

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Elektroplattieren einer ausgewählten Oberfläche eines Werkstücks, bei dem eine Elektroplattierlösung mit Metallkationen bzw. eine Elektrolyt-Lösung mit großer Fließgeschwindigkeit durch einen langgestreckten Spalt geleitet wird, der von einer Anode und der zu plattierenden Oberfläche des Werkstücks begrenzt und von einem elektrischen Strom mit einer Stromdichte von mehr als $0,3 \text{ A/cm}^2$ von der Anode zur Werkstückoberfläche quer durchflossen wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Elektroplattieren einer ausgewählten Oberfläche eines Werkstücks nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, mit Tragvorrichtungen, die das Werkstück und die Anode derart abstützen, daß zwischen Anode und der zu plattierenden Oberfläche des Werkstücks ein langgestreckter Spalt gebildet wird, mit einer Pumpe, welche Elektroplattier-Lösung mit großer Fließgeschwindigkeit in Längsrichtung durch den Spalt drückt und mit einer an das Werkstück und an die Anode angeschlossenen elektrischen Plattierstromquelle, die einen elektrischen Strom mit einer Stromdichte von mehr als $0,3 \text{ A/cm}^2$ quer durch den Spalt von der Anode zum Werkstück fließen läßt.

Aus dem "Electroplating Engineering Handbook" (herausgegeben von L.J. Durney, 4. Aufl., van Nostrand Reinhold Company, New York, 1984) ist es bekannt, Stahlbänder od. dgl. mit hoher Geschwindigkeit zu plattieren, wobei hohe Stromdichten von über $0,3 \text{ A/cm}^2$ und große Relativgeschwindigkeiten von über 1 Meter pro Sekunde zwischen der Plattierlösung und der Kathode verwendet werden, um z.B. beim Tauch- oder Badplattieren eines Werkstücks hohe Ablagerungsraten zu erzielen. Diese Entgegenhaltung beschreibt lediglich das schnelle, vollständige Plattieren von vergleichsweise einfachen Bauteilen wie Stahlbändern, Kolbenringen u.ä..

Im Gegensatz zur Tank- oder Badplattierung, bei der eine entfernt angeordnete, verbrauchbare oder nicht verbrauchbare Anode zusammen mit einem zu behandelnden Werkstück in einem Behälter angeordnet wird, bezieht sich die Erfindung auf das Spalt-Elektroplattieren. Bei der Badplattierung wird das Metall nach der Elektrolysetechnologie auf allen Oberflächen des Werkstückes niedergeschlagen, die sich im Tank befinden. Um bei einem solchen Tank- oder Behälterverfahren nur eine ausgewählte Oberfläche zu plattieren, muß das Werkstück maskiert, mit einem Schutzüberzug versehen oder auf andere Weise vor der im Tank befindlichen Badlösung geschützt werden. Bei der Spalt-Elektroplattierung wird ein vollständig anderes Konzept verfolgt. Hierbei erhält eine Anode eine solche Gestalt und Oberfläche, die der Gestalt

und der ausgewählten Oberfläche des zu plattierenden Werkstückes weitgehend angepaßt ist. Der Strom fließt zwischen Anode und Kathode durch einen vorherbestimmten Spalt, der sich durch die Geometrie der Anodenoberfläche ergibt, soweit diese an die zu plattierende Werkstückoberfläche angepaßt ist. Diese Spalt-Elektroplattierung kann in einem Behälter durchgeführt werden und wird auch oft in einem Behälter zur galvanischen Oberflächenbehandlung durchgeführt; die Spalt-Elektroplattierung benötigt jedoch nicht unbedingt einen Tank. Sie kann vielmehr auch dadurch durchgeführt werden, daß eine Plattierlösung in den Spalt zwischen Anode und Kathode geleitet wird, während man zwischen diesen beiden Elektroden einen Strom fließen läßt, solange ein geschlossener oder ununterbrochener Plattiermittelstrom durch den Spalt fließt. Diese Art der Spaltplattierung ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

Eine Spalt-Elektroplattierung mit geschlossenem Kreislauf, wie sie Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, ist ganz allgemein in den US-Patenten 4 111 761 von LaBoda und 4 441 976 von Lemmi beschrieben, wo eine Anode mit einer zylindrischen Außenumfangsfläche konzentrisch in einer zylindrischen Fläche eines zu plattierenden Werkstückes angeordnet ist, mit der sie einen Spalt oder eine Plattierzelle bildet. Der Rest des Werkstückes einschließlich seiner vollständigen Außenfläche soll nicht plattiert werden. Um zu verhindern, daß der Rest des Werkstückes plattiert wird, wird die Elektroplattierlösung mit derjenigen Fläche des Werkstückes nicht in Berührung gebracht, die nicht plattiert werden soll. Bei dem Verfahren nach dem US-Patent 4 345 977 von Blanc wird ein abgewandeltes Behältersystem benutzt. Eine Plattierung des äußeren Teiles des Werkstückes wird hier durch Dichtungen verhindert. Die innere Zylinderfläche wird durch diese Vorrichtung in erster Linie plattiert aufgrund der Anodenanordnung und des Lösungsstromes, andere Teile des Werkstückes werden aber auch plattiert, weil der Tank tatsächlich mehr umschließt, als die ausgewählte innere Zylinderfläche. Dieses Patent offenbart keine Spalt-Elektroplattierung, aber es zeigt in allgemeiner Form eine Vorrichtung zum Plattieren einer ausgewählten Fläche.

Das Verfahren zum Spaltplattieren ist schon einige Jahre bekannt. Die Einspannvorrichtungen für diese Verfahren waren jedoch verhältnismäßig teuer und die Arbeitsergebnisse waren nicht gleichmäßig. insbesondere bei langgestreckten, im allgemeinen unzugänglichen Bohrungen in komplexen Werkstücken. Aus diesem Grunde wurde für die Reparatur und das Wiederaufbauen von übergroßen Bohrungen in verschiedenen Werkstücken oft entweder die Tankplattierung oder Bürstenplattierung ausgeführt. Die Tankplattierung geht extrem

langsam vor sich und liefert ohne ausgedehntes, teures Maskieren keine gleichförmigen Ergebnisse auf ausgewählten Teilflächen. Der Erfolg der Bürstenplattierung hängt wesentlich von der Erfahrung des Arbeiters ab und kann nur bei ganz besonderen, exponierten Flächen angewendet werden. Es besteht deshalb ein echter Bedarf an einem Plattiersystem, mit dem in verschiedenen Bohrungen eines komplexen Werkstückes, beispielsweise in einem Schmiedestück eines Flugzeugfahrgestelles, eine Plattierung gleichförmig bis zu einer beträchtlichen Dicke von über 1,27 mm (0,050") aufgebracht werden kann. Außerdem ist es wesentlich, daß ein solches Plattierverfahren schnell und mit geringen Einrichtungskosten von Personen mit durchschnittlicher Erfahrung durchgeführt werden kann.

Es bestand auch ein Bedarf, in etwas schwer zugänglichen Stellen eines großen Werkstückes zu plattieren, um eine sehr verschleißfeste Schmiermittelfläche von erheblicher Dicke zu schaffen, um komplizierte Werkstücke, wie beispielsweise Schmiedestücke wiederzugewinnen, bei denen nur bestimmte Flächen über die akzeptierbaren Toleranzen hinaus verschlissen waren. Um diesen Anforderungen zu genügen, kann Chrom nicht immer verwendet werden, weil bei der Dicke, die erforderlich ist, um eine übergroße Bohrung in annehmbare Toleranzen zu bringen, mikroskopisch feine Risse auftreten. Auch wenn bei der Wiedergewinnung oder Reparatur von verschlissenen Teilflächen bei komplexen Werkstücken meistens Chrom verwendet wird, ist Chrom nicht immer ein optimales Material. Außerdem ist die Tankplattierung solcher Oberflächen mit Chrom nicht universell anwendbar. Dies ist insbesondere bei der Reparatur von zu groß gewordenen Löchern in Stahlschmiedestücken von höchster Festigkeit (240 KSI oder größer) der Fall, wie sie bei Raumfahrzeugen und Luftfahrzeugteilen verwendet werden. Im Hinblick auf diese Beschränkungen und Anforderungen ist Chrom aus der Behälterplattierung für die Reparatur von Werkstücken, d.h. zum Plattieren der Innenfläche einer Bohrung in einem hochfesten Stahlschmiedestück nicht vollständig zufriedenstellend. Ferner erfordert die Chromplattierung für die Reparatur verschlissener Flächen, auch wenn sie möglich und/oder wünschenswert ist, extrem lange Platterzeiten. Höhere Stromdichten zum Verringern dieser Plattierzeit erhöhen die Geschwindigkeit, mit der Chrom abgelagert wird, nicht wesentlich, weil der Wirkungsgrad bei erhöhter Stromdichte rapide sinkt.

Auch wenn die Tankplattierung von Chrom auf Oberflächen eines komplexen Werkstückes zur Reparatur, Wiedergewinnung oder zum Auf-Maß-Bringen von Flächen verwendet wurde, ist dieses Verfahren doch nicht vollständig befriedigend. In der Tat kann es in manchen Fällen auch nicht wirksam

ausgeführt werden. Die Tankplattierung mit Nickel ist als Reparatur-, Wiedergewinnungs- oder Kalibrierverfahren ebenfalls schwierig und teuer.

Im Hinblick auf die vielen erfahrenen Schwierigkeiten beim Versuch, verschlissene oder überdimensionierte Bohrungen in komplexen Werkstücken, wie beispielsweise in hochfesten Stahlschmiedestücken für Fahrwerke zu reparieren, wurde ein Plattierverfahren entwickelt, welches kein Chrom benötigt und das ohne hohen Kapitalaufwand, ohne lange Beschichtungszeiten und ohne besonders ausgebildetes Personal durchgeführt werden kann, wie es bei dem gemeinhin bekannten Tankplattierverfahren der Fall ist.

Das Plattierverfahren und die Plattiervorrichtung nach der Erfindung wurden geschaffen, um wesentliche Vorteile gegenüber der Spezialplattierung für eine spezielle Anwendung zu erreichen, bei der es darum geht, selektive Flächen zu plattieren, während das Werkstück selbst keine Spezialbehandlung erfordert und bei dem die lange Beschichtungszeit, die beim Tankplattieren benötigt wird, nicht erforderlich ist. Mit dem Verfahren und der Vorrichtung nach der Erfindung wird eine bemerkenswert dicke Metallschicht rasch auf einer ausgewählten Fläche eines Werkstückes abgelagert, auch wenn das Werkstück eine komplexe Gestalt hat, wobei ein Maskieren und andere komplexe, langwierige und zeitraubende Vorplattierverfahren nicht erforderlich sind.

Mit der Erfindung wird eine Elektroplattiervorrichtung zum raschen Niederschlagen eines Metalles auf einer ausgewählten Fläche des Werkstückes bereitgestellt, die eine Anode mit einem anodisch aktiven Oberflächenteil ausgewählter Gestalt aufweist, die zusammen mit der ausgewählten Flächengestalt des Werkstückes einen länglichen Spalt von mindestens 1,27 mm (0,050") bildet. Außerdem hat die Elektroplattiervorrichtung einen Träger, der diese Anode in einer Stellung fixiert, um den länglichen Spalt zu bilden. Ferner ist eine Umwälzvorrichtung vorgesehen, welche eine mit Metallionen beladene Elektroplattierlösung in einem im wesentlichen geschlossenen Kreislauf mit einer Geschwindigkeit durch den Spalt drückt, daß die Elektroplattierlösung im Spalt mindestens 25mal pro Minute ausgetauscht wird. Ferner ist eine Stromquelle vorgesehen, um zwischen der ausgewählten Werkstückfläche und der aktiven Fläche der Anode einen Strom mit einer Stromdichte von mehr als 0,31 A/cm² (2,0 A/m²) fließen zu lassen.

Diese neue Vorrichtung nach der Erfindung ist in erster Linie zum Plattieren einer zylindrischen Innenfläche in einem im wesentlichen komplex geformten, hochfesten Stahlschmiedestück geeignet, bei dem der Spalt einen kreisringförmigen Querschnitt hat und ein erstes und ein zweites Stirnende aufweist. Die Plattierlösung wird mit einer ultra-

hohen Volumenaustauschgeschwindigkeit von dem ersten Stirnende des Spaltes zu dessen zweitem Stirnende gedrückt.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn die Anode eine nicht verbrauchbare Anode ist und die Plattierlösung aus Nickel-Sulfamat besteht. Die Volumenaustauschgeschwindigkeit durch den Spalt kann als "Ultrahochgeschwindigkeit" oder "Hochgeschwindigkeitsdurchfluß" bezeichnet werden, da die Volumenaustauschgeschwindigkeit oder der Flüssigkeitsaustausch durch den Spalt größer ist als bisher. Vorzugsweise liegt die Volumenaustauschgeschwindigkeit in der Größenordnung von 200 bis 1000mal Austausch von Lösung im Spalt pro Minute. Die ultrahohe Flüssigkeitsaustauschgeschwindigkeit kann bis zu 2500mal pro Minute liegen, wobei sie nur durch die Ausrüstung und die erhältlichen Pumpen begrenzt wird. Bei Verwendung einer solchen ultrahohen Volumenaustauschgeschwindigkeit können zwischen den in ihrer Form aufeinander abgestimmten Flächen von Anode und Werkstück Stromdichten über $0,31 \text{ A/cm}^2$ ($2,0 \text{ A/m}^2$) verwendet werden, ohne hierbei die Elektroplattierlösung zu überhitzen oder in irgendeiner Weise die Gleichförmigkeit der Plattierlösung zu beeinflussen, während diese vom einen Ende des Spaltes zum anderen fließt. Dieser ultrahohe Volumenstrom gewährleistet die Abscheidung von Gasblasen, die Beibehaltung der niedrigen Temperatur und den hohen Kontaktdruck der Lösung an der Anodenfläche und den Werkstückflächen. Die radiale Breite des Spaltes, der die Plattierzelle bildet, beträgt mindestens 1,27 mm (0,050") und vorzugsweise zwischen 12,7 mm und 25,4 mm (0,50 und 1,0"). Spaltbreiten, die über 63 mm (2,5") erreichen, können bei dem Verfahren nach der Erfindung verwendet werden, wenn das Durchflußvolumen erhöht wird.

Nach der Erfindung wird zwischen der ausgewählten Fläche einer feststehenden Anode und der ausgewählten, zu plattierenden Fläche ein Spalt geschaffen. Dieser Spalt steuert den Lösungsstrom längs dieser Flächen. Ultrahohe Durchflußgeschwindigkeiten erlauben hohe Stromdichten, die wiederum eine rasche Metallabscheidung aus der strömenden Plattierlösung zur Folge haben, welches vorzugsweise Nickel ist. In jedem beliebigen Fall steht in allen Querschnittsflächen des Spaltes eine frische, nicht verbrauchte Plattierlösung mit kontrollierter Temperatur für eine gleichmäßige Plattierung zur Verfügung, die einen hohen Kontaktdruck auf die den Spalt begrenzenden Flächen ausübt. In der Praxis wird die Plattierlösung vertikal nach oben gedrückt, so daß alles Gas, was sich bei der Elektrolyse im Spalt entwickelt, in gleicher Richtung wie die Plattierlösung nach oben wandert und ausgetrieben wird.

Das Verfahren nach der Erfindung, welches sich der oben erläuterten Vorrichtung bedient, dient zur Spaltplattierung einer ausgewählten Oberfläche eines Werkstückes. Hierbei bildet diese ausgewählte, zu plattierende Oberfläche die eine Begrenzung des oben erwähnten Plattierspaltes.

Hauptziel der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Spaltplattierung anzugeben, welches ultrahohe Volumenaustauschgeschwindigkeiten oder Durchflußmengen der Plattierlösung durch den Spalt anwendet. Der Spalt ist die Plattierzelle zwischen einer feststehenden Anode und der besonderen Oberfläche des Werkstückes, die für die Plattierung ausgewählt wurde.

Wie oben dargelegt, hat die Erfindung den Vorteil, daß Stromdichten verwendet werden können, die $0,31 \text{ A/cm}^2$ ($2,0 \text{ A/m}^2$) übersteigen, so daß die Plattiergeschwindigkeit wesentlich erhöht wird und die Plattierzeit abnimmt, wodurch eine Applikation, die bisher in einem Tank über drei Tage dauerte, nun in weniger als zwei bis vier Stunden vor sich gehen kann.

Mit der Erfindung gelingt es, eine dicke Metallschicht auf einer ausgewählten Oberfläche eines Werkstückes schnell und gleichförmig über die ganze Fläche derart abzuschneiden, daß das Verfahren von einem Werkstück zum anderen wiederholt werden kann, ohne die Veränderungen, die durch die Grenzen der Handfertigkeit verursacht werden.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß dicke, gleichförmige Flächen hergestellt werden können, die bisher ohne wesentliche Einspannung und/oder Maskierung durch Tankplattierung nur schwierig, wenn überhaupt, zu erreichen waren.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung wird ein wirbelnder Durchfluß der Plattierlösung durch den Ringspalt verwendet, wo die Strömung von der Plattierlösung selbst erzeugt wird.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Plattierlösung auf der ganzen Länge des Spaltes auf einer gleichmäßigen, verhältnismäßig niedrigen Temperatur gehalten werden kann, um eine gleichförmige Plattierung längs des ganzen Spaltes zu gewährleisten.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und den Zeichnungen, in denen bevorzugte Ausführungsformen der Vorrichtung nach der Erfindung und des mit dieser durchgeführten Verfahrens erläutert sind. Es zeigt:

Fig. 1 eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei Verwendung an einem speziellen Werkstück in einer seitlichen Ansicht und teilweise im Längsschnitt,

Fig. 2 den Gegenstand der Fig. 1 im Schnitt in einer vergrößerten Darstellung, wobei bestimmte Abmessungen und Pa-

- rameter einem Ausführungsbeispiel der Erfindung entsprechen,
- Fig. 3 den Gegenstand der Fig. 2 in einem Querschnitt nach Linie 3-3,
- Fig. 4 den Gegenstand der Fig. 3 in einem Schnitt nach Linie 4-4,
- Fig. 5 den Gegenstand der Fig. 2 in einem Querschnitt nach Linie 5-5,
- Fig. 6 den Gegenstand der Fig. 2 in einem Querschnitt nach Linie 6-6,
- Fig. 7 die bei der bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung verwendete Anode in einer Seitenansicht,
- Fig. 8 eine schematische Darstellung, die bestimmte Durchflußcharakteristika der bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung zeigt und
- Fig. 9 eine graphische Darstellung, welche einen Betriebsparameter erläutert, der durch Verwendung der vorliegenden Erfindung erhalten wird.

In Fig. 1 ist eine Vorrichtung A nach der Erfindung dargestellt, die zum Aufbringen einer gleichförmigen Schicht eines elektroplattierbaren Metalles, wie beispielsweise Nickel auf eine ausgewählte Oberfläche S in Form einer zylindrischen Wand 10 dient, die einen unteren, konisch zurückweichenden Teil 12 und einen oberen, konisch zurückweichenden Teil 14 in einem komplexen Werkstück W aufweist. Zur Vereinfachung werden diese drei Teile der selektiv zu plattierenden Oberfläche im folgenden als "Oberfläche S" bezeichnet. Obgleich die vorliegende Erfindung zum Plattieren von selektiven Flächen verhältnismäßig einfacher Werkstückformen verwendet werden kann, besteht einer ihrer bemerkenswerten Vorteile darin, daß sie bei einem komplexen Werkstück eingesetzt werden kann, wie es von dem Werkstück W repräsentiert wird, welches in der dargestellten Ausführungsform ein hochfestes Stahlschmiedestück für Flugzeugfahrwerke ist, bei dem die Oberfläche 10 eine tragende Fläche ist, welche einer nagenden Korrosion unterworfen sein kann und von Zeit zu Zeit durch Aufplattieren von Metall repariert werden muß, um die Gebrauchsfähigkeit des Kernschmiedestückes wieder herzustellen. Bei der Durchführung der Erfindung ist die selektiv plattierte Oberfläche S im allgemeinen zylindrisch, wie dies bei dem Werkstück W dargestellt ist, welches viele Flächenbereiche aufweist, die nicht plattiert werden sollen, wie beispielsweise die gesamte Außenfläche, zu der, als Beispiele für unplattierte Formen, ein Zahnradteil 20, eine längliche Buchse 22, nach außen vorspringende Bereiche, wie eine Schulter 24, ein unterer Flansch 26, ein nach außen vorspringender Stützvorsprung 28 und viele andere äußere und innere Flächenbereiche gehören, die nicht plattiert werden sollen. Man erkennt, daß,

wenn dieses Schmiedestück W in einem Plattiertank als Kathode plattiert würde, normalerweise bis zu einem gewissen Ausmaß die gesamte Oberfläche des Schmiedestückes plattiert werden würde. Um nur die Oberfläche S zu plattieren, wäre ein erheblicher Aufwand an Befestigung und Maskierung notwendig, wenn ein Tankplattierverfahren angewendet wird. Außerdem wurde in der Vergangenheit normalerweise Chrom auf der Oberfläche S plattiert. Wenn jedoch Chrom auch auf einer selektiven Oberfläche plattiert wird, bedarf dies einer erheblichen Plattierzeit. Eine erhöhte Stromdichte erhöht den Wirkungsgrad und die Abscheidegeschwindigkeit von Chrom in einem Tank oder auch bei einem modifizierten Tankplattiersystem nicht wesentlich. Außerdem kann Chrom in einer größeren Dicke wie beispielsweise 1,27 mm (0,050"), nicht leicht plattiert werden. Es ist deshalb vorteilhaft, bei dieser dargestellten Applikation auf der Oberfläche S eine Nickelbeschichtung aufzubringen.

Die vorliegende Erfindung gibt nun ein Verfahren an, bei dem die Stromdichte in einem Plattierprozeß drastisch erhöht werden kann, um die Ablagerungsgeschwindigkeit eines Materials, wie beispielsweise Nickel, auf der Oberfläche S zu erhöhen. Hierbei lagert sich das bevorzugte Material mit einer Geschwindigkeit ab, die sich mit steigender Stromdichte wesentlich erhöht, auch wenn der Wirkungsgrad etwas geringer sein kann, als derjenige, der mit niedrigen Stromdichten, wie beispielsweise mit weniger als $0,15 \text{ A/cm}^2$ ($1,0 \text{ A/m}^2$) erreicht wird.

Die Vorrichtung A nach der Erfindung kann eine ausgewählte Oberfläche S mit ihren zurückspringenden Teilen 12 und 14 plattieren, wobei sie eine hohe Stromdichte über $0,31 \text{ A/cm}^2$ ($2,0 \text{ A/m}^2$) verwendet, um die Plattierzeit zu verringern, die notwendig ist, um eine vorherbestimmte Metaldicke bis zu einer Größe über 1,27 mm (0,050") zu erreichen. Bei der Erfindung kann eine hohe Stromdichte aufrechterhalten werden, so daß die niedergeschlagene Schicht proportional mit der Plattierzeit wächst. Die Erfindung ist insbesondere zum Niederschlagen von Nickel auf der ausgewählten Oberfläche S anwendbar, da die Ablagerung mit der Stromdichte wächst, ohne wesentlichen Abfall des Wirkungsgrades, wie dies bei der Chromplattierung im Tank beobachtet wurde. Das Werkstück W ist eines von vielen komplexen Schmiedestücken, bei denen oft innenliegende Bohrungen nach ihrem Verschleiß, oder wenn sie auf Übermaß gearbeitet sind, wieder aufgebaut werden müssen. In der Tat werden in vielen Fällen Innenbohrungen in solchen Schmiedestücken anfänglich mit Übermaß hergestellt, so daß eine Metallplattierungsschicht auf die Oberfläche aufgebracht werden kann, um einen guten Korrosionswiderstand, eine bessere Verschleißfestigkeit und eine feinere Oberfläche zu

erreichen. In der Vergangenheit wurde bei diesem Wiedergewinnungs- oder Aufbauprozeß gewöhnlich ein Tank oder ein modifizierter Tank verwendet, wobei Chrom oder Chrom- und Nickelschichten auf die Innenflächen der Bohrungen des Schmiedestückes aufgebracht wurden. Dieses Verfahren war mehr zeitaufwendig und es waren oft drei Tage erforderlich, um im Tank die bestimmte Oberfläche S zu plattieren, die Gegenstand des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels ist. Wird mit der Erfindung die Vorrichtung A verwendet, wird auf der Oberfläche S eine Nickelbeschichtung bis zu der gleichen Tiefe und in besserer Gleichmäßigkeit in weniger als sechs Stunden und im allgemeinen zwischen zwei und sechs Stunden hergestellt. Der sich ergebende Nickelüberzug ist gleichmäßig, schmiedbar und glatt und kann dicker hergestellt werden als ein Chromüberzug, der mit steigender Dicke mikrofeine Risse erhalten kann. Zusammengefaßt kann bei Verwendung der Erfindung die Vorrichtung A Fehler in einem komplexen Werkstück in relativ kurzer Zeit reparieren, beseitigen oder korrigieren, so daß das teure Schmiedestück W in wirtschaftlicher Weise erhalten werden kann. Dies rettet viele solche Schmiedestücke vor dem Schrott, weil in der Vergangenheit die Wiederaufarbeitung oft mehr kostete als ein neues Schmiedestück, die Wiederaufarbeitung oft unmöglich war oder Schmiedestücke durch Eintauchen in Tankplattierlösungen schwer beschädigt werden konnten, insbesondere dann, wenn die Maskierung nicht ordentlich ausgeführt worden war. Mit der Erfindung kann die gleiche Bohrung in ähnlichen Schmiedestücken mit der gleichen Vorrichtung ohne neue Justierung plattiert werden.

Die Vorrichtung A hat Komponenten, die für die Oberfläche S hergestellt sind. Andere Bohrungen oder Oberflächen erfordern abgewandelte, aber funktionell gleiche Komponenten wie die, die in Fig. 2 gezeigt sind. Eine untere oder erste Endkappe 30 greift in den Spalt g ein und dichtet ihn ab, der die Plattierzelle darstellt, die von der Oberfläche S und der Anode 40 begrenzt wird. Eine obere oder zweite Endkappe 32 verschließt das andere Ende der Plattierzelle an dem zurückweichenden Teil 14 der Oberfläche S. Die Endkappen sind zusammengeklemt und sitzen dicht auf den einander gegenüberliegenden Enden der Oberfläche S, wobei die Anode 40 von der Oberfläche S konzentrisch umgeben wird und sich parallel zu der Zylinderfläche 10 axial durch die Plattierzelle erstreckt. Um das Werkstück W und die beiden aufgeklebten Endkappen 30 und 32 in einer unverrückbaren Lage zu halten, ist eine geeignete Befestigungsvorrichtung vorgesehen, die als Stützfuß 50 dargestellt ist. Dieser Stützfuß trägt ein aufwärts gerichtetes, starres Metallrohr 52, welches den Stützfuß 50 mit der Kappe 32 verbindet, wie dies in Fig. 1 und 2

dargestellt ist, so daß das Werkstück W und die Endkappen 30 und 32 mit der Oberfläche S dazwischen schichtweise in fester Lage so angeordnet sind, daß sich die erste Endkappe unter der zweiten Endkappe befindet. Eine Flüssigkeitspumpe 60 mit ultrahohem Durchsatzvolumen, die ein Reservoir für die Elektroplattierlösung aufweist, die bei der bevorzugten Ausführungsform Nickelsulfamat ist, pumpt die Lösung in geschlossenem Kreislauf P durch die von den Endkappen 30 und 32 begrenzte Plattierzelle. Dieser Flüssigkeitsstrom hat ein ultrahohes Volumen.

Bei der dargestellten Ausführungsform pumpt die Flüssigkeitspumpe 60 0,315 - 0,74 l/s (600 - 700 Gallonen/h) Flüssigkeit so daß die Lösung längs des durch die Pfeile in Fig. 1 und 2 angegebenen Weges mit einer so hohen Geschwindigkeit strömt, daß die Lösung in der Plattierzelle in der Größenordnung von 200 bis 1000mal pro Minute ausgetauscht wird. Nach der Erfindung hat die Pumpe einen ultrahohen Volumendurchsatz, um einen Flüssigkeitsstrom durch den ringförmigen Spalt g mit einer Geschwindigkeit zu pressen, die mindestens 25mal/Minute einen vollständigen Wechsel der Flüssigkeit zur Folge hat. Dieser überaus große Volumenstrom erlaubt es, daß sich aus der Plattierlösung Nickel auf der Oberfläche S abscheidet, wenn eine Stromdichte über $0,31 \text{ A/cm}^2$ ($2,0 \text{ A/m}^2$) verwendet wird. Da die Durchflußmenge oder Fließgeschwindigkeit wächst, kann auch die Stromdichte mindestens auf annähernd $1,6 \text{ A/cm}^2$ ($10,0 \text{ A/m}^2$) erhöht werden, um die aus der Plattierlösung auf der Oberfläche S abgelagerte Nickelmenge wesentlich zu erhöhen. Die Anode 40 ist eine nicht verbrauchbare Anode. Aus diesem Grunde bleibt der Spalt g über den Plattierzyklus konstant, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel weniger als sechs Stunden dauert. Der gleiche Niederschlag an Nickel erforderte bisher beim Plattieren nach dem Tankplattiersystem ungefähr drei Tage, wenn er überhaupt erreichbar war.

Um den ultragroßen Volumenstrom oder den ultrahohen Fluiddurchfluß durch den geschlossenen Umlauf P zu drücken, fördert die Pumpe 60 die Nickelsulfamat- oder eine ähnliche Plattierlösung in eine Hochdruck-Kunststoff-Förderleitung 62, welche sich in dem Rohr 52 aufwärts bis in die untere Endkappe erstreckt. Der Flüssigkeitsstrom bewegt sich dann aufwärts durch die Plattierzelle, die von der Oberfläche S und der Anode 40 begrenzt wird und tritt durch die obere Endkappe 32 in zwei Ausflußleitungen 64 und 66 aus, welche in eine größere Rückflußleitung 68 münden. Durch die Verwendung von zwei diametral im Abstand voneinander angeordneten Ausflußleitungen 64 und 66 wird der Ausfluß durch die obere Endkappe 32 gleichmäßiger verteilt, um eine Cavitation zu verhindern und einen glatten Durchfluß der Plattierlö-

sung durch die jeweilige Plattierzelle zu erreichen.

In Übereinstimmung mit der Standardausführung wird Gleichstrom von einer üblichen, tragbaren Plattierstromquelle durch den ringförmigen Spalt g geleitet. Hierbei ist eine Anodenanschlusssklemme 80 an die Anode 40 und eine Kathodenanschlusssklemme 82 an das Werkstück oder Schmiedestück W angeschlossen. In der praktischen Ausführung wird eine Kathode neben den Endkappen 30 und 32 der Vorrichtung A dadurch angeschlossen, daß in der Nachbarschaft der Oberfläche S eine Klemme rund um das Werkstück W gelegt wird. Die besondere Konstruktion zum Anlegen eines Stromes, der durch den festen, ringförmigen Spalt g fließt, ist nicht Teil der Erfindung und kann durch verschiedene elektrische Anschlüsse verwirklicht werden.

Im Betrieb wird der elektrische Stromfluß zwischen den Anschlusssklemmen 80 und 82 so eingestellt, daß die gewünschte Plattierleistung erreicht wird, der zum Erreichen des größten Nutzens der Erfindung extrem hoch ist und mindestens etwa $0,31 \text{ A/cm}^2$ ($2,0 \text{ A/in}^2$) beträgt. Die Stromdichte kann soweit erhöht werden, wie die von der Pumpe 60 geleistete Durchflußmenge erhöht werden kann. Die derzeit verfügbaren Pumpen leisten etwa 18,9 - 50,5 l/s (300 bis 800 Gallonen/Min.) und schaffen, wie oben ausgeführt, einen ultrahohen Volumenstrom, um mindestens etwa 200mal/Min. einen Austausch der Elektroplattierlösung im Spalt g zu erreichen.

Die untere Endkappe 30 ist so konstruiert, daß sie eine gleichmäßige Verteilung der Plattierlösung im Spalt g bei den ultrahohen Durchfluß gewährleistet. Infolgedessen werden alle Querschnittsflächen der zylindrischen Anodenfläche und der Oberfläche S kontinuierlich und gleichförmig mit einer frischen Plattierlösung in innigem, direktem, ununterbrochenem, physischem und elektrischem Oberflächenkontakt versorgt. Zu diesem Zweck hat die Endkappe 30 eine Nase 100, die eine äußere Umfangsfläche hat, die derart speziell geformt und bemessen ist, daß sie der Kontur 102 des Werkstückes W angepaßt ist. In der Zeichnung hat diese Kontur ringförmige, konzentrische Schultern 104 und 106, die einen Teil der Gesamtform des Werkstückes bilden. Diese Schultern sind mit der Oberfläche S konzentrisch und bestimmen die äußere Umfangsfläche der Nase 100, die für die dargestellte Bohrung geformt ist. Ein zweiter Teil, nämlich eine untere Grundplatte 110 ist an parallelen, sich zur Seite hin erstreckenden Stirnflächen 112 und 114 mit mehreren im Abstand voneinander angeordneten Bolzen 116 angeklemt, welche die Nase 100 und die Grundplatte 110 zusammenziehen. Ein O-Ring 118 dichtet die inneren Durchflußöffnungen der Kappe 30 ab. Diese Durchflußöffnungen nehmen die Hochdruckplattierlösung auf, welche mit

einem ultrahohen Mengenstrom durch die Zufuhrleitung 62 fließt. Die Lösung bewegt sich durch die Kappe 30, wie dies durch die Pfeile in Fig. 2 angedeutet ist.

Die Grundplatte 110 hat eine zentrale Gewindebohrung 120, die das mit Gewinde versehene Ende 122 der Zufuhrleitung 62 aufnimmt, welches zum Anschluß dieses Hochdruckrohres an die Grundplatte 110 dient. Eine konzentrische, zweite Gewindebohrung 130 nimmt das mit Gewinde versehene Ende 132 des starren Tragrohres 52 auf, welches die Vorrichtung A und das Werkstück W in seiner vertikalen Lage trägt.

Die Nase 100 ist mit den Grunddurchflußöffnungen der unteren Endkappe 30 versehen und hat eine nach außen gerichtete Schulter 140, die an der konzentrischen Schulter 106 des Werkstückes W anliegt, um die Kappe 30 auszufluchten. In einer Ausnehmung 144 der Nase 100 ist ein im Querschnitt rechteckiger O-Ring 142 derart angeordnet, daß sein äußerer kreisförmiger Rand 146 mit der Kante 148 am äußersten Ende des konischen Ausnehmungsteiles 12 derart übereinstimmt, daß der Rand 146 die Außenkante des Plattierbereiches der Plattierzelle begrenzt. Die Ränder 146 und 148 können durch Bewegung des Werkstückes W auf der Nase 100 von Hand genau miteinander in Übereinstimmung gebracht werden, bevor die Anode 40 die obere Endkappe 32 in ihrer Lage festklemmt.

Zu den inneren Durchflußöffnungen der Kappe 30 gehört eine konzentrische Plenumkammer 150, die einen Durchmesser e und eine Höhe von $12,7 \text{ mm} (1/2 \text{ ")}$ hat. Der Durchmesser e ist etwa ebenso groß wie der Durchmesser a des zylindrischen Teiles 10 der Oberfläche S, so daß ein großes Volumen an Lösung, die aus der Zufuhrleitung 62 kommt, sich in der Plenumkammer 150 sammeln kann, bevor sie aus der Plenumkammer in einen Verteilerraum 160 am oberen, freiliegenden Ende der Nase 100 geleitet wird. Durch die Anordnung einer Plenumkammer und eines Verteilerraumes kann ein sehr großer Mengenstrom von dem Verteilerraum aus verteilt werden, nachdem er in der Plenumkammer gleichmäßig unter Druck gesetzt wurde.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist eine neuartige Düsenanordnung vorgesehen, um die Lösung aus der unteren Plenumkammer 150 in den oberen Verteilerraum zu bringen. Durch diese Düsenanordnung werden mehrere, voneinander getrennte und verschiedene, spiralförmige Ströme von Plattierlösung 170 erzeugt, die in Fig. 2 als spiralförmige Pfeile 170 schematisch dargestellt sind. Die Düseneinrichtung zum Erzeugen dieses spiralförmig gestalteten Durchflusses durch den Ringspalt g wird von mehreren, in Umfangsrichtung im Abstand voneinander angeordneten Löchern

oder Bohrungen 180 erzeugt, von denen acht in einem gleichen Umfangsabstand voneinander dargestellt sind. Diese Löcher sind um einen Winkel von annähernd 30° (in der Praxis 27°) derart gegen die Längsachse geneigt, daß die Flüssigkeitsströme 170 in den Spalt g und nicht gegen die Anode 40 oder die Oberfläche S gerichtet sind. Auf diese Weise laufen die Düsenstrahlen oder Ströme der Plattierlösung im wesentlichen in der Mitte des Spaltes schraubenlinienförmig durch diesen Spalt g, um alles andere zu verhindern, mit Ausnahme des normalen gleichmäßigen Durchflusses von Flüssigkeit längs der Anodenfläche und der zu plattierenden Oberfläche. Die besondere, bevorzugte wendelförmige Ausbildung der Durchflußkanäle nach der Erfindung erhöht die Oberflächengeschwindigkeit der Lösung auf einen Wert, der noch größer ist als die von der Pumpe 60 erzeugte Austauschgeschwindigkeit. Die tatsächliche Geschwindigkeit der durch die Plattierzelle oder den Spalt strömenden Flüssigkeit wird bestimmt durch die Entfernung, welche die Lösung zurücklegt und die Zeit, welche die Lösung braucht, um den Spalt zu durchfließen. Die Geschwindigkeit des Durchflusses durch die Zelle ist sogar größer als die ultrahohe Geschwindigkeit der ultrahohen Durchflußmenge im übrigen Bereich. Die Löcher 180 in der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung haben einen Durchmesser von annähernd 6,35 mm ($\frac{1}{4}$ "), der schematisch als das Maß f in den Fig. 2 und 4 dargestellt ist.

Für den Anschluß der unteren Endkappe 30 an die Anode ist eine zentrale Gewindebohrung 190 vorgesehen, die das mit Gewinde versehene Ende 192 der Anode 40 aufnimmt und das untere Ende der Anode der Vorrichtung A abstützt, wenn die beiden Kappen sich in Plattierstellung befinden. Wie dies in Fig. 2 angedeutet ist, bestehen die Nase 100 und die Grundplatte 110 aus einem geeigneten Kunststoffmaterial, welches nicht leitend ist und eine Isolierung zwischen der positiven Anode 40 und dem negativ gepolten Werkstück W bildet.

Aus den Fig. 2 und 6 geht hervor, daß die obere Endkappe 32 einen im wesentlichen flachen Kunststoffkörper hat, in dem sich eine ringförmige Ausnehmung 204 befindet, in der sich ein nach unten erstreckender, im Querschnitt rechteckiger O-Ring 202 befindet, dessen untere Innenkante 206 mit der Außenkante 208 des zu plattierenden, konischen, zurückspringenden Teiles 14 zusammenfällt. Der O-Ring 202 hat die gleiche Funktion wie der O-Ring 142 der unteren Endkappe, so daß diese beiden rechteckigen O-Ringe die äußerste Ausdehnung der im Betrieb der Vorrichtung A zu plattierenden ausgewählten Oberfläche begrenzen.

Für den Zusammenbau der beiden Endkappen hat der Körper 200 eine zentrische Mittelöffnung

210, welche den zylindrischen Schaft 218 der Anode 40 aufnimmt. In der zentrischen Öffnung 210 ist ein Standard-O-Ring 212 angeordnet, der diese Öffnung gegen den Schaft 218 der Anode abdichtet, welche in der Öffnung gleiten kann. Am Schaft 218 ist ein oberer Kragen 214 mit einem geeigneten Mittel, beispielsweise einer Klemmschraube 216 befestigt.

Die Durchflußöffnungen für die Elektroplattierung in der oberen Kappe 32 sind so ausgebildet, daß sie alles Gas sammeln, welches sich während des Plattierprozesses bilden kann. Dieses Gas kann durch seinen Auftrieb von der Kappe 30 nach oben in die Kappe 32 gelangen. Damit sich die Flüssigkeit nach dem Plattiervorgang sammeln kann und um einen Sammler für jede Art von Gas zu schaffen, das während des Plattierprozesses entsteht, hat der Körper 200 einen sich nach außen erweiternden, konischen, oberen Sammelraum 220 mit einer im wesentlichen ebenen Oberfläche, die sich mit zwei im Abstand voneinander angeordneten Bohrungen 222 und 224 schneidet, welche die mit Gewinde versehenen Nippel 230 und 232 der Abflußleitungen 64 bzw. 66 aufnehmen. Diese Leitungen haben relativ große Querschnitte und müssen sich im Abstand von der Anode 40 befinden. Die Bohrungen 222 und 224 schneiden deshalb nach unten in die konischen Flächen 240 und 242 ein und bilden eine schräge Verschneidung mit der konischen Fläche, welche den Hohlraum 220 bildet, wie dies am besten aus den Fig. 2 und 6 hervorgeht. Auf diese Weise wird die durch den Spalt g strömende Lösung in dem Hohlraum 220 gesammelt, der sich in Querrichtung, d.h. in einer zur Bewegungsrichtung auf dem Wege P senkrechten Richtung erweitert. Hierdurch wird die Geschwindigkeit der Lösung in dem Hohlraum 220 zur Verteilung auf die beiden Auslaßleitungen 64 und 66 verringert. Dieser sich nach außen erweiternde, die Geschwindigkeit reduzierende Teil erlaubt das Sammeln aller Gase, die sich während des Plattierprozesses bilden, die Querschnittsvergrößerung der Querschnittsfläche der Fläche 10 hinaus reicht jedoch nicht aus, um die Geschwindigkeit wesentlich zu reduzieren.

Beim Zusammenbau der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung A wird das Ende 192 der Anode 40 in die Bohrung 190 der unteren Endkappe 30 eingeschraubt. Das Werkstück W wird dann auf dem quadratischen O-Ring 142 zentriert und so positioniert, daß die Ränder 146 und 148 aufeinanderliegen. Dann wird der Körper 200 über den Schaft 218 der Anode geschoben und in eine zentrische Position nach unten geführt, in der die Ränder 206 und 208 aufeinanderliegen. Dann wird der Kragen 214 auf dem Schaft 218 mit der Klemmschraube 216 festgesetzt. Anschließend wird die Anode 40 an ihrem oberen, mehrkantigen Teil 250 gedreht,

um durch Einschrauben des unteren Endes 192 in die Gewindebohrung 190 der unteren Endkappe 30 die Endkappen zusammenzuklemmen. Danach läßt man ein geeignetes Anodenanschlußteil 252 in das obere Ende der Anode einschnappen und schließt die Anoden- und Kathodenleitungen an. Um den Arbeitsprozeß zu starten, drückt die Pumpe 60 die Plattierlösung durch die Plattierzelle, wie dies durch die Pfeile in Fig. 2 angedeutet ist, während Strom durch den ringförmigen Spalt g fließt. Der Plattierprozeß dauert so lange an, bis die gewünschte Dicke des aufplattierten Metalles erreicht worden ist.

Wendet man sich nun der Fig. 7 zu, so erkennt man die Anode 40, die bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung benutzt wird. Eine standard-platinbeschichtete Titan-Anoden-Stange ist so bearbeitet, daß sie einen ausgewählten Bereich des Abschnittes 300 aufweist, welcher auf die ausgewählte Oberfläche S angepaßt ist, die plattiert werden soll. Nach einem Merkmal der Erfindung ist diese Oberfläche 10 zylindrisch. Deshalb ist auch die Oberfläche oder der ausgewählte Teil 300 zylindrisch und hat eine Länge h , die der Länge der zu plattierenden Oberfläche S angepaßt ist. Wenn der Plattierprozeß eingeleitet wird, bestehen die freiliegenden Teile der Anode 40 mit Ausnahme des Bereiches 300 aus Titan, welchem eloxiert ist und deshalb keinen Stromfluß erzeugt. Der Strom fließt deshalb nur von der Oberfläche 300 aus, die an die zu beschichtende Oberfläche S angepaßt ist. Da die Anode 40 bei der einen Ausführungsform der Erfindung nicht verbrauchbar ist, bleibt der Spalt g konstant und ermöglicht einen kontinuierlichen und gleichförmigen Durchfluß durch die Plattierzelle, ohne daß durch Erschöpfung oder Verarmung der Anode Änderungen hervorgerufen werden.

Fig. 8 ist eine schematische Darstellung einer anderen Ausführungsform der Erfindung. Der Lösungsstrom längs des Weges P durch den Spalt von dem Zuführende F zum Auslaßende D zwischen den Endkappen 30 und 32 wird so gesteuert, daß ein schneller und zwangsweiser Austausch von Plattierlösung im Spalt g erfolgt. Um dies zu bewerkstelligen, ist die Querschnittsfläche oder die Begrenzung der Auslaßleitungen 64 und 66 größer als die Querschnittsfläche oder die Begrenzung der Zuführleitung 62; die vereinigte Fläche der Austrittsleitungen ist jedoch nicht größer als das Doppelte der Querschnittsfläche der Zuführleitung. Auf diese Weise wird der Lösungsstrom durch die Plattierzelle so gesteuert, daß ein Geschwindigkeitsabfall in der Zelle aufgrund einer Vergrößerung der Querschnittsflächen in dem Strömungsvorgang durch die Zelle verhindert wird. Aufgrund der Tatsache, daß der Auslaßquerschnitt mindestens ebenso groß ist wie der Einlaßquerschnitt, tritt kein

Rückstau auf und es gibt keine wesentliche Geschwindigkeitsreduzierung, da der Auslaßquerschnitt nicht größer ist als etwa das Doppelte des Einlaßquerschnitts. Dies ist ein anderes Merkmal der Erfindung, welches einen gleichförmigen und kontinuierlichen Durchfluß von Plattierlösungen durch den ringförmigen Spalt g unterstützt.

Die Parameter, die in Fig. 2 angegeben sind und weiter oben diskutiert wurden, stellen ein Beispiel der vorliegenden Erfindung da. Hierbei hat die Oberfläche 10 einen Durchmesser von 41,2 mm (1,62") und der Spalt ist 15,875 mm (0,625"). In der Praxis liegt dieser Spalt zwischen 1,27 mm und 51mm (0,050 und 2,0"). Die Länge der Fläche S beträgt 38mm(1,50") und die Stromstärke beträgt ungefähr 30 A. 1135 Liter (300 Gallonen) einer Nickelsulfamat-Plattierlösung werden pro Stunde durch den Spalt g gepumpt. Die Querschnittsfläche A_0 der Plenumkammer 150 ist ungefähr gleich der Querschnittsfläche A_0 der Bohrung des Werkstückes, die von der Fläche 10 begrenzt wird; sie ist jedoch größer als die Querschnittsfläche des Spaltes g und wesentlich größer als die Summe der Querschnittsflächen A_i der verschiedenen Löcher 180, welche die Düsen darstellen. Dieses Beispiel ermöglicht eine Nickelablagerung in der gewünschten Dicke mit einem Plattierzyklus zwischen 2,0 und 6,0 Stunden. Demgegenüber würde eine Tankplattierung der gleichen Oberfläche unter Verwendung von Chrom bis zur gleichen Dicke, wenn sie überhaupt möglich wäre, mehr als drei Tage dauern.

Nach der Erfindung beträgt die Austauschgeschwindigkeit der Plattierlösung im Spalt g mindestens 25mal/Min. Dies wird in allgemeiner Form durch die graphische Darstellung in Fig. 9 gezeigt, wo die höchste Stromdichte mit der Austauschgeschwindigkeit anwächst. Dieses Verhältnis definiert einen Betriebsbereich, der auf 1,55 oder mehr A/cm^2 ($10 A/in^2$) ansteigt, während die Austauschgeschwindigkeit bis auf 2500mal/Min. sich erhöht. Natürlich ist die im Verfahren verwendete Stromdichte nicht notwendigerweise die maximale Stromdichte, da andere Verfahrensparameter die exakte Stromdichte bestimmen, die von dem jeweiligen Bedienungsman für ein bestimmtes, zu bearbeitendes Werkstück gewünscht wird. Die gewünschte Stromdichte kann durch die Größe des Spaltes, durch die Temperatur im Spalt und durch verwandte Parameter bestimmt werden, die nicht Teil der vorliegenden Erfindung sind.

Nach der Erfindung wird die ultrahohe Durchflußgeschwindigkeit so eingestellt, daß die Plattierung lediglich durch Verwendung von zwei getrennten Verschlüssen oder Endkappen erreicht werden kann, welche die Plattierzelle begrenzen und daß die Plattierlösung durch den Spalt zwischen Anode und ausgewählter, zu plattierender Oberfläche mit

einer so hohen Geschwindigkeit durchgedrückt wird, das hohe Stromdichten möglich werden. In der Praxis ist die Plattierlösung eine Nickellösung und vorzugsweise Nickelsulfamat. Die Temperatur im Spalt wird auf einem Wert zwischen 43 und 55 ° C (110 und 130 ° F) gehalten.

Nach einem Hauptmerkmal der Erfindung ist die Oberfläche 10 zylindrisch und die Umfangsfläche 300 der Anode 40 ist ebenfalls zylindrisch und begrenzt eine nicht verbrauchbare Anode. Die Plattierlösung ist irgendeine der verschiedenen Plattierlösungen, die bei selektiven Plattierprozessen ohne Tank verwendet werden. Chrom wird gewöhnlich bei dieser Verfahrensart nicht eingesetzt. Die normalerweise beim selektiven Plattieren bevorzugten Lösungen sind Nickel, Blei, Kupfer, Eisen, Zinn und Zink. Natürlich könnten auch Edelmetalle verwendet werden; die Erfindung ist jedoch in erster Linie für industrielle Zwecke anwendbar, welche den Einsatz von Edelmetallen nicht beabsichtigen. Chrom macht bei der Verwendung der vorliegenden Erfindung insofern Schwierigkeiten, als die Plattierung sehr langsam durchgeführt werden muß und die durch den raschen Durchfluß erreichten Vorteile beim Chromplattieren nicht voll realisiert werden. Chromniederschläge sind spröde und in ihrer Dicke begrenzt, was von der Nützlichkeit der vorliegenden Erfindung ablenkt. In allen Fällen würde Chrom bei Verwendung der vorliegenden Erfindung Schwierigkeiten bereiten und es wird aus diesem Grunde nicht bevorzugt. Einige Merkmale der Erfindung können jedoch auch für ein Chromplattiersystem einen gewissen Vorteil bringen. Nickel wird als das bevorzugte und beste Metall angesehen, das bei der Durchführung der vorliegenden Erfindung zu verwenden ist.

Beim Gebrauch der Vorrichtung A ist der Lösungsstrom auf die zu plattierende Oberfläche und die Anodenoberfläche begrenzt. Es besteht keine Notwendigkeit für eine Lackierung oder eine andere isolierende Beschichtung, um eine unerwünschte Plattierung zu verhindern. Das Werkstück W kann verschiedene Formen haben. Durch Bereitstellung des hohen Durchflußvolumens gibt es eine gleichbleibende Lösung/Metall-Grenzfläche an der Anodenoberfläche 300 und der zu plattierenden Oberfläche S. Es gibt kein Flüssigkeitsspritzen der Lösung und keine anderen Hilfeingaben in den Spalt g, die von der Gleichmäßigkeit der rapide in axialer Richtung durch den Spalt fließenden Lösung ablenken können. Ferner nimmt die Neigung zur Gasbildung in der Lösung ab und es besteht ein hoher Oberflächendruck zwischen der Lösung einerseits und der Anodenfläche und der zu plattierenden Oberfläche S andererseits, so daß ein extrem intensiver Flüssigkeit/Metall-Grenzflächenkontakt mit der fließenden Lösung hergestellt wird. Der Spalt g braucht nicht genau kontrolliert zu werden, solange

sein Querschnitt im wesentlichen gleich bleibt, um die hohe Flächendruckberührung der axial durch den Spalt strömenden flüssigen Lösung nicht zu unterbrechen. Der Spalt sollte keine Bereiche haben, welche die Lösung sammeln oder die Geschwindigkeit der Lösung während ihrer Bewegung durch den Spalt herabsetzen. Eine solche Geschwindigkeitsverminderung ist beim Tankplattieren allgemein üblich und führt zu einer Stagnation und Akkumulation von schwächerer Plattierlösung, die sich im Kontakt mit bestimmten Teilen der zu plattierenden Oberfläche befindet.

Nach der Erfindung ist die Fließrichtung in vertikaler Richtung nach aufwärts gerichtet, um mit dem Strom irgendwelcher Gasblasen übereinzustimmen, die während des Plattiervorganges entstehen. Der Ausdruck "ultrahohes" Volumen, soweit er sich auf das Verhältnis oder die Zirkulation bezieht, bedeutet mehr als 25 Lösungsaustauschvorgänge im Spalt g pro Minute und vorzugsweise mehr als 200 Austauschvorgänge pro Minute. Die Anodenkonstruktion nach der Erfindung ist geometrisch der zu plattierenden Fläche 10 angepaßt, zum Unterschied beim Tankplattierverfahren, wo sich die Anode weit weg von der zu plattierenden Fläche befindet und mit diesem keine echte geometrische Verwandtschaft hat. Die Anodenfläche wirkt mit der Oberfläche S zusammen und bildet den Spalt, durch den die Flüssigkeit mit ultrahoher Geschwindigkeit fließt.

Dies ist ein außergewöhnliches Plattierverfahren und ganz verschieden von jeder Tank- oder normalen Spaltplattierung. Durch Verwendung einer unteren Plenumkammer 150 in der Kappe 30 wird die einströmende Flüssigkeit gleichmäßig verteilt, bevor sie mit hoher Geschwindigkeit die Löcher 180 durchströmt. Dieser Geschwindigkeitswechsel in den Düsen gewährleistet, daß die einzelnen Düsenstrahlen, die von den in Umfangsrichtung im Abstand voneinander angeordneten Löchern erzeugt werden, in eine Richtung zwischen der zu plattierenden Oberfläche und der Anodenoberfläche durch den Spalt getrieben werden. Da jeder Düsenstrahl als Wirbel oder Spirale erzeugt wird, steigt die Flüssigkeitgeschwindigkeit im Spalt an, weil die Lösung auf ihrem Weg von der unteren Kappe 30 zur oberen Kappe 32 eine größere Strecke durchläuft.

Durch Verwendung der Kappenlösung ist die Wiederholbarkeit von einem Werkstück zum anderen erreicht. Jedes Werkstück könnte natürlich seine eigene, speziell ausgebildete Befestigungsvorrichtung haben. Diese Befestigungsvorrichtung mit der Pumpe für die Plattierlösung und die Stromversorgung dazu sind tragbar. Die Lösung durchläuft ein geschlossenes System und kann nach einer vorherbestimmten Gebrauchsdauer periodisch wieder aufgefrischt werden. Mit der Erfindung wird

eine gleichförmige Plattierung im gesamten Spalt erzielt und es gibt keine Bereiche der Stagnation, einer erhöhten Temperatur oder geringerer Durchflußmengen. Dieser Vorteil wird durch die hohen Lösungs-Austauschraten erzielt, welche in erster Linie durch die Widerstandsfähigkeit und Bauart der Ausrüstung beschränkt werden und 2500 Austauschvorgänge pro Minute erreichen, wie dies graphisch in Fig. 9 dargestellt ist. Die Anode ist so geformt, daß sie mit der ausgewählten, zu plattierenden Form übereinstimmt, sie ist bei der einen bevorzugten Ausführungsform unlöslich, d.h. unverbrauchbar und läßt Strom nur von der ausgewählten Oberfläche, beispielsweise von der in den Fig. 2 und 7 dargestellten Oberfläche 300 abfließen. Auf diese Weise fließt auch ein gleichmäßiger Strom durch den Spalt von der Fläche 300 der Anode zu der zu plattierenden Oberfläche S.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Elektroplattieren einer ausgewählten Oberfläche (S) eines Werkstücks (W), bei dem eine Elektroplattierlösung (170) mit Metallkationen bzw. eine Elektrolyt-Lösung mit großer Fließgeschwindigkeit durch einen langgestreckten Spalt (g) geleitet wird, der von einer Anode (40) und der zu plattierenden Oberfläche (S) des Werkstücks (W) begrenzt und von einem elektrischen Strom mit einer Stromdichte von mehr als $0,3 \text{ A/cm}^2$ (2 A/in^2) von der Anode (40) zur Werkstückoberfläche (S) quer durchflossen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine sich nicht verbrauchende Anode (40) verwendet wird, die einen anodisch nichtaktiven Teil (218) und einen anodisch aktiven Oberflächenteil (300) aufweist, der der zu plattierenden Oberfläche (S) des Werkstücks (W) angepaßt ist, und daß die Elektroplattierlösung (170) bzw. die Elektrolytlösung mit einer so hohen Volumenaustauschgeschwindigkeit durch den Spalt (g) geleitet wird, daß die Lösung im Spalt (g) mindestens 25 mal pro Minute ausgetauscht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der anodisch aktive Oberflächenteil (300) der sich nicht verbrauchenden Anode (40) dadurch an die zu plattierende Oberfläche (S) des Werkstücks (W) angepaßt wird, daß ein äußerer, anodisch aktiver Überzug von der Anode an Flächenbereichen entfernt wird, die nicht der zu plattierenden Oberfläche (S) entsprechen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Basismetall für die Anode Titan verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den anodischen Oberflächenteil (300) Platin verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Lösung eine Nickelplattierlösung verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Lösung eine Nickelsulfamat-Lösung verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Temperatur der Lösung im Spalt in einem Bereich von $110^\circ - 130^\circ \text{ F}$ gehalten wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stromdichte im Bereich von $0,3$ bis $1,6 \text{ A/cm}^2$ ($2 - 10 \text{ A/inch}^2$) liegt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Lösungsaustausch im Spalt 200 bis 1000 mal/Min. erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Durchflußmenge der Lösung im Spalt so groß ist, daß sie 25 bis 2500 mal/Min. ausgetauscht wird.
11. Vorrichtung zum Elektroplattieren einer ausgewählten Oberfläche (S) eines Werkstücks (W), mit Tragvorrichtungen (30, 32), die das Werkstück (W) und die Anode (40) derart abstützen, daß zwischen Anode (40) und der zu plattierenden Oberfläche des Werkstücks (W) ein langgestreckter Spalt (g) gebildet wird, mit einer Pumpe (60), welche Elektroplattierlösung mit großer Fließgeschwindigkeit in Längsrichtung durch den Spalt drückt und mit einer an das Werkstück (W) und an die Anode (40) angeschlossenen elektrischen Plattierstromquelle, die einen elektrischen Strom mit einer Stromdichte von mehr als $0,3 \text{ A/cm}^2$ ($2,0 \text{ A/in}^2$) quer durch den Spalt (g) von der Anode (40) zum Werkstück (W) fließen läßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anode (40) eine nicht verbrauchbare Anode ist, die einen anodisch aktiven Oberflächenteil (300) aufweist, der an die zu plattierende, ausgewählte Oberfläche (S) des Werkstücks (W) angepaßt ist und daß die Pumpe (60) eine so hohe Leistung hat, daß die von ihr durch den Spalt (g) gedrückte Elektroplattierlösung mindestens 25 mal/Min. ausgetauscht wird.



eine gleichförmige Plattierung im gesamten Spalt erzielt und es gibt keine Bereiche der Stagnation, einer erhöhten Temperatur oder geringerer Durchflußmengen. Dieser Vorteil wird durch die hohen Lösungs-Austauschraten erzielt, welche in erster Linie durch die Widerstandsfähigkeit und Bauart der Ausrüstung beschränkt werden und 2500 Austauschvorgänge pro Minute erreichen, wie dies graphisch in Fig. 9 dargestellt ist. Die Anode ist so geformt, daß sie mit der ausgewählten, zu plattierenden Form übereinstimmt, sie ist bei der einen bevorzugten Ausführungsform unlöslich, d.h. unverbrauchbar und läßt Strom nur von der ausgewählten Oberfläche, beispielsweise von der in den Fig. 2 und 7 dargestellten Oberfläche 300 abfließen. Auf diese Weise fließt auch ein gleichmäßiger Strom durch den Spalt von der Fläche 300 der Anode zu der zu plattierenden Oberfläche S.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Elektroplattieren einer ausgewählten Oberfläche (S) eines Werkstücks (W), bei dem eine Elektroplattierlösung (170) mit Metallkationen bzw. eine Elektrolyt-Lösung mit großer Fließgeschwindigkeit durch einen langgestreckten Spalt (g) geleitet wird, der von einer Anode (40) und der zu plattierenden Oberfläche (S) des Werkstücks (W) begrenzt und von einem elektrischen Strom mit einer Stromdichte von mehr als $0,3 \text{ A/cm}^2$ (2 A/in^2) von der Anode (40) zur Werkstückoberfläche (S) quer durchflossen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine sich nicht verbrauchende Anode (40) verwendet wird, die einen anodisch nichtaktiven Teil (218) und einen anodisch aktiven Oberflächenteil (300) aufweist, der der zu plattierenden Oberfläche (S) des Werkstücks (W) angepaßt ist, und daß die Elektroplattierlösung (170) bzw. die Elektrolytlösung mit einer so hohen Volumenaustauschgeschwindigkeit durch den Spalt (g) geleitet wird, daß die Lösung im Spalt (g) mindestens 25 mal pro Minute ausgetauscht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der anodisch aktive Oberflächenteil (300) der sich nicht verbrauchenden Anode (40) dadurch an die zu plattierende Oberfläche (S) des Werkstücks (W) angepaßt wird, daß ein äußerer, anodisch aktiver Überzug von der Anode an Flächenbereichen entfernt wird, die nicht der zu plattierenden Oberfläche (S) entsprechen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Basismetall für die Anode Titan verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den anodischen Oberflächenteil (300) Platin verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Lösung eine Nickelplattierlösung verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Lösung eine Nickelsulfamat-Lösung verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Temperatur der Lösung im Spalt in einem Bereich von $110^\circ - 130^\circ \text{ F}$ gehalten wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stromdichte im Bereich von $0,3$ bis $1,6 \text{ A/cm}^2$ ($2 - 10 \text{ A/inch}^2$) liegt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Lösungsaustausch im Spalt 200 bis 1000 mal/Min. erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Durchflußmenge der Lösung im Spalt so groß ist, daß sie 25 bis 2500 mal/Min. ausgetauscht wird.

11. Vorrichtung zum Elektroplattieren einer ausgewählten Oberfläche (S) eines Werkstückes (W), mit Tragvorrichtungen (30, 32), die das Werkstück (W) und die Anode (40) derart abstützen, daß zwischen Anode (40) und der zu plattierenden Oberfläche des Werkstücks (W) ein langgestreckter Spalt (g) gebildet wird, mit einer Pumpe (60), welche Elektroplattierlösung mit großer Fließgeschwindigkeit in Längsrichtung durch den Spalt drückt und mit einer an das Werkstück (W) und an die Anode (40) angeschlossenen elektrischen Plattierstromquelle, die einen elektrischen Strom mit einer Stromdichte von mehr als $0,3 \text{ A/cm}^2$ ($2,0 \text{ A/in}^2$) quer durch den Spalt (g) von der Anode (40) zum Werkstück (W) fließen läßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anode (40) eine nicht verbrauchbare Anode ist, die einen anodisch aktiven Oberflächenteil (300) aufweist, der an die zu plattierende, ausgewählte Oberfläche (S) des Werkstücks (W) angepaßt ist und daß die Pumpe (60) eine so hohe Leistung hat, daß die von ihr durch den Spalt (g) gedrückte Elektroplattierlösung mindestens 25 mal/Min. ausgetauscht wird.



12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anode (40) aus einem anodisch nicht-aktiven Basismetall und einem anodisch aktiven Überzug besteht, dessen Form und Abmessungen der zu plattierenden Oberfläche (S) des Werkstücks (W) angepaßt sind. 5
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Überzug Platin ist. 10
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Basismetall der Anode Titan ist. 15
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Spalt (g) an seinem einen Ende (12) von einer zweiten Endkappe (32) angeschlossen ist und daß die beiden Endkappen (30 und 32) die Anode (40) tragen und Durchflußöffnungen (180 bzw. 64, 66) aufweisen, die einen Teil des Weges für den geschlossenen Lösungsmittelkreislauf bilden. 20
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor der ersten Endkappe (30) am Einlaßende des Spaltes (g) eine Plenumkammer (150) angeordnet ist, die über mehrere, in der Endkappe angeordnete, als Düsen (180) ausgebildete Durchflußöffnungen mit dem Spalt (g) in Verbindung steht. 25
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Düsen (180) derart ausgebildet und angeordnet sind, daß sie die einzelnen Ströme der Plattierlösung schraubenlinienförmig durch den Spalt (g) leiten. 30
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Düsen (180) zum Erzeugen der einzelnen Flüssigkeitsströme in Umfangsrichtung eines kreisringförmigen Spaltes (g) im Abstand voneinander angeordnet sind. 35
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zweite Endkappe (32) am Auslaßende des Spaltes (g) eine Einlaßöffnung, eine Gassammelkammer (220) und einen Plattierlösungsauslaß (D) aufweist, die mit dem Spalt (g) in Verbindung stehen. 40
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Plattierlösungsauslaß 45

(D) der zweiten Endkappe (32) ein Durchlaßvolumen aufweist, das mindestens gleich dem Durchsatzvolumen des Lösungsmiteleinlasses (F) der ersten Endkappe (30) und nicht größer als das Doppelte des Durchsatzvolumens des Lösungseinlasses (F) der ersten Endkappe (30) ist.

Claims

1. Process for electroplating a selected surface (S) of a workpiece (W), in which an electroplating solution (170) having metal cations or an electrolyte solution with considerable flow rate is passed through an elongated gap (g), which is limited by an anode (40) and the surface (S) of the workpiece (W) to be plated and through which flows an electric current having a current density of more than 0.3 A/cm^2 (2 A/in^2) transversely from the anode (40) to the workpiece surface (S), characterised in that an anode (40) which is not consumed is used, which has an anodically non-active part (218) and an anodically active surface part (300), which is adapted to the surface (S) of the workpiece (W) to be plated, and in that the electroplating solution (170) or the electrolyte solution is passed through the gap (g) at such a high volume exchange rate that the solution is exchanged in the gap (g) at least 25 times per minute.
2. Process according to claim 1, characterised in that the anodically active surface part (300) of the anode (40) which is not consumed is adapted to the surface (S) of the workpiece (W) to be plated in that an external, anodically active coating is removed from the anode at surface regions which do not correspond to the surface (S) to be plated.
3. Process according to claim 1 or 2, characterised in that titanium is used as base metal for the anode.
4. Process according to claim 1 or 2, characterised in that platinum is used for the anodic surface part (300).
5. Process according to one of claims 1 to 4, characterised in that a nickel-plating solution is used as the solution.
6. Process according to one of claims 1 to 4, characterised in that a nickel sulphamate solution is used as the solution.
7. Process according to one of claims 1 to 6, characterised in that the temperature of the



solution in the gap is maintained in the region from 110° - 130° F.

8. Process according to one of claims 1 to 7, characterised in that the current density is in the range from 0.3 to 1.6 A/cm² (2-10 A/inch²).
9. Process according to one of claims 1 to 8, characterised in that solution exchange takes place in the gap 200 to 1,000 times/minute.
10. Process according to one of claims 1 to 8, characterised in that the flow rate of the solution in the gap is so great that it is exchanged 25 to 2,500 times/minute.
11. Device for electroplating a selected surface (S) of a workpiece (W), having support devices (30, 32) which support the workpiece (W) and the anode (40) such that an elongated gap (g) is formed between anode (40) and the surface of the workpiece (W) to be plated, having a pump (60) which forces electroplating solution with considerable flow rate through the gap in the longitudinal direction and having an electric plating current source connected to the workpiece (W) and to the anode (40) which allows an electric current having a current density of more than 0.3 A/cm² (2.0 A/in²) to flow transversely through the gap (g) from the anode (40) to the workpiece (W), characterised in that the anode (40) is a non-consumable anode which has an anodically active surface part (300) which is adapted to the selected surface (S) of the workpiece (W) to be plated, and in that the pump (60) has such a high capacity that the electroplating solution forced through the gap (g) by it is exchanged at least 25 times/minute.
12. Device according to claim 11, characterised in that the anode (40) consists of an anodically non-active base metal and an anodically active coating, the shape and dimensions of which are adapted to the surface (S) of the workpiece (W) to be plated.
13. Device according to claim 11 or 12, characterised in that the coating is platinum.
14. Device according to one of claims 11 to 13, characterised in that the base metal of the anode is titanium.
15. Device according to one of claims 11 to 14, characterised in that the gap (g) is connected at one end (12) by a second end cap (32), and in that the two end caps (30 and 32) support

the anode (40) and have flow openings (180 or 64, 66) which form one part of the path for the closed solvent circuit.

16. Device according to one of claims 11 to 15, characterised in that a plenum chamber (150), which is connected to the gap (g) via several flow openings designed as nozzles (180) arranged in the end cap, is arranged in front of the first end cap (30) at the inlet end of the gap (g).
17. Device according to claim 16, characterised in that the nozzles (180) are designed and arranged such that they conduct the individual streams of the plating solution helically through the gap (g).
18. Device according to one of claims 11 to 17, characterised in that the nozzles (180) for producing the individual liquid streams in the peripheral direction of an annular gap (g) are arranged at a distance from one another.
19. Device according to one of claims 11 to 18, characterised in that the second end cap (32) has an inlet opening, a gas collection chamber (220) and a plating solution outlet (D), which are connected to the gap (g), at the outlet end of the gap (g).
20. Device according to claim 19, characterised in that the plating solution outlet (D) of the second end cap (32) has an admission volume which is at least equal to the throughput volume of the solvent inlet (F) of the first end cap (30) and is not greater than double the throughput volume of the solvent inlet (F) of the first end cap (30).

Revendications

1. Procédé de dépôt galvanoplastique sur une surface sélectionnée (S) d'une pièce (W), dans lequel on fait passer à une grande vitesse d'écoulement une solution de galvanoplastie (170) contenant des cations métalliques, ou une solution électrolytique, à travers une fente allongée (g) qui est délimitée par une anode (40) et la surface à plaquer (S) de la pièce (W) et parcourue transversalement par un courant électrique circulant de l'anode (40) à la surface (S) de la pièce avec une densité de courant supérieure à 0,3 A/cm² (2 A/in²), caractérisé en ce qu'on utilise une anode non consommable (40) qui comporte une partie (218) sans action anodique et une partie superficielle (300) à action anodique, laquelle est adaptée à



- la surface à plaquer (S) de la pièce (W), et en ce qu'on fait passer la solution de galvanoplastie (170), ou la solution électrolytique, à travers la fente (g) à une vitesse d'échange volumique assez élevée pour que la solution se trouvant dans la fente (g) soit changée au moins 25 fois par minute.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que la partie superficielle (300) à action anodique de l'anode non consommable (40) est adaptée à la surface à plaquer (S) de la pièce (W) de telle manière qu'un revêtement extérieur à action anodique est enlevé de l'anode dans des zones superficielles qui ne se trouvent pas en correspondance de la surface à plaquer (S).
 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé** en ce qu'on utilise du titane comme métal de base pour l'anode.
 4. Procédé selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé** en ce qu'on utilise du platine pour la partie superficielle (300) de l'anode.
 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé** en ce qu'on utilise comme solution une solution de galvanoplastie au nickel.
 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 **caractérisé** en ce qu'on utilise comme solution une solution de sulfamate de nickel.
 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé** en ce qu'on maintient la température de la solution dans la fente dans une gamme de 110 à 130 °F (43 à 54 °C).
 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé** en ce que la densité du courant est comprise entre 0,3 et 1,6 A/cm² (2 et 10 A/in²).
 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé** en ce que le changement de la solution dans la fente s'effectue de 200 à 1000 fois par minute.
 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé** en ce que le débit d'écoulement de la solution dans la fente est assez grand pour que la solution soit changée de 25 à 2500 fois par minute.
 11. Dispositif de dépôt galvanoplastique sur une surface sélectionnée (S) d'une pièce (W), comportant des organes de support (30, 32) qui maintiennent la pièce (W) et l'anode (40) de telle sorte qu'une fente allongée (g) est formée entre l'anode (40) et la surface à plaquer de la pièce (W), une pompe (60) qui refoule une solution de galvanoplastie à une grande vitesse d'écoulement en direction longitudinale à travers la fente et une source de courant électrique de galvanoplastie, raccordée à la pièce (W) et à l'anode (40) et faisant circuler un courant électrique de densité supérieure à 0,3 A/cm² (2,0 A/in²) à travers la fente (g) de l'anode (40) à la pièce (W), **caractérisé** en ce que l'anode (40) est une anode non consommable, qui comporte une partie superficielle (300) à action anodique, laquelle est adaptée à la surface sélectionnée à plaquer (S) de la pièce (W), et en ce que la pompe (60) a une puissance assez élevée pour que la solution de galvanoplastie qu'elle refoule à travers la fente (g) soit changée au moins 25 fois par minute.
 12. Dispositif selon la revendication 11, **caractérisé** en ce que l'anode (40) se compose d'un métal de base sans action anodique et d'un revêtement à action anodique, dont la forme et les dimensions sont adaptées à la surface à plaquer (S) de la pièce (W).
 13. Dispositif selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé** en ce que le revêtement est en platine.
 14. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 13, **caractérisé** en ce que le métal de base de l'anode est le titane.
 15. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 14, **caractérisé** en ce qu'une extrémité (12) de la fente (g) est raccordée au moyen d'un second chapeau terminal (32) et en ce que les deux chapeaux terminaux (30 et 32) portent l'anode (40) et comportent des orifices d'écoulement (180, 64, 66) qui forment une partie du passage pour le circuit fermé de solvant.
 16. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 15, **caractérisé** en ce qu'une chambre (150) est disposée devant le premier chapeau terminal (30) à l'extrémité d'entrée de la fente (g) et communique avec la fente (g) par plusieurs orifices d'écoulement disposés dans le chapeau et agencés en buses (180).
 17. Dispositif selon la revendication 16, **caractérisé** en ce que les buses (180) sont agencées et disposées de telle façon qu'elles dirigent les courants respectifs de solution suivant des tra-



jectoires hélicoïdales à travers la fente (g).

18. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 17, **caractérisé** en ce que les buses (180) sont disposées à distance les unes des autres dans la direction circonférentielle d'une fente circulaire (g) pour produire les courants respectifs de solution. 5
19. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 18, **caractérisé** en ce que le second chapeau terminal (32) placé à l'extrémité de sortie de la fente (g) comporte un orifice de sortie, une chambre collectrice de gaz (220) et une sortie de solution (D) qui communiquent avec la fente (g). 10 15
20. Dispositif selon la revendication 19, **caractérisé** en ce que la sortie de solution (D) du second chapeau (32) présente un volume de passage qui est au moins égal au volume de passage de l'entrée (F) de la solution dans le premier chapeau (30), mais pas supérieur au double du volume de passage de l'entrée (F) de la solution dans le premier chapeau (30). 20 25

30

35

40

45

50

55

15