178240A)

(43) 公開日 平成14年6月25日 (2002.6.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
B 2 3 Q 17/09		B 2 3 Q 17/09	A 3 C 0 2 9
B 2 3 B 27/00		B 2 3 B 27/00	D 3 C 0 4 6
B 2 3 Q 17/20		B 2 3 Q 17/20	B

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-380662(P2000-380662)

(22) 出願日 平成12年12月14日 (2000. 12. 14)

(71) 出願人 391016967

島根大学長

島根県松江市西川津町1060

(72) 発明者 白杵 年

島根県松江市西川津町1060 島根大学総合

理工学部内

(74) 代理人 100088476

弁理士 大塚 博一

Fターム(参考) 3C029 DD09

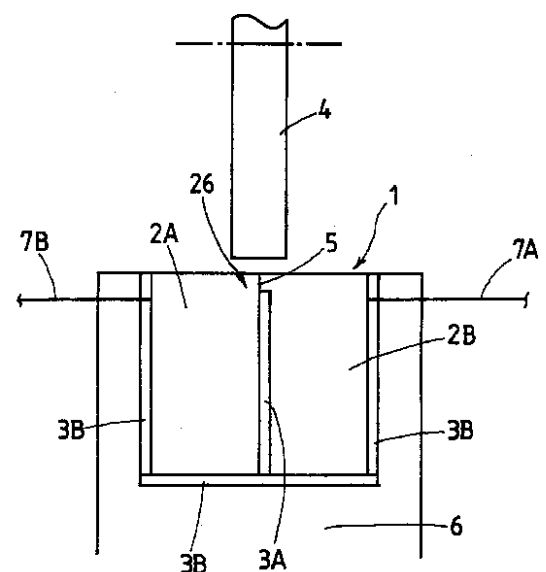
3C046 BB01

(54) 【発明の名称】 被削材の切削時の工具刃先温度の測定方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 この工具刃先温度の測定方法及びその装置は、非導電性又は導電性被削材を工具で切削加工する時に、工具刃先の切削温度を簡便で、外乱等の影響を受けずに安定して測定する。

【解決手段】 この工具刃先温度の測定装置は、熱起電力特性の異なる2種類の導電性材料の工具半片2A、2Bから工具1を形成し、工具切刃26の先端部で接触させて測温点5を形成し、測温点5以外の領域は第1絶縁部材3Aで互いに絶縁し、工具ホルダー6に隣接する工具1の外面を第2絶縁部材3Bで工具ホルダー6から絶縁する。工具半片2A、2Bは、リード線7A、7Bを通じてペンレコーダー8に接続する。工具1で被削材4を切削加工する時に、工具半片2A、2B間に発生する熱起電力によって工具刃先26の切削温度を測定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに異なる材料から成る一対の工具半片の各刃先を結合して測温点を形成した工具によって、少なくとも非導電性の被削材を切削する時に発生する工具刃先の温度を、前記工具半片にそれぞれ接続したリード線を通じて測定された前記工具半片間に発生した熱起電力によって前記工具刃先の温度を測定することから成る被削材の切削時の工具刃先温度の測定方法。

【請求項 2】 少なくとも非導電性の被削材を切削する工具を形成する互いに熱起電力特性の異なる材料から成る一対の工具半片、前記工具半片の刃先を互いに接した状態に固定して形成した測温点、前記工具半片の前記刃先を除いて前記工具半片間に介在されて前記工具半片を互いに絶縁する第 1 絶縁部材、前記工具半片を前記工具を保持する工具ホルダーからそれぞれ絶縁する第 2 絶縁部材、前記工具半片にそれぞれ接続して引き出された各リード線、及び前記リード線を通じて前記工具半片間に発生する熱起電力を測定して工具刃先の温度を測定するペンレコーダ、から成る被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置。

【請求項 3】 一方の前記工具半片は超硬 K 10 種から構成され、他方の前記工具半片は超硬 P 10 種から構成されていることから成る請求項 2 に記載の被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置。

【請求項 4】 一方の前記工具半片は超硬 K 10 種から構成され、他方の前記工具半片はサーメットから構成されていることから成る請求項 2 に記載の被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置。

【請求項 5】 前記被削材は、前記工具を構成する前記工具半片によって切削加工できる導電性又は非導電性の材料から作製された工作物であることから成る請求項 2、請求項 3 又は請求項 4 に記載の被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置。

【請求項 6】 前記第 1 絶縁部材と前記第 2 絶縁部材は、アルミナセラミックスからそれぞれ構成された絶縁板であることから成る請求項 2、請求項 3、請求項 4 又は請求項 5 に記載の被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置。

