



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0038934

(51)^{2006.01} C25D 3/06; C25D 5/12; C25D 5/00;
C25D 21/14

(13) B

(21) 1-2019-05108

(22) 04/04/2018

(86) PCT/EP2018/058578 04/04/2018

(87) WO2018/185144 11/10/2018

(30) 17164733.2 04/04/2017 EP

(45) 26/02/2024 431

(43) 30/01/2020 382A

(73) ATOTECH DEUTSCHLAND GMBH (DE)

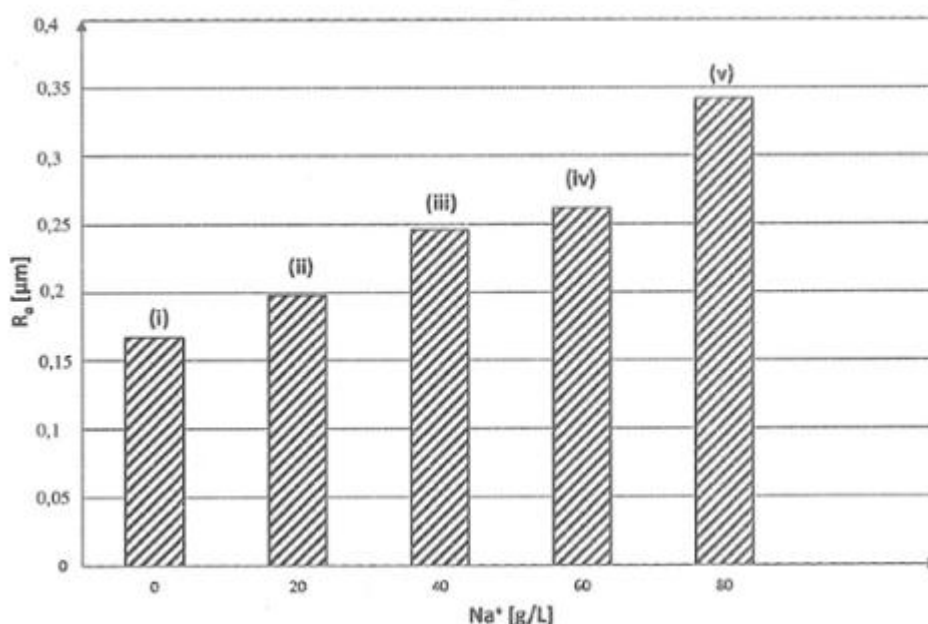
Erasmusstraße 20, 10553 Berlin, Germany

(72) WALTER, Anke (DE); YEVTUSHENKO, Oleksandra (UA); PAULIG, Franziska (DE).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) PHƯƠNG PHÁP MẠ CÓ KIỂM SOÁT LỚP CROM HOẶC HỢP KIM CROM TRÊN ÍT NHẤT MỘT NỀN

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp mạ có kiểm soát lớp crom hoặc hợp kim crom trên ít nhất một nền, phương pháp này bao gồm các bước: (a) tạo ra dung dịch mạ trong nước, trong đó dung dịch mạ này chứa các ion crom hóa trị ba, các ion brom, các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 1mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, và dung dịch mạ này có độ pH đích nằm trong khoảng từ 4,1 đến 7,0; (b) tạo ra ít nhất một nền và ít nhất một anốt; (c) nhúng ít nhất một nền trong dung dịch mạ trong nước này và cấp dòng điện một chiều sao cho lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ trên nền, nền này là điện cực catot, trong đó ở hoặc sau bước (c) độ pH của dung dịch mạ thấp hơn độ pH đích; (d) bổ sung NH_4OH và/hoặc NH_3 ở hoặc sau bước (c) vào dung dịch mạ sao cho độ pH đích của dung dịch mạ được phục hồi.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp mạ có kiểm soát lớp crom hoặc hợp kim crom và dung dịch mạ trong nước. Cụ thể, sáng chế liên quan đến các lớp crom chức năng, còn được gọi là các lớp crom cứng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các lớp crom chức năng thường có độ dày lớp trung bình cao hơn nhiều (ít nhất là 1µm lên tới vài trăm micromét) so với các lớp crom trang trí (thường là dưới 1µm) và, chúng được đặc trưng bởi độ cứng và độ bền chịu mài mòn mỹ mãn.

