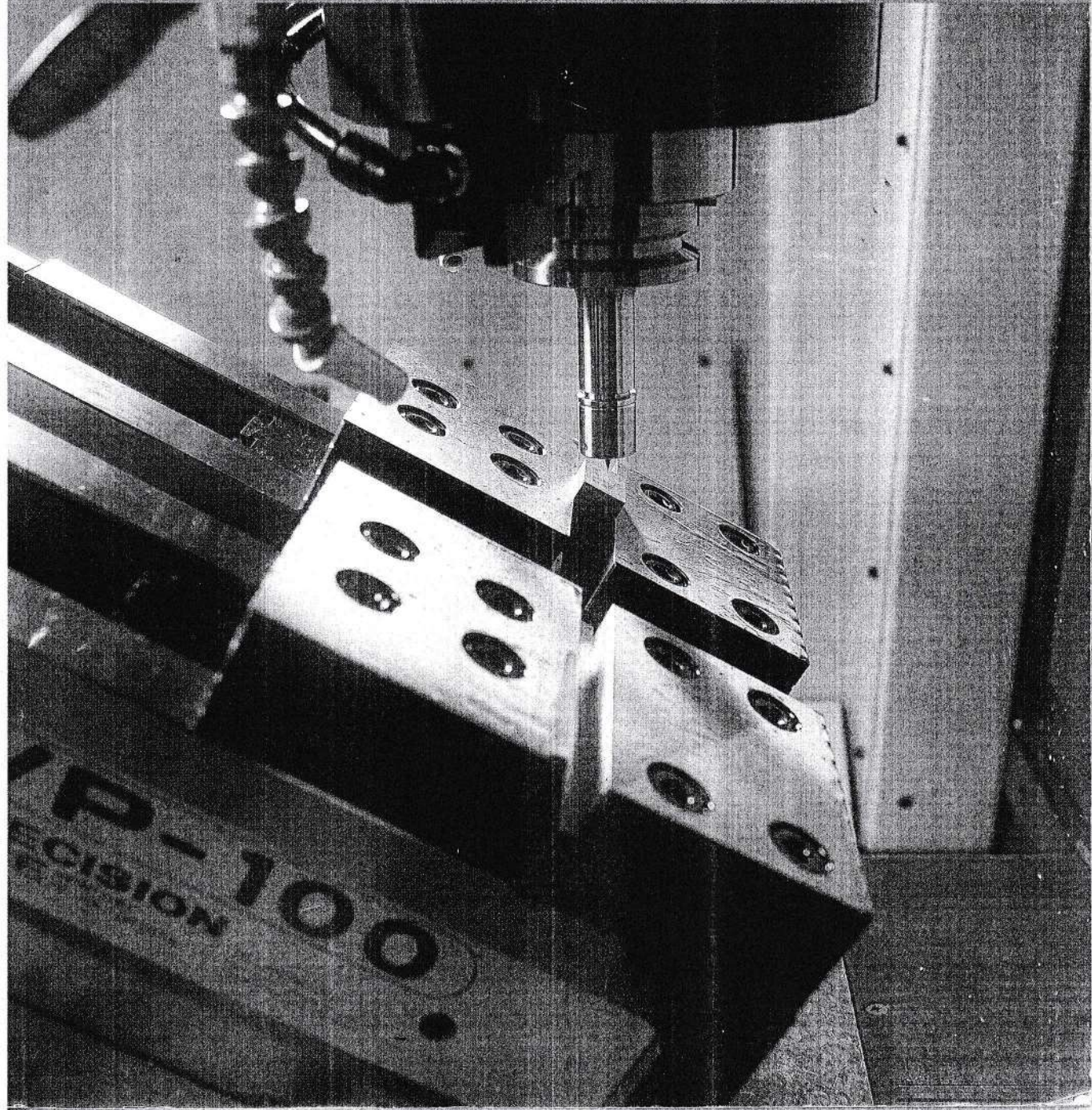


# 工作機械

2004  
12

治具・取付具ユーズ活用の実績と段取り作業短縮と治具活用、トータルシステム構築で多種少量生産の効率化、治具が避ける検査・測定の段取り削減、表裏3次元形状物の加工受け治具と検査治具、角物対応の放電加工機用クランプ治具

第22回日本国際工作機械見本市レポート/MCのカスタムプログラミング入門・穴あけ固定サイクルと例題/環境に優しい油圧レスCNC立旋盤/窒素イオンの注入で超硬工具の寿命を2倍に延ばす/2004年度超硬工具協会賞



# 窒素イオン注入で超硬工具の寿命を2倍に延ばす

プロジェクト 吉村 俊彦

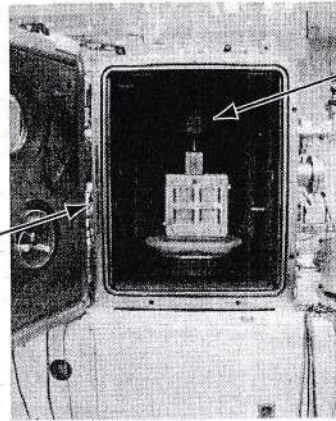
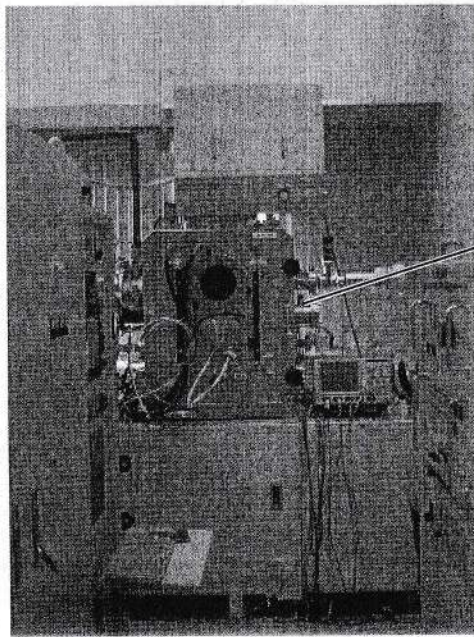


写真1 全方位イオン注入装置の外観(左)と装置内部

## ◆開発の経緯

今回開発した『窒素イオン注入法』は、鏝節削り刃、カンナ刃、パン切り刃、肉切り刃など非常に鋭利で硬い超硬合金刃や、金属加工用の超硬ドリル、超硬バイト、超硬エンドミル、刃先交換式超硬チップなど各種切削工具(超硬工具)の切れ味と工具寿命を長持ちさせるための技術である。

現在の各種超硬工具は、使用開始当初の新品のうちは切れ味抜群で非常に使いやすいが、長期間使用してくると切れ味が低下して、切れ刃を何度もダイヤモンドホイールなどで再研削して使用しているのが現状である。

超硬合金は一般にWC-Co系(タングステンカーバイド-コバルト)合金であり、低温から高温まで高硬度で高強度の材料であることが知られている。用途に応じてWC-TiC-Co系合金、WC-TaC-Co系合

金、WC-TiC-TaC-Co系合金などが用いられ、とくに耐食性が要求される場合にはWC-Ni-Cr系合金が用いられる。いずれも粒子径 $\phi 0.2 \sim \phi 10.0 \mu\text{m}$ のタングステンカーバイド(WC)を使用し、粒度分布をコントロールして、Co(コバルト)やCo合金をバインダとして焼結したものである。

超硬工具の切削性能を向上させるために、粒子を微粒子化して高硬度化をはかることが試みられているが、衝撃力に対する韌性が乏しくなって耐久性が損なわれてしまう。このため切削用途ごとに、配合や焼結条件を最適化して実用に供しているのが現状である。

## ◆工具表面改質技術の開発

今回開発した手法は、超硬工具の表面層を半導体などに用いられているイオン工学的手法の一つである「プラズマベースのイオン注入技術」を用いて表

面改質するものである。これは従来にない新しい超硬合金組成を工具の表層部に形成し、粉末冶金プロセスではできない、新規な超硬工具を提供するものである。

いままでの超硬合金では、切削抵抗が小さい切削工具ではWC粒度を $\phi 0.2 \sim \phi 0.8 \mu\text{m}$ の微粒子サイズにコントロールして、Coバインダを用いて高圧力で焼結し、Co含有量を低減したものが開発されていた。また、衝撃力が加わりやすい切削工具では、WC粒度を $\phi 0.8 \sim \phi 5.0 \mu\text{m}$ の粒子サイズにコントロールしてCoで高温焼結して、重切削用工具として利用することが行われていた。

さらに、別の方法ではTiNや $\text{Al}_2\text{O}_3$ などの硬質膜を超硬母材にコーティングして切削性を向上させる試みもあったが、鋭利な刃物では剥離や欠けが生じることが多かった。

また、使用頻度の高い産業用の鏝節削り刃や肉切断刃などでは、切れ味を良くするには鋭利な先端形状にする必要があり、鋭利な先端形状にすると機械的強度が低下して不均一な応力や衝撃的な力が加わると、使用中に鋭利な先端部分が欠けたり、割れたりして切れ味が損なわれる問題があった。

つまり、超硬合金中のWCとCoの配合割合や粒度、焼結方法、形状などの工夫により、切れ味と耐久性を両立させることには限界があるのである。

したがって、今回の開発では超硬工具の完成品を、後処理によって工具表面層のみを改質して、異質な材料を表面層に形成するのではなく、母材と地続きで明瞭な境界がなく高硬度、高強度、強靱性を維持したまま剥離や欠けが生じにくく、切れ味を長期間維持できる

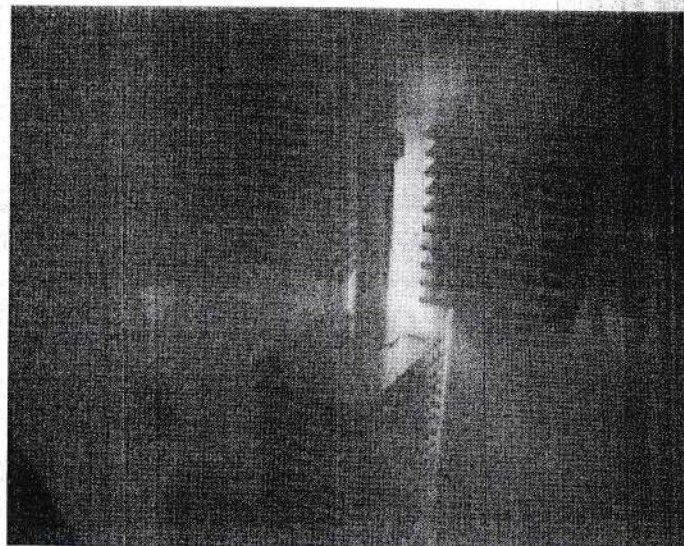


写真2 プラズマ生成時の状況

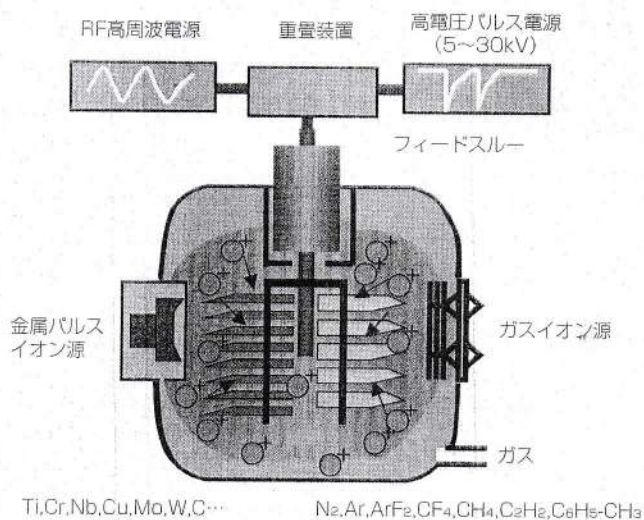
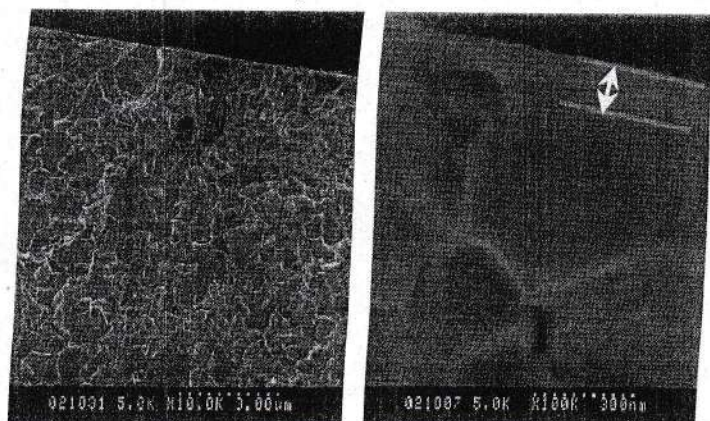


写真1 全方位イオン注入装置の外観と装置内部



(a) WC粒度例( $\phi 0.3 \sim \phi 10 \mu\text{m}$ )

(b) イオン注入層( $20 \sim 50 \text{nm}$ )

写真3 超硬工具の走査型電子顕微鏡断面写真

ものを提供することに成功した。

### ◆窒素イオン注入技術とは

今回開発した窒素イオン注入法は、凹凸のある複雑形状を有する超硬工具表面に対しても耐久性があり切削性に優れ、滑り性の良い均質な表面処理方法で、Coの軟質領域を硬化して新規な物質を得た超硬工具を提供するものである。この手法は従来の冶金学的手法ではなく、電子工学的なナノテクノロジー手法である。

この電子工学的プラズマベースイオン注入法は、

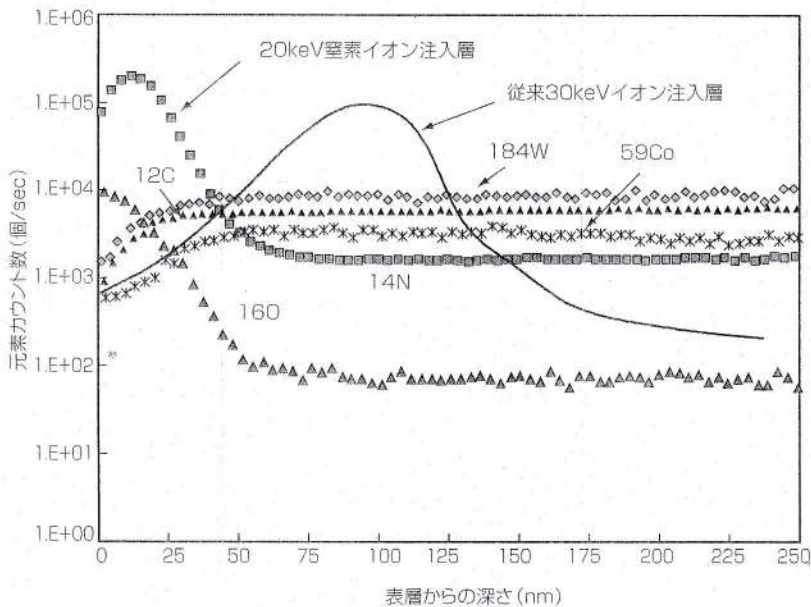


図2 窒素イオン注入法によるSIMS分析結果例

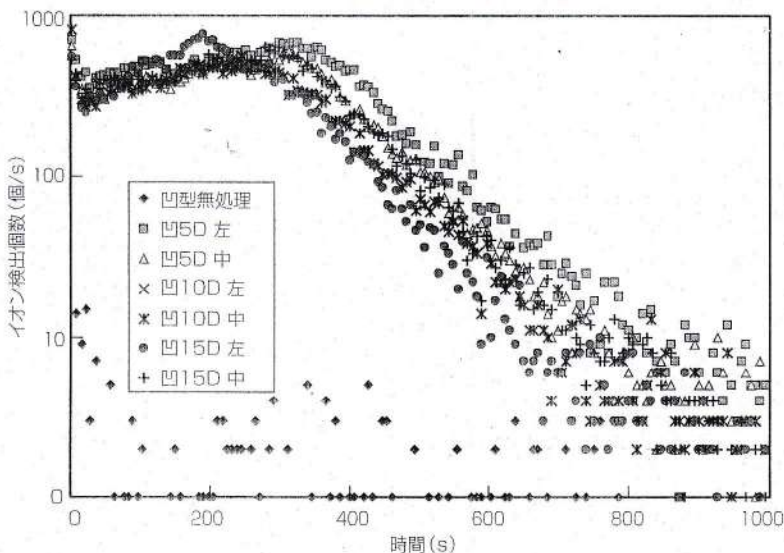


図3 凹形状ワーク(クロムめっき鋼)への窒素イオン注入分布例

超硬工具に10000~30000V (ボルト) という高電圧を加えて、刃物表面に空気中にある窒素イオンを注入することで、切れ味を維持させる新しい手法である。

写真1に、イオン注入を行なうための「全方位イオン注入装置」の例を示す。この装置は容積800×600×600mmの真空チャンバを持ち、絶縁距離を保持して、処理物に高電圧を印加できるようになっている。また、この装置ではワークサイズ300×300mmまでの処理が可能である。

具体的には減圧された箱の中に、工具に均一に電

気が加わるようにセットして、これに窒素ガスを入れながら特定の条件で高周波電圧を加えて窒素ガスプラズマを発生させる(写真2)。

さらに、この工具に高電圧のパルス電圧を加えてプラズマ中の電子を押し出し、切れ刃の周りに電場を形成する。この電場は工具の輪郭に沿って覆うので、その直後に高電圧を加えることにより、プラスのイオンのみがあらゆる方向から工具に引き付けられ、狙いとする元素(窒素、フッ素など)をイオン注入することができるのである(図1)。

この高電圧を加える回数は、1秒間に1000回から3000回と非常に高速なので、目には赤紫の光が輝いて見える。注入された窒素イオンは超硬工具の表層から内部へと浸入して、注入エネルギーとそのときの材料組成と注入に伴う昇温状態によって、数十nmから数

百nmの深さまでイオン注入される。注入された窒素イオンは、WC粉末を結合しているCoやWCそのものと化学的に反応して窒化コバルトや窒化タングステンを形成するものと考えられる。

写真3に、超硬工具の処理前のWC粒度と処理後のイオン注入層の走査型電子顕微鏡による断面写真を示す。

また図2に、窒素イオン注入法により処理したときのSIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry =2次イオン質量分析法)分析結果を示す。

このように今回開発した全方位イオン注入法は、従来の2次元イオン注入法に比較して、同一エネルギーではより浅い層にイオン注入され、温度上昇により深い層に注入される。

超硬工具の場合は粒子密度が高いため、窒化コバルトや窒化タングステンの生成により表面層のみが高硬度化され、強靱で耐摩耗性に優れた切削工具に変身する。注入された窒素濃度は表層より深さ方向に濃度に変化して、表面層付近ほど高濃度となり、深くなると低濃度となる。この化合物は非常に加熱に対しても安定なので、切削時の摩擦熱に対しても切れ味が変化しにくいものと思われる。

このような傾斜構造を持つようになった超硬工具は、硬質膜をコーティングした状態とは異なるので、剥離するようなことはない。表面が摩耗してきたら斜めに研削することにより、次のイオン注入層が出てくるので、切れ味を持続させることができると考えている。

### ◆イオン注入は金型にも効果

今回開発した手法は、超硬工具だけではなく凹形状を持つクロムめっき鋼ワークの処理にも適用できる。

図3に、クロムめっき鋼

による凹形状モデル部材への窒素イオン注入分布例を示す。

この図からもわかるように、凹凸面への窒素イオン注入のばらつきは少ない。また、凹部の底面でも窒素イオン注入は均一であることがわかる。

したがって、この全方位イオン注入法は超硬工具に限らず、金型などにも適用することができる。

図4に、各種金型材料に窒素イオンを注入したときの硬さ向上の効果を示す。また、図5に、各種金型材料にフッ素イオンを注入したときの硬さ向上の効果を示す。

いずれもクロムめっき鋼へのイオン注入の効果が大きいことがわかる。また、どの材料も、高エネルギー注入ほど効果的である。

また、クロムめっき鋼に低エネルギーでフッ素イオンを注入した結果、高撥水性を付加することができ、金型の離型性向上につながる効果も得られている。

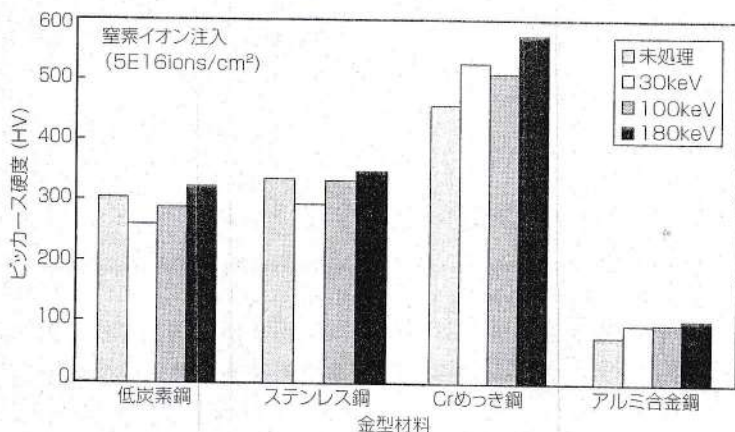


図4 窒素イオン注入による各種金型材料の硬さ向上の効果

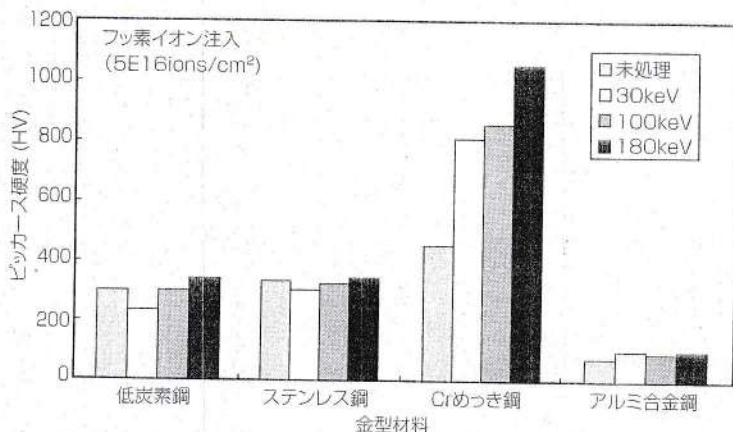
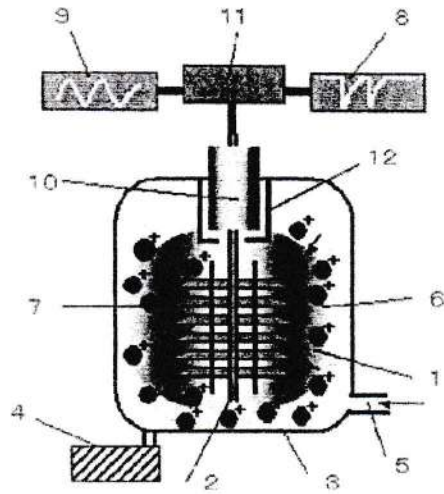
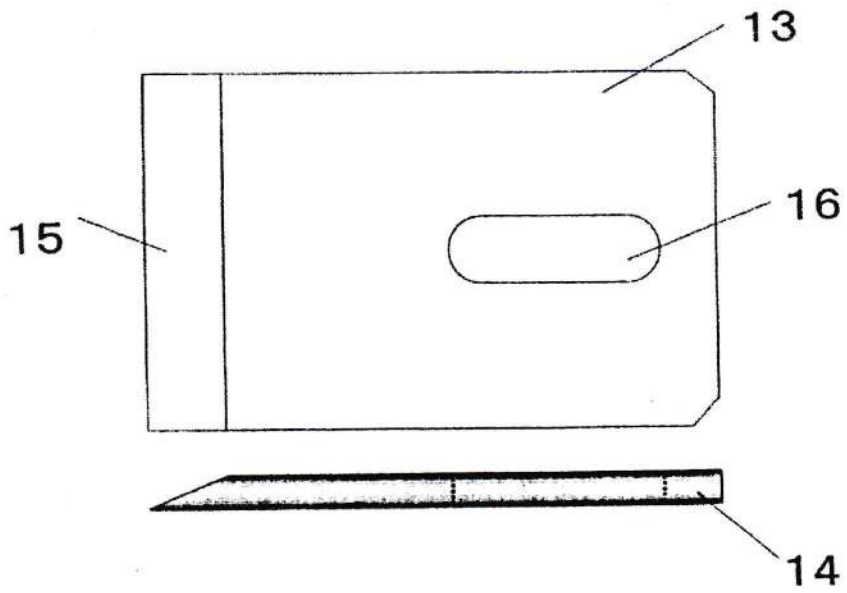


図5 フッ素イオン注入による各種金型材料の硬さ向上の効果

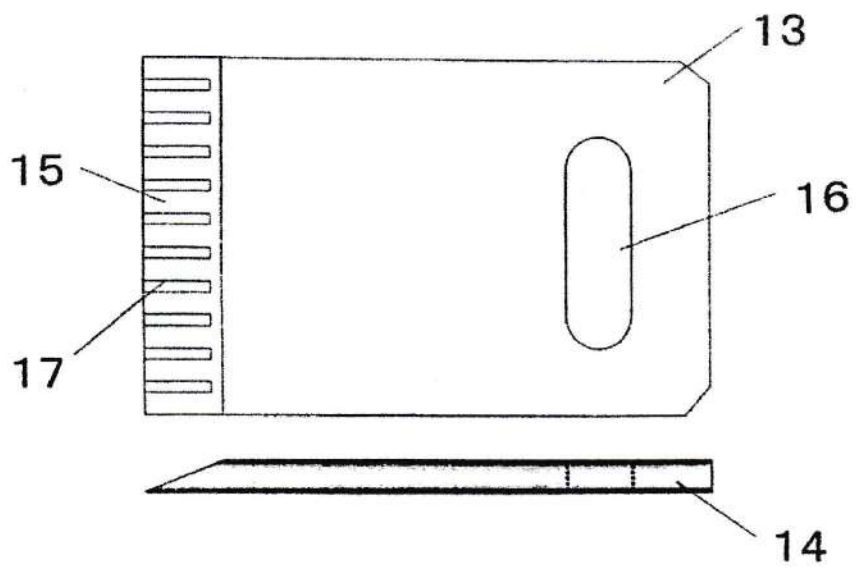
【書類名】図面  
【図1】



【図2】



【图3】



【图4】