【請求項 7】 前記測温点を構成する前記工具半片の互いの接触面積は 0.125 mm<sup>2</sup> 程度であることから成る請求項 2、請求項 3、請求項 4、請求項 5 又は請求項 6 に記載の被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置。

【請求項 8】 前記測温点を構成する前記工具半片の互いの接触面は三角形形状に形成されていることから成る請求項 2、請求項 3、請求項 4、請求項 5、請求項 6 又は請求項 7 に記載の被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、切削工具分野、

機械加工分野、それらの研究分野、計測機器分野等に適用できるものであり、非導電性又は導電性の被削材の切削加工時に、工具刃先の温度を測定することができる工具刃先温度の測定方法及びその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 工作物即ち被削材を切削加工する場合に使用するバイト即ち工具は、その摩耗が被削材に対する加工コスト、加工精度、仕上げ面の性状等に大きく影響するので、これらの悪影響を低減することは、工具の長寿命化を図るうえからも、加工現場において重要な関心事である。一方、工具の摩耗に影響する因子の内、加工条件によっては、工具刃先温度（切削温度）が 1000 以上にも達する場合があります、工具刃先温度が高温化することは、工具刃先の摩耗を左右する重要な要因の一つになっている。

【0003】 工具刃先の温度、即ち切削温度の測定法としては、従来、被削材の切りくずの色による判別法、工具刃先や被削材のサーモカラーを用いる方法、輻射温度計を用いる方法、赤外線写真による方法、工具又は被削材中に熱電対を挿入する方法等が知られている。これらの工具刃先の温度測定方法は、下記に説明する工具 - 被削材間熱電対法に比較して簡便さや信頼性の点で劣っている。

【0004】 最近では切削温度の測定法として、熱画像装置を利用した工具すくい面の温度分布測定法、被削材に光ファイバーを挿入し、光カプラーと赤外線素子を用いて工具逃げ面温度を測定する方法が提案されている。これらの切削温度の測定方法は、それぞれの温度測定に有効な手段であるが、装置が大掛かりであったり、高コストになったり、データ処理に時間がかかる等の問題点がある。

【0005】 上記の各温度測定方法より簡便で信頼性が高く、通常用いられている工具刃先温度を測定する方法として、工具 - 被削材間熱電対法がある。図 8 には、一般的な旋盤において、工具刃先温度を測定する装置が示されている。工具 - 被削材間熱電対法は、工具 11 と工作物即ち被削材 14 との間に熱電対を構成し、工具 11 と被削材 14 との間で生じる熱起電力を利用して工具刃先温度、言い換えれば、切削温度を測定するものである。

【0006】 一般的な旋盤において、工具 11 は、工具ホルダー 16 に保持されている。被削材 14 は、ここでは、中空孔が形成されたものが使用されている。主軸 13 は、主軸台 25 に回転自在に支持されており、主軸 13 のチャック 22 で保持されたマンドレル 20 には、被削材 14 の中空孔が挿通し、マンドレル 20 に被削材 14 が固定されている。また、マンドレル 20 の先端には、テールトック 21 が押し当てられ、マンドレル 20 がテールトック 21 によって回転自在に支持されている。

【0007】該工具 - 被削材間熱電対法を達成する工具刃先温度測定装置は、図 8 に示すように、工具ホルダー 16 から絶縁部材 12 によって絶縁された工具 11、主軸台 25 に軸受 24 を介して回転可能に支持された主軸 13、主軸 13 に設けたチャック 22 に保持されたマンドレル 20、マンドレル 20 に固定された中空孔を備えた導電性の被削材 14、被削材 14 の回転部分から信号を取り出すため主軸台 25 に設けられた回転接点（水銀接点）15、記録計を構成するペンレコーダー 18、工具端部の温度上昇による誤差成分を除去するための可変抵抗器 23 より成る補償回路 19 を通じて接続するリード線 17A、及び被削材 14 に取り付けられた回転接点 15 とペンレコーダー 18 との間を接続するリード線 17B、から構成されている。工具刃先温度測定装置は、工具 11 と被削材 14 との温度に応じてリード線 17A とリード線 17B に流れる電流をペンレコーダー 18 で検出して熱起電力を求め、別途工具 11、被削材 14 の組み合わせで検定を行った熱起電力特性（温度と熱起電力の関係）から温度換算し、工具 11 の切削温度を測定するものである。

【0008】上記のような工具 - 被削材間熱電対法は、例えば、特開 2000 - 202704 号公報に開示されている。該公報に開示された工具・被削材間の熱起電力測定用チップ保持装置は、簡単、堅固に導線をチップに取り付けることができ、切削中に切屑が絡みついても導線が外れることがないものであり、チップホルダーに取り付けたチップ、導線、固定アーム、該固定アームをチップホルダーに取り付けるボルト、固定アームに取り付けた押えボルト、及び押えボルトの先端に固定された押え板から構成されている。工具・被削材間の熱起電力測定用チップ保持装置は、押え板が絶縁板で構成され、押え板とチップとの間に導線を挿入し、押えボルトによって導線をチップに固定したものである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来、広く利用されている工具 - 被削材間熱電対法では、熱電対を構成する工具材料と被削材材料とが、共に導電性材料である必要がある。従って被削材の材料が導電性材料でない場合は、工具 - 被削材間熱電対法は、利用できないという問題がある。従って、非導電性材料の切削温度の測定は、他の測定法で測定するしかなく、それらの測定例も少ない。そこで、工作物即ち被削材が非導電性材料でも切削温度を測定でき、工具 - 被削材間熱電対法での切削温度、一般的には、工具のすくい面での平均温度に近い温度の測定を簡便に行うには如何に構成すればよいかの課題があった。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、上記の課題を解決することであり、工具を一对の工具半片から構成し、工具半片を熱起電力の異なる 2 種類の工具材

料を使用してそれぞれ作製し、2 種類の工具半片を工具刃先の部分で接触させ、その接触面を高温接点即ち測温点として熱電対を構成して、非導電性又は導電性の工作物即ち被削材を切削加工する時に、前記接触面の平均温度、即ち工具半片間の接触面の平均温度の工具表面温度を測定することができる被削材の切削時の工具刃先温度の測定方法及びその装置を提供することである。

【0011】この発明は、互いに異なる材料から成る一对の工具半片の各刃先を結合して測温点を形成した工具によって、少なくとも非導電性、即ち、非導電性又は導電性の被削材を切削する時に発生する工具刃先の温度を、前記工具半片にそれぞれ接続したリード線を通じて測定された前記工具半片間に発生した熱起電力によって前記工具刃先の温度を測定することから成る被削材の切削時の工具刃先温度の測定方法に関する。

【0012】また、この発明は、少なくとも非導電性、即ち、非導電性又は導電性の被削材を切削する工具を形成する互いに熱起電力特性の異なる材料から成る一对の工具半片、前記工具半片の刃先を互いに接した状態に固定して形成した測温点、前記工具半片の前記刃先を除いて前記工具半片間に介在されて前記工具半片を互いに絶縁する第 1 絶縁部材、前記工具半片を前記工具を保持する工具ホルダーからそれぞれ絶縁する第 2 絶縁部材、前記工具半片にそれぞれ接続して引き出された各リード線、及び前記リード線を通じて前記工具半片間に発生する熱起電力を測定するペンレコーダから成る被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置に関する。

【0013】この工具刃先温度の測定装置は、一方の前記工具半片は超硬 K10 種から構成され、他方の前記工具半片は超硬 P10 種から構成されている。或いは、一方の前記工具半片は超硬 K10 種から構成され、他方の前記工具半片はサーメットから構成されている。

【0014】前記被削材は、前記工具を構成する前記工具半片によって切削加工できる導電性又は非導電性の材料から作製された工作物である。また、前記第 1 絶縁部材と前記第 2 絶縁部材は、アルミナセラミックスからそれぞれ構成された絶縁板である。

【0015】前記測温点を構成する前記工具半片の互いの接触面積は 0.125 mm<sup>2</sup> 程度である。また、前記測温点を構成する前記工具半片の互いの接触面は三角形形状に形成されている。

【0016】この被削材の切削時の工具刃先温度の測定方法及びその装置は、上記のように構成されているので、いわゆる工具と工具との間に形成された熱電対による方法、即ち、工具 - 工具間熱電対法を提供するものであり、従来の工具 - 被削材間熱電対法で測定した工具すくい面平均温度に近い切削温度を測定することができ、工具半片 - 工具半片間の接触面の平均温度を切削温度として測定することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明による被削材の切削時の工具刃先温度の測定方法及びその装置の実施例を説明する。図 1 はこの発明による被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置の一実施例を示す概略説明図、図 2 は図 1 に示す工具刃先温度の測定装置の要部の拡大説明図、図 3 は工具刃先付近の切削状態を示す説明図、図 4 は本発明の工具半片 - 工具半片間熱電対法と、従来の工具 - 被削材間熱電対法との切削温度と切削速度との関係を示すグラフ、図 5 は本発明の工具半片 - 工具半片間熱電対法によって測定した工具半片の測温点の接触面積と切削温度の関係を表すグラフ、図 6 は各種の非導電性被削材を切削した時の切削温度と切削速度との関係を示したグラフ、及び図 7 は本発明による工具半片 - 工具半片間熱電対法と、従来の工具 - 被削材間熱電対法とでそれぞれ測定した時の切削時間に対応した熱起電力波形を表すグラフである。

【0018】この被削材の切削時の工具刃先温度の測定方法は、木材、樹脂、セラミックス等の非導電性材料、或いは非導電性材料と導電性材料との複合材からなつて全体として非導電性材料で構成されている工作物、即ち、被削材 4 に対して工具 1 で切削加工する時に発生する工具刃先温度、言い換えれば、切削温度を測定するのに適用して好ましいものである。

【0019】この工具刃先温度の測定方法は、互いに異なる材料から成る一対の工具半片 2 A、2 B を互いに並列に配設した工具 1 によって、非導電性の工作物即ち被削材 4 を切削する時に発生する工具刃先 2 6 の温度を、工具半片 2 A、2 B にそれぞれ接続したリード線 7 A、7 B を通じて測定された工具半片 2 A と 2 B 間に発生した熱起電力によって工具刃先 2 6 の温度を測定するものである。即ち、工具半片 2 A、2 B の各刃先の一部を互いに結合して高温接点即ち測温接点（以下、測温点 5 という）を形成する。この工具刃先温度の測定方法は、被削材 4 が非導電性材料の場合に、従来の工具 - 被削材間熱電対法が利用できないので、導電性の被削材の代わりに、工具 1 を二分割して工具半片 2 A、2 B を作製し、工具半片 2 A と工具半片 2 B との刃先の側面の一部を結合して測温点 5 を形成し、工具半片 2 A、2 B にそれぞれ接続したリード線 7 A、7 B を通じて工具半片 2 A と 2 B 間に発生した熱起電力を測定して工具刃先温度を測定するものであり、一種の工具 - 工具間熱電対法といえるものである。

【0020】次に、この発明による被削材の切削時の工具刃先温度の測定方法を達成するための工具刃先温度の測定装置について説明する。この工具刃先温度の測定装置は、工作機械の一般的な旋盤に適用した場合について説明するが、その他の工作機械にも適用できることは勿論である。旋盤において、工具 1 は、工具ホルダー 6 に保持されている。被削材 4 は、ここでは、中空孔が形成されたものが使用されている。主軸 1 3 は、主軸台（図

示せず）に回転自在に支持されており、主軸 1 3 のチャック 2 2 で保持されたマンドレル 2 0 には、被削材 4 の中空孔が挿通し、マンドレル 2 0 に被削材 4 が固定されている。また、マンドレル 2 0 の先端には、テールトック 2 1 が押し当てられ、マンドレル 2 0 がテールトック 2 1 によって回転自在に支持されている。

【0021】この工具刃先温度の測定装置では、工具 1 は、絶縁部材 3 B を介在して絶縁された状態に工具ホルダー 6 に保持されており、互いに異なる種類即ち 2 種類の導電性材料から成る一対の工具半片 2 A、2 B から構成されている。工具半片 2 A、2 B は、互いに熱起電力特性の異なる材料から形成されている。工具半片 2 A、2 B の刃先は、互いに接した状態に固定して測温点 5 が形成されている。工具半片 2 A、2 B は、その刃先を除いて、工具半片 2 A と 2 B との間に工具半片 2 A、2 B を互いに絶縁する絶縁部材 3 A（第 1 絶縁部材）が介在されている。また、工具半片 2 A、2 B は、工具 1 を保持する工具ホルダー 6 からそれぞれ絶縁するように、それらの周囲を絶縁部材 3 B（第 2 絶縁部材）によって囲まれている。また、工具半片 2 A、2 B には、各リード線 7 A、7 B がそれぞれ接続して工具半片 2 A、2 B から引き出されている。リード線 7 A、7 B は、工具半片 2 A、2 B と記録計のペンレコーダ 8 とをそれぞれ接続している。ペンレコーダ 8 は、工具半片 2 A、2 B 間に発生する熱起電力を測定する。そして、別途求めた工具半片 2 A、2 B 間の熱起電力データから温度換算し、工具刃先 2 6 の温度を測定するものである。

【0022】一方の工具半片 2 A は、超硬 K 1 0 種から構成され、他方の工具半片 2 B は超硬 P 1 0 種から構成されている。或いは、一方の工具半片 2 A は超硬 K 1 0 種から構成され、他方の工具半片 2 B はサーメットから構成されている。P 1 0、或いは K 1 0 は、バイト用チップとしての使用分類記号であり、例えば、P 1 0 は、ロックウェル硬さが 9 1 以上であり、抗折力が 9 0 k g f / m m<sup>2</sup> 以上であり、また、K 1 0 は、ロックウェル硬さが 9 0 . 5 以上であり、抗折力が 1 2 0 k g f / m m<sup>2</sup> 以上である。勿論、工具半片 2 A、2 B は、互いに熱起電力特性が異なる材料を選定すればよいものであり、例えば、P 1 0 や K 1 0 の超硬チップ材以外に、例えば、P 0 1、P 2 0、P 3 0、P 4 0、P 5 0、又は M 1 0、M 2 0、M 3 0、M 4 0、或いは K 0 1、K 2 0、K 3 0、K 4 0 の超硬チップ材を適宜選定して組み合わせることができるものであり、その時に発生する熱起電力値に対応する温度は予めマップ等で測定しておけばよいものである。

【0023】絶縁部材 3 A と絶縁部材 3 B とは、耐熱性の同一材料で作製してもよく、例えば、耐熱性のアルミナセラミックスから構成された絶縁板で作製されている。即ち、図 3 に示すように、工具半片 2 A、2 B は、それらの工具刃先部分の三角形形状の接触部分を互いに

接触させて工具間接触部分即ち測温点 5 を形成し、それ以外の工具半片 2 A, 2 B 間を絶縁するために、アルミナセラミックス板の絶縁部材 3 A を工具半片 2 A, 2 B 間に貼り付け又は充填して工具 1 が成形されている。工具ホルダー 6 に接する工具 1 の外周面は、図 2 に示すように、アルミナセラミックス板の絶縁部材 3 B で囲み、工具 1 を工具ホルダー 6 から完全に絶縁した。また、この実施例では、工具半片 - 工具半片間、即ち、工具 - 工具間で構成した熱電対の冷接点は、室温である。

【0024】測温点 5 を構成する工具半片 2 A, 2 B の互いの接触面は、種々に形成することができるが、例えば、図 3 に示すように、三角形状に接触させて形成することができ、その接触面の接触面積値によって工具半片 2 A, 2 B 間に発生する熱起電力は変化するが、例えば、 $0.125 \text{ mm}^2$  程度が好ましいものである。

【0025】この工具刃先温度の測定装置は、上記のように構成されており、被削材 4 を切削する時に、工具半片 2 A, 2 B 間に生じる熱起電力を記録計 8 で測定して切削温度を計算し、記録する。また、この工具刃先温度の測定装置、旋盤工具刃先温度のみでなく、他の 2 次元切削の形態においても使用可能であることは言うまでもない。

【0026】図 3 には、この工具刃先温度の測定装置を備えた加工機は、切削初期、即ち、摩耗が大きくなっていない切削時に、特に、逃げ面摩耗がほとんど発生していない時における工具刃先 2 6 の付近の切削状態を示している。工具切刃稜線 9 は、工具半片 2 A, 2 B から成る工具 1 の刃先 2 6 と被削材 4 が接触し、工具 1 が被削材 4 を切削する部分である。工具 - 切屑接触領域 10 は、被削材 4 を切削することによって生じる切粉即ち切屑と工具 1 とが接触する領域であって、工具間接触部分即ち測温点 5 の熱源である。従来一般的な切削温度の測定法である工具 - 被削材間熱電対法では、工具と切屑又は工具と被削材の全接触領域の平均温度が測定されるのに対して、本発明の工具 - 工具間熱電対法では、工具間接触部分の測温点 5 に形成される温度分布の平均温度が測定されることになる。

【0027】図 4 に示されているグラフは、本発明による工具刃先温度の測定方法である工具 - 工具間熱電対法と、従来の工具 - 被削材間熱電対法とで測定した時の切削温度と切削速度との関係を示している。図 4 において、縦軸は切削温度 ( ) を示し、横軸は切削速度 (  $\text{m/min}$  ) を示している。この時の、被削材 4 は、導電性材料であるアルミニウム合金 ( A 2 0 1 7 T 6 ) を用いた。本発明の工具 - 工具間熱電対法では、工具間接触部分 10 の接触面積が  $2 \text{ mm}^2$  ( 印と実線 )、 $0.5 \text{ mm}^2$  ( 印と一点鎖線 )、 $0.125 \text{ mm}^2$  ( 印と点線 ) について測定した。また、工具半片 2 A, 2 成する工具材料には、超硬 K 10 種とサーメットとを使用した。従来の工具 - 被削材間熱電対法では、工具 11 を構

成する工具材料には、超硬 K 10 種 ( ○印と実線 ) 又はサーメット ( 印と実線 ) を使用した。工具 1 の送りは、 $0.01 \text{ mm/rev}$  であり、被削材 4 の切削幅は  $3 \text{ mm}$  であり、工具 1 のすくい角は  $-5^\circ$  であり、また、切削形態は乾式切削であった。

【0028】従来の工具 - 被削材間熱電対法で測定した場合、使用した工具 11 の熱伝導率の相違からサーメットを使用した場合に比べ、超硬 K 10 種の方が切削温度が低くなる。工具 - 被削材間熱電対法で測定した温度に対して、本発明の工具 - 工具間熱電対法では、工具 1 の内部接触領域での平均温度を測定するため、工具 - 被削材間熱電対法より低い温度が測定された。しかし、工具半片 2 A と工具半片 2 B との間の接触面積を小さくするにつれ測定温度は高くなり、図 4 が示すように、接触面積が  $0.125 \text{ mm}^2$  の時には工具 - 被削材間熱電対法の超硬 K 10 種で測定した切削温度に近い値が測定された。このことから、本発明の工具 - 工具間熱電対法では、工具半片 2 A と工具半片 2 B との間の接触面積が  $0.125 \text{ mm}^2$  程度であることが好ましいことが分かる。

【0029】図 5 に示すグラフは、工具間接触部分即ち測温点 5 の工具半片 2 A と 2 B との接触面積と切削温度の関係を表している。図 5 において、縦軸は切削温度 ( ) を示し、横軸は接触面積 (  $\text{mm}^2$  ) を示している。切削速度が  $300 \text{ m/min}$ 、 $200 \text{ m/min}$ 、 $100 \text{ m/min}$ 、及び  $50 \text{ m/min}$  である時の工具刃先 2 6 における切削温度 ( ) をそれぞれ測定した。工具半片 2 A, 2 B を構成する工具材料には、超硬 K 10 種とサーメットとでそれぞれ作製したものを使用した。被削材 4 には、導電性材料であるアルミニウム合金 ( A 2 0 1 7 T 6 ) を用いた。被削材 4 の送りは、 $0.01 \text{ mm/rev}$  であり、また、被削材 4 の切削幅は  $3 \text{ mm}$  である。図 5 のグラフに示すように、測温点 5 の工具半片 2 A と 2 B との接触面積を小さくするにつれて、切削温度の測定温度は高くなっているのが分かる。本発明の工具 - 工具間熱電対法における工具半片 2 A, 2 B の接触面の接触面積  $0.125 \text{ mm}^2$  では、従来の工具 - 被削材間熱電対法の超硬 K 10 種で測定した切削温度に近い値が測定された。従って、工具 - 工具間熱電対法では、工具 - 被削材間熱電対法と同様に、工具刃先 2 6 の温度の目安には十分信頼性があると考えられる。また、これ以上、工具半片 2 A, 2 B の接触面の接触面積を小さくしても、測定温度はあまり変化がなく、工具刃先の強度を考慮すると、接触面積  $0.125 \text{ mm}^2$  程度で十分であることが分かる。

【0030】図 6 に示すグラフは、各種の非導電性材料を切削した時の切削温度と切削速度との関係を示している。図 6 において、縦軸は切削温度 ( ) を示し、横軸は切削速度 (  $\text{m/min}$  ) を示している。被削材 4 には、木材のスギ ( a )、木材のラワン ( b )、樹脂のア

クリル(c)及びセラミックス(d)を用いた。いずれの切削温度も、冷接点である室温からの温度差を示している。工具半片2A, 2Bの工具材料には、超硬K10種及びサーメットを使用した。工具半片2A, 2Bとの測温点5における接触面の接触面積は、 $0.125\text{mm}^2$ に構成されているものを使用した。工具1の送りは $0.01\text{mm/rev}$ であり、工具1のすくい角は $-5^\circ$ である。被削材4の切削幅は、(a)のスギは $3\text{mm}$ 、(b)のラワンは $7\text{mm}$ 、(c)のアクリルは $5\text{mm}$ 、及び(d)のセラミックスは $3\text{mm}$ である。また、切削形態は、乾式切削である。(a)のグラフには、比較例として、被削材4にアルミニウム合金(A2017T6)を用いた時の切削温度と切削速度との関係が示されている。図6のグラフに示すように、それぞれの非導電性材料で、工具切削部即ち測温点5の切削温度の測定が可能であることが分かる。また、切削状態即ち切屑生成状態によって、脆性破壊で切屑が生成されるセラミックスでは切削温度がかなり低い温度になっていることが分かる。

【0031】図7に示すグラフは、従来の工具-被削材間熱電対法と、本発明の工具-工具間熱電対法でそれぞれ測定した時の切削中に記録された熱起電力波形を表している。図7において、縦軸は熱起電力(E.M.F. mV)を示し、横軸は切削距離(mm)を示している。従来の工具-被削材間熱電対法では、工具11の工具材料として超硬K10種を使用し、また、本発明の工具-工具間熱電対法では工具半片2A, 2Bの工具材料として超硬K10種とサーメットとを使用した。被削材4, 14には、導電性材料であるアルミニウム合金(A2017T6)を用いた。被削材4, 14に対する工具1, 11の切削速度は $100\text{m/min}$ であり、工具1, 11の送りは $0.02\text{mm/rev}$ であり、被削材4, 14の切削幅は $3\text{mm}$ であり、切削形態は乾式切削である。熱電対を組み合わせる材料によって熱起電力の値は異なる。そのため、工具-被削材間熱電対法と工具間熱電対法の切削中の熱起電力は、図7に示すように異なる。従来の工具-被削材間熱電対法では、比較的安定な切削状態でも切削中に測定される熱起電力波形の変動は大きく現れており、また、本発明の工具-工具間熱電対法では、その変動がほとんど見られず安定していることが分かる。この現象は、従来の工具-被削材間熱電対法では、切削中の工具11と切屑の接触状態即ち接触抵抗が変動することが原因と考えられ、工具11と切屑の接触部分が測定回路上に含まれ、その変動が直接的に測定値の変動として現れているものと推察される。上記のことを考慮すると、本発明の工具-工具間熱電対法は、従来の工具-被削材間熱電対法に比較して安定した測定値が得られることが分かる。

【0032】

【発明の効果】この発明による被削材の切削時の工具刃

先温度の測定方法及びその装置は、上記のように構成されているので、工作物即ち被削材が非導電性又は導電性の材料で作製された工作物であっても、工作物を切削する時の工具刃先の切削温度を測定することができる。特に、本発明は、上記のように、非導電性材料の切削温度の測定はもちろん、導電性材料の切削温度の測定も可能である。また、工具間の接触部分の測温点の温度を測定するので、切屑等の外乱等を受けず、熱起電力の変動が少なく、安定して切削温度の測定が可能である。更に、この工具刃先温度の測定装置は、工具-工具間に形成された熱電対に構成されているので、簡単な構造であり、製造、取付け等が容易であり、測定温度も従来の工具-被削材間熱電対法に比較して安定した熱起電力波形を得ることができる。本発明による切削温度の測定法は、工具半片と工具半片との測温点の接触面積を、工具半片の強度を考慮して可及的に小さく構成すれば、従来の工具-被削材間熱電対法で得られた切削温度にかなり近い切削温度を測定でき、切削温度の測定法として信頼性が高いものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明による被削材の切削時の工具刃先温度の測定装置の一実施例を示す概略説明図である。

【図2】図1に示す工具刃先温度の測定装置の要部の拡大説明図である。

【図3】工具刃先付近の切削状態を示す説明図である。

【図4】本発明の工具半片-工具半片間熱電対法と、従来の工具-被削材間熱電対法との切削温度と切削速度との関係を示すグラフである。

【図5】本発明の工具半片-工具半片間熱電対法によって測定した工具半片の測温点の接触面積と切削温度の関係を表すグラフである。

【図6】各種の非導電性被削材を切削した時の切削温度と切削速度との関係を示したグラフである。

【図7】本発明の工具半片-工具半片間熱電対法と、従来の工具-被削材間熱電対法とでそれぞれ測定した時の切削時間に対応した熱起電力波形を表すグラフである。

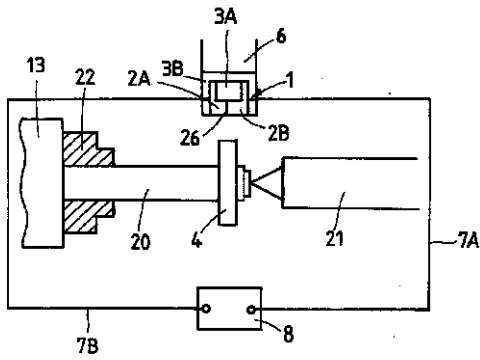
【図8】この発明による工具半片-工具半片間熱電対法と、従来の工具-被削材間熱電対法とでそれぞれ測定した時の切削時間に対応した熱起電力波形を表すグラフである。

【符号の説明】

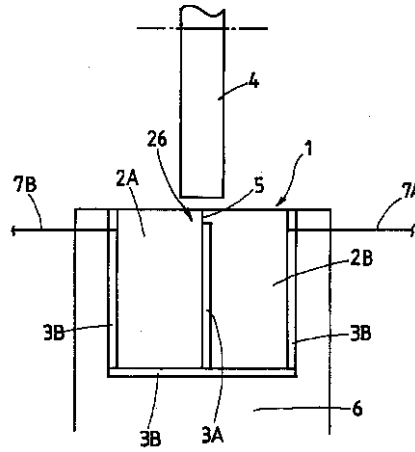
- 1 工具
- 2 A, 2 B 工具半片
- 3 A 第1絶縁部材
- 3 B 第2絶縁部材
- 4 被削材
- 5 測温点(工具間接触部分)
- 6 工具ホルダー
- 7 A, 7 B リード線
- 8 ペンレコーダー

2.6 工具刃先

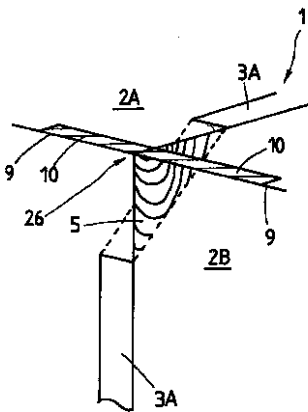
【図1】



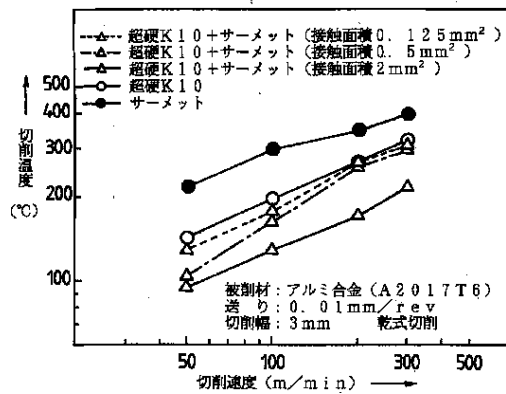
【図2】



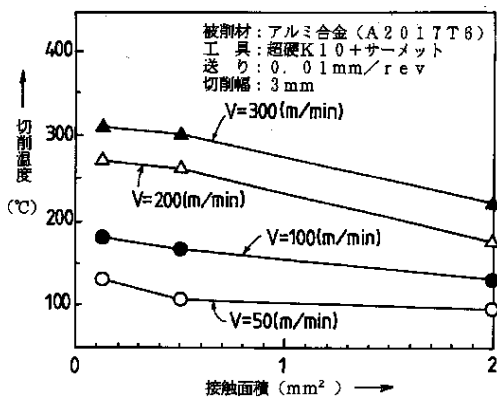
【図3】



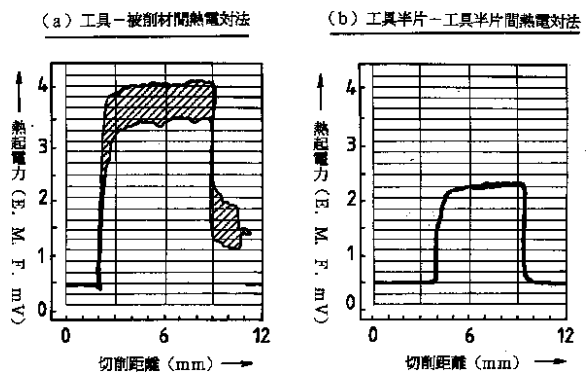
【図4】



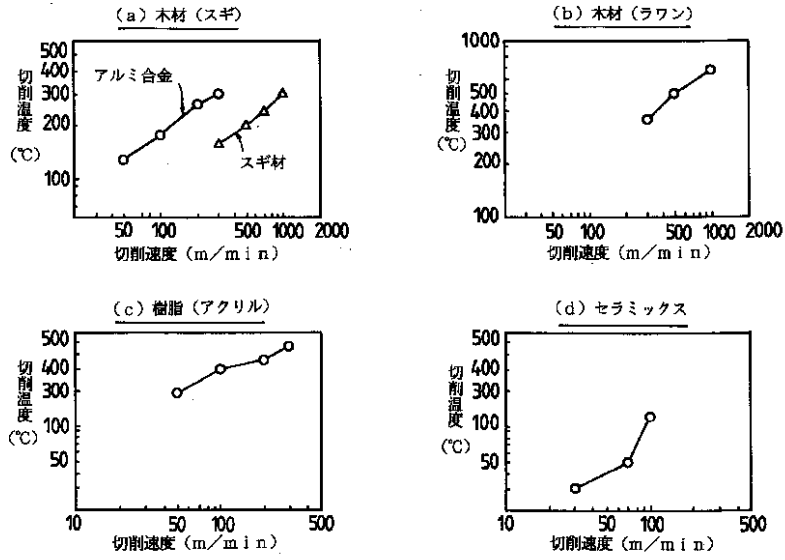
【図5】



【図7】



【図6】



【図8】