Các lớp crom chức năng mà được tạo ra từ dung dịch mạ chứa crom hóa trị sáu là đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này và là một tiêu chuẩn chung đã được thiết lập. Sau khi mạ crom, các bề mặt crom như vậy thường được xử lý tiếp ở bước hoàn thiện hoặc siêu hoàn thiện. Ở các bước này, lớp crom được mài và làm bóng tiếp để tạo ra bề mặt rất nhẵn, thường có độ nhám bề mặt trung bình (R_a) là 0,2µm hoặc thấp hơn.

Trong những thập kỷ gần đây, các phương pháp mạ crom dựa trên cơ sở crom hóa trị sáu dần được thay thế bằng các phương pháp mạ dựa trên cơ sở crom hóa trị ba. Các phương pháp dựa trên cơ sở crom hóa trị ba này có tính thân thiện với môi trường và sức khỏe hơn.

WO 2015/110627 A1 mô tả dung dịch mạ điện dùng để mạ crom và phương pháp mạ crom trên nền bằng cách sử dụng dung dịch mạ điện này.

US 2,748,069 đề cập tới dung dịch mạ điện chứa crom, nó cho phép tạo ra rất nhanh chóng lớp mạ crom có các tính chất cơ học và vật lý rất tốt. Dung dịch mạ crom này có thể được sử dụng cho các phương pháp mạ điện đặc biệt, như các phương pháp đúc điện điểm (spot galvanoplasty) hoặc đúc điện bít (plugging galvanoplasty) hoặc đúc điện tô (pencil galvanoplasty). Trong các phương

pháp mạ đặc biệt như vậy, nên thường không được ngâm vào dung dịch mạ điện tương ứng.

Tuy nhiên, điều đã được nhận thấy là các phương pháp dựa trên cơ sở crom hóa trị ba thường tạo ra lớp crom hoặc hợp kim crom có độ nhám bề mặt trung bình (R_a) cao một cách đáng kể (thậm chí lên tới $1,5\mu\text{m}$, tính theo độ dày lớp trung bình ít nhất là $20\mu\text{m}$) so với các lớp crom thu được từ các phương pháp dựa trên cơ sở crom hóa trị sáu (R_a thường nằm trong khoảng từ $0,2$ đến $0,4\mu\text{m}$, tính theo độ dày lớp trung bình ít nhất là $20\mu\text{m}$).

Hơn thế nữa, điều đã được nhận thấy trong các phương pháp dựa trên cơ sở crom hóa trị ba là độ nhám bề mặt trung bình của các lớp crom hoặc hợp kim crom liên tục gia tăng theo thời gian gian sử dụng dung dịch mạ trong nước được dùng. Các thử nghiệm của các tác giả sáng chế đã cho thấy rằng dung dịch mạ được tạo ra mới chủ yếu dẫn đến việc có độ nhám bề mặt trung bình thấp mong muốn. Tuy nhiên, với việc sử dụng nhiều dung dịch mạ, độ nhám bề mặt trung bình nhanh chóng gia tăng khiến cho chất lượng bề mặt của nền đã được xử lý liên tục giảm. Cuối cùng, các nền có lớp crom hoặc hợp kim crom từ dung dịch mạ đã được sử dụng trong một khoảng thời gian dài thường có chất lượng bề mặt thấp (tức là có độ nhám bề mặt trung bình tương đối cao) so với các nền đã được xử lý trong dung dịch mạ đã được tạo ra mới. Tất nhiên, được mong muốn nếu có các nền có chất lượng bề mặt không đổi.

Các thay đổi đáng kể về độ nhám bề mặt trung bình của các nền gây ra những bất lợi không mong muốn bởi vì các bước hoàn thiện và/hoặc siêu hoàn thiện đã được thiết lập ổn định, như mài và đánh bóng, thường được phát triển và đặc biệt được tùy chỉnh đối với các lớp crom thu được từ các phương pháp dựa trên cơ sở crom hóa trị sáu, tức là đối với các nền có độ nhám bề mặt trung bình thường là thấp hơn $0,5\mu\text{m}$. Các quy trình này khó có thể thích ứng được với các lớp có độ nhám bề mặt trung bình cao hơn đáng kể hoặc ít nhất đòi hỏi các cải biến tinh xảo, mà thường dẫn đến làm tăng chi phí và sự bảo trì. Hơn thế nữa, nếu các nền có chất lượng bề mặt thay đổi, thì trước bước hoàn thiện nêu trên chất lượng bề mặt của các nền tương ứng phải được xác định một cách riêng biệt và

cẩn thận để làm thích ứng phần cứng dùng ở bước hoàn thiện. Công đoạn bổ sung như vậy là ít được mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích thứ nhất của sáng chế là đề xuất phương pháp mạ, dựa trên cơ sở các ion crom hóa trị ba, để tạo ra nền có lớp crom chức năng hoặc hợp kim crom chức năng có độ nhám bề mặt trung bình (R_a) gần như tương đương với độ nhám bề mặt trung bình của các lớp thu được từ các phương pháp dựa trên cơ sở crom hóa trị sáu. Hơn thế nữa, phương pháp này phải đảm bảo rằng các nền đó phải có độ nhám bề mặt trung bình tốt và có thể chấp nhận được trong suốt thời gian dài sử dụng dung dịch mạ, tốt hơn là trong toàn bộ thời gian sử dụng dung dịch mạ. Do vậy, chất lượng bề mặt đạt được cần phải không đổi ở mức độ lớn nhất có thể. Hơn thế nữa, phương pháp này phải là một phương pháp “dễ kiểm soát” và tốt hơn là có thể chấp nhận được về mặt môi trường.

Mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất dung dịch mạ trong nước chứa các ion crom hóa trị ba, có thể chấp nhận được về mặt môi trường và cho phép tạo ra (i) độ nhám bề mặt trung bình tốt và có thể chấp nhận được, và (ii) lớp crom chức năng hoặc hợp kim crom chức năng có độ cứng và độ bền chịu mài mòn mỹ mãn. Do vậy, một dung dịch mạ trong nước như vậy nên được sử dụng theo phương pháp nêu trên.

Mục đích thứ nhất đạt được bởi phương pháp mạ có kiểm soát lớp crom hoặc hợp kim crom trên ít nhất một nền, phương pháp này bao gồm các bước:

(a) tạo ra dung dịch mạ trong nước, trong đó:

dung dịch mạ này chứa:

- các ion crom hóa trị ba,
- các ion brom,
- các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 1mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, và

dung dịch mạ này có:

- độ pH đích nằm trong khoảng từ 4,1 đến 7,0,

- (b) tạo ra ít nhất một nền và ít nhất một anôt,
 (c) nhúng ít nhất một nền trong dung dịch mạ trong nước này và cấp dòng điện một chiều sao cho lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ trên nền, nền này là điện cực catot,
 trong đó ở hoặc sau bước (c) độ pH của dung dịch mạ thấp hơn độ pH đích,
 (d) bổ sung NH_4OH và/hoặc NH_3 ở hoặc sau bước (c) vào dung dịch mạ sao cho độ pH đích của dung dịch mạ được phục hồi.

Mục đích thứ hai đạt được bởi dung dịch mạ trong nước để mạ lớp crom hoặc hợp kim crom, dung dịch mạ này chứa:

- (i) các ion crom hóa trị ba với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 17g/L đến 30g/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ,
 (ii) ít nhất một hợp chất tạo phức hữu cơ,
 (iii) các ion amoni,
 (iv) ít nhất một ion trong số các loại ion halogen, trong đó ít nhất một loại ion là ion brom,
 (v) các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 1mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ,

trong đó:

- các ion crom hóa trị ba có nguồn gốc từ nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan, nguồn ion này được sử dụng với tổng trọng lượng nhỏ hơn 100g trong một lít dung dịch mạ trong nước và nguồn ion này chứa các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng là 1% trọng lượng hoặc ít hơn, tính theo tổng trọng lượng của nguồn ion được sử dụng,
- độ pH của dung dịch mạ này nằm trong khoảng từ 4,1 đến 7,0,
- dung dịch mạ này không chứa các hợp chất chứa lưu huỳnh có nguyên tử lưu huỳnh có số oxy hóa thấp hơn +6,
- dung dịch mạ này không chứa các hợp chất chứa bo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là đồ thị dạng biểu đồ cột của Ví dụ 1, được thể hiện với trục y là độ nhám bề mặt trung bình (R_a) theo đơn vị μm và trục x là tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm (được biểu thị theo tổng lượng cation natri theo đơn vị g/L), tính theo tổng thể tích của các mẫu dung dịch mạ tương ứng. Mỗi cột ((i) tới (v)) thể hiện cho một mẫu. Các mô tả chi tiết hơn được đưa ra trong phần “Ví dụ thực hiện sáng chế” dưới đây.

Fig.2 là đồ thị thể hiện Ví dụ 2, với trục y là độ nhám bề mặt trung bình (R_a) theo đơn vị μm và trục x là mức độ sử dụng dung dịch mạ trong nước theo đơn vị Ah/L. Đồ thị này được chia thành hai phần, A và B. Phần A thể hiện phương pháp theo sáng chế (bổ sung NH_4OH), trong đó phần B thể hiện phương pháp không theo sáng chế (bổ sung NaOH). Các phần A và B bị ngắt quãng ở khoảng 180Ah/L tới 230Ah/L. Trong khoảng ngắt quãng đó, việc bổ sung hydroxit được thay đổi từ NH_4OH sang NaOH và việc mạ giả được thực hiện trong một khoảng thời gian nhất định. Các mô tả chi tiết hơn được đưa ra trong Ví dụ 2 trong các ví dụ dưới đây.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần mô tả của sáng chế, cụm từ “ít nhất một” chỉ (và có thể hoán đổi với) “một, hai, ba hoặc nhiều hơn ba”. Hơn thế nữa, cụm từ “crom hóa trị ba” dùng để chỉ crom có số oxy hóa +3. Cụm từ “ion crom hóa trị ba” dùng để chỉ các ion Cr^{3+} ở dạng tự do hoặc phức chất. Tương tự, cụm từ “crom hóa trị sáu” dùng để chỉ crom có số oxy hóa +6 và các hợp chất có liên quan tới nó chứa các ion bao gồm crom hóa trị sáu.

Phương pháp theo sáng chế bao gồm các bước (a) và (b), trong đó thứ tự là bước (a) và sau đó là bước (b) hoặc ngược lại. Bước (c) được thực hiện sau khi cả hai bước, (a) và (b), đã được thực hiện.

Sáng chế dựa trên cơ sở (i) thực hiện phương pháp theo sáng chế với dung dịch mạ trong nước có tổng hàm lượng tương đối thấp của các cation kim loại kiềm (ví dụ, với dung dịch mạ trong nước theo sáng chế như được mô tả dưới đây, hoặc ít nhất với dung dịch mạ trong nước chứa tổng hàm lượng của các cation kim

loại kiềm không lớn hơn 1mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ) và (ii) duy trì tổng hàm lượng tương đối thấp này của các cation kim loại kiềm trong quá trình sử dụng dung dịch mạ, tốt hơn là trong khi toàn bộ thời gian làm việc của dung dịch mạ.

Trong thời gian làm việc của một dung dịch mạ trong nước như vậy, việc một lượng lớn các hóa chất thường được bổ sung vào dung dịch mạ, có khả năng làm nhiễm bẩn dung dịch mạ. Nguồn gốc đáng kể thứ nhất làm nhiễm bẩn cation kim loại kiềm trong các phương pháp mạ các lớp crom chức năng là nguồn cấp hydroxit. Trong một quá trình vận hành dung dịch mạ trong nước tương ứng, độ pH thường là giảm và thường xuyên được phục hồi bằng cách bổ sung hydroxit, thường có chứa các cation kim loại kiềm.

Hơn nữa, các ion crom hóa trị ba được tiêu thụ trong quá trình mạ và các ion này phải được bổ sung vào. Đó chính là nguồn gốc làm nhiễm bẩn cation kim loại kiềm thứ hai bởi vì trong nhiều trường hợp các nguồn ion này chứa một lượng lớn các cation kim loại kiềm.

Do đó, điều quan trọng là lựa chọn các nguồn hydroxit và các nguồn chứa crom hóa trị ba, dễ hòa tan chứa hàm lượng thấp hoặc thậm chí là không chứa các cation kim loại kiềm để duy trì tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ trong nước này nằm trong khoảng từ 0mol/L đến tối đa là 1mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ.

Về cơ bản, dường như là việc tăng tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ dẫn đến việc làm tăng một cách tương ứng độ nhám bề mặt trung bình của lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ (xem các thử nghiệm ở dưới). Điều dường như là tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ ảnh hưởng rất lớn đến độ nhám bề mặt trung bình của lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ ở bước (c).

Các thử nghiệm cho thấy rằng tổng hàm lượng giới hạn cho phép tối đa của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ là 1mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ. Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ nằm trong khoảng từ

0mol/L đến 0,8mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,6 mol/L, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,4mol/L, thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,2mol/L. Tốt nhất là dung dịch mạ chứa các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,08mol/L hoặc tốt nhất là hoàn toàn không chứa các cation kim loại kiềm bất kỳ. Theo các thử nghiệm, tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ càng thấp, thì sự không đổi một hằng số càng đáng tin cậy là độ nhám bề mặt trung bình trong một thời gian dài sử dụng của một dung dịch mạ tương ứng.

Trong phần mô tả của sáng chế, cụm từ “không đổi” không nhất thiết để chỉ rằng tất cả các nền đều có độ nhám bề mặt trung bình giống hệt nhau. Thay vào đó, nó chỉ rằng độ nhám bề mặt trung bình nằm trong một khoảng hợp lý mà thích hợp và được mong muốn cho các bước hoàn thiện chung, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,2 μ m đến 0,6 μ m (xem Ví dụ 2 và so sánh Fig.2).

Cụm từ “tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm” dùng để chỉ tổng các hàm lượng tối đa riêng rẽ của các cation kim loại gồm lithi, natri, kali, rubiđi, xesi, và franxi. Thông thường, các ion rubiđi, franxi, và xesi không được dùng trong dung dịch mạ trong nước. Do vậy, trong hầu hết các trường hợp, tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm bao gồm các cation kim loại gồm lithi, natri và kali, chủ yếu là natri và kali.

Các thử nghiệm đã cho thấy rằng phương pháp theo sáng chế thu được các lớp crom và hợp kim crom rất nhẵn so với độ nhám bề mặt trung bình ban đầu của nền trước bước (c) của phương pháp theo sáng chế. Nói cách khác, phương pháp theo sáng chế không làm tăng độ nhám bề mặt trung bình của nền đến mức không được mong muốn. Hơn thế nữa, theo phương pháp của sáng chế, hiệu quả này không chỉ đạt được đối với một vài nền khi bắt đầu phương pháp này (hoặc sau khi dung dịch mạ trong nước đã được tạo ra mới) mà thậm chí còn đạt được trong suốt thời gian dài sử dụng của dung dịch mạ. Điều này có thể chắc chắn đạt được nếu tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm được kiểm soát một cách cẩn thận ở mức không vượt quá 1mol/L hoặc tốt hơn là dưới 1mol/L, và nếu độ pH

đích được phục hồi bằng cách bổ sung NH_4OH và/hoặc NH_3 . Phương pháp được kiểm soát như vậy cho phép việc vận hành liên tục cùng với chất lượng bề mặt không đổi.

Do vậy, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, trong đó phương pháp này là một phương pháp liên tục. Điều đó có nghĩa là:

A: các bước (a) tới (d) được lặp lại liên tục, và/hoặc

B: bước (c) ít nhất được lặp lại một lần với một nền khác trước khi bước (d) được thực hiện.

Tốt hơn, nếu phương án “B” bao gồm việc bước (c) được lặp lại vài lần với các nền khác trước khi bước (d) được thực hiện. Sau khi bước (d) kết thúc, dung dịch mạ thu được sau bước (d) được cấp ở bước (a) và phương pháp liên tục xảy ra. Điều đó cũng bao gồm dung dịch mạ trong nước thu được sau bước (d) không vượt quá tổng hàm lượng giới hạn cho phép tối đa của các cation kim loại kiềm là 1mol/L hoặc tốt hơn là các giới hạn trên đã được xác định ở trên là được ưu tiên.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó dung dịch mạ trong nước đã cấp ở bước (a) được sử dụng nhiều lần trong phương pháp của sáng chế, tốt hơn là để sử dụng ít nhất là 100 Ah cho một lít dung dịch mạ trong nước, tốt hơn nếu ít nhất là 150 Ah cho một lít, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 200 Ah cho một lít, tốt nhất là ít nhất 300 Ah cho một lít.

Nếu tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm vượt quá nhiều so với 1mol/L, thì trong nhiều trường hợp, độ nhám bề mặt trung bình cao tới mức không được mong muốn so với độ nhám bề mặt ban đầu trước bước (c) và chất lượng bề mặt liên tục giảm trong một thời gian dài sử dụng của dung dịch mạ tương ứng.

Phương pháp theo sáng chế được thiết kế đặc biệt cho dung dịch mạ trong nước có độ pH đích nằm trong khoảng từ 4,1 đến 7,0 (ở 20°C). Phương pháp này không tương thích với một dung dịch mạ giống hệt, được cấp ở bước (a), ngoại trừ duy nhất có độ pH thấp hơn đáng kể so với 4,1 bởi vì nếu độ pH thấp hơn một cách đáng kể so với 4,1 thì sự kết tủa không được mong muốn xảy ra. Hơn thế nữa, nếu độ pH thấp hơn đáng kể so với 4,1 hoặc cao hơn một cách đáng kể so với

7 thì lớp crom hoặc lớp hợp kim crom chức năng có độ bền chịu mài mòn và độ cứng thỏa đáng không được tạo ra.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó độ pH đích nằm trong khoảng từ 4,5 đến 6,5, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 5,0 đến 6,0, tốt nhất là nằm trong khoảng từ 5,3 đến 5,9. Các kết quả tối ưu về các lớp crom và hợp kim crom chức năng thu được ở độ pH đích nằm trong khoảng từ 5,0 đến 6,0; các kết quả tốt nhất ở độ pH đích nằm trong khoảng từ 5,3 đến 5,9. Các lớp crom chức năng và các lớp hợp kim crom chức năng được tạo ra từ dung dịch mạ trong nước với độ pH đích như vậy có độ bền chịu mài mòn và độ cứng tốt hoặc thậm chí là mỹ mãn. Các trị số và các khoảng được nêu trong bản mô tả này đều liên quan tới nhiệt độ 20°C. Theo các thử nghiệm, ít nhất một nền thu được sau bước (c) có độ cứng Vickers ít nhất là 700 HV_(0,05) (được xác định với 50g “tải trọng”). Độ bền chịu mài mòn này là tương đối tốt giống như độ bền chịu mài mòn thu được từ các phương pháp mạ trên cơ sở hóa trị sáu.

Ở bước (d) của phương pháp theo sáng chế, độ pH đích được phục hồi (thiết lập lại) bằng cách bổ sung NH₄OH và/hoặc NH₃ bởi vì ở hoặc sau bước (c) độ pH của dung dịch mạ thường là thấp hơn so với trước bước (c). Mặc dù sau mỗi bước (c), độ pH của dung dịch mạ có thể sẽ thấp hơn một chút so với trước bước (c), song sẽ không nhất thiết phải phục độ pH đích ở bước (d) trong khi hoặc sau mỗi bước (c). Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này đã biết rằng độ pH đích phải được phục hồi nếu độ pH của dung dịch mạ chạy ở hoặc sau bước (c) nằm ngoài khoảng giới hạn cho phép đã định trước. Theo phương pháp của sáng chế, ở hoặc sau bước (c), độ pH của dung dịch mạ không nằm dưới độ pH 4,1 hoặc vượt quá độ pH 7,0. Tốt hơn là, ở hoặc sau bước (c), độ pH không nằm trước hoặc nằm sau các khoảng độ pH đã nêu trên nếu chúng được áp dụng.

Tốt hơn là, độ pH đích ở bước (a) của phương pháp theo sáng chế có một khoảng dung sai là $\pm$ (cộng/trừ) 0,3 đơn vị độ pH (tức là, khoảng dung sai từ -0,3 đến +0,3 đơn vị độ pH xung quanh độ pH đích và bao gồm tất cả các trị số nằm giữa), tốt hơn là khoảng dung sai là $\pm$ (cộng/trừ) 0,2 đơn vị độ pH. Tốt nhất nếu điều đó áp dụng cho các khoảng được ưu tiên nêu trên từ 5,0 đến 6,0 và từ 5,3 đến

5,9. Khoảng dung sai này cho phép độ pH đích không nằm trước hoặc nằm sau khoảng độ pH tối đa đã được xác định là từ 4,1 đến 7,0 hoặc, nếu được áp dụng, các khoảng độ pH được ưu tiên đã nêu trên khác. Nếu độ pH đích như vậy được phục hồi ở bước (d), thì được ưu tiên nếu phục hồi trị số độ pH nằm trong khoảng dung sai. Ví dụ, ở bước (a) độ pH đích là 6,4 và có một khoảng dung sai $\pm 0,2$ đơn vị độ pH, dẫn đến một khoảng từ 6,2 đến 6,6 đối với độ pH đích. Ở bước (d) độ pH đích được phục hồi bằng cách tạo ra độ pH bất kỳ nằm trong khoảng dung sai, ví dụ, độ pH 6,3 hoặc 6,45, v.v.. Do vậy, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, trong đó độ pH đích ở bước (a) có một khoảng dung sai $\pm 0,3$ đơn vị độ pH, tốt hơn là $\pm 0,2$ đơn vị độ pH, và ở bước (d) độ pH đích được phục hồi bởi việc phục hồi trị số độ pH nằm trong khoảng dung sai. Tốt nhất là, một độ pH đích đơn (tốt hơn là có khoảng dung sai nêu trên) được xác định và, do vậy, được phục hồi trong toàn bộ thời gian sử dụng của dung dịch mạ trong nước. Nói cách khác, một độ pH đích đơn (tốt hơn là có khoảng dung sai nêu trên) được xác định đối với tất cả các bước (a) và được phục hồi trong một số bước (d) nếu phương pháp theo sáng chế được thực hiện dưới dạng một phương pháp liên tục.

Trong các ứng dụng khác, được ưu tiên là độ pH đích ở bước (a) (tốt hơn là với một khoảng trong số các khoảng dung sai đã nêu trên) nằm trong khoảng độ pH được ưu tiên từ 5,0 đến 6,0 (tốt hơn là trong khoảng độ pH từ 5,3 đến 5,9), và ở bước (d) độ pH đích được phục hồi tới độ pH nằm trong khoảng độ pH từ 5,0 đến 6,0 (tốt hơn là nằm trong khoảng độ pH từ 5,3 đến 5,9).

Ở bước (d) NH_4OH và/hoặc NH_3 được bổ sung vào. Tốt hơn là hydroxit khác không được bổ sung thêm vào. Theo phương pháp của sáng chế, NH_4OH và NH_3 là các hợp chất duy nhất được dùng ở bước (d).

Theo phương pháp của sáng chế, các ion crom hóa trị ba trong dung dịch mạ trong nước này có nguồn gốc từ nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan, thông thường muối dễ hòa tan trong nước chứa các ion crom hóa trị ba. Tốt hơn là, nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan chứa các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng là 1% trọng lượng hoặc ít hơn, tính theo tổng trọng lượng của nguồn nêu trên. Tốt nhất là, một nguồn như vậy được sử dụng để bổ sung các ion crom hóa

trị ba nếu phương pháp này được vận hành liên tục. Muối dễ hòa tan trong nước được ưu tiên chứa các ion crom hóa trị ba là sulfat crom hóa trị ba không chứa kim loại kiềm hoặc clorua crom hóa trị ba không chứa kim loại kiềm. Do vậy, trong một số trường hợp, được ưu tiên là dung dịch mạ trong nước được dùng theo phương pháp của sáng chế chứa các ion sulfat, tốt hơn là với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 50g/L đến 250g/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan được sử dụng trong dung dịch mạ trong nước này với tổng trọng lượng thấp hơn 100g trong một lít dung dịch mạ trong nước; đặc biệt nếu dung dịch mạ trong nước này được tạo ra mới. Thông thường, nếu các ion crom hóa trị ba được bổ sung trong quá trình sử dụng của dung dịch mạ trong nước, thì hàm lượng của nguồn này thấp hơn đáng kể so với 100g trong một lít dung dịch mạ trong nước là được ưu tiên áp dụng.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó tổng hàm lượng của các ion crom hóa trị ba trong dung dịch mạ nằm trong khoảng từ 10g/L đến 30g/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 17g/L đến 24 g/L. Nếu tổng hàm lượng này thấp hơn đáng kể so với 10g/L, thì trong nhiều trường hợp sự mạ không đủ xảy ra và the lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ thường có chất lượng thấp. Nếu tổng hàm lượng này cao hơn một cách đáng kể so với 30g/L, thì dung dịch mạ không còn ổn định nữa, bao gồm sự hình thành các chất kết tủa không được mong muốn.

Theo phương pháp của sáng chế, dung dịch mạ trong nước chứa các ion brom, tốt hơn là với tổng hàm lượng ít nhất là 0,06 mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, tốt hơn nếu ít nhất là 0,1mol/L, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 0,15mol/L. Các ion brom ức chế một cách có hiệu quả sự hình thành của crom hóa trị sáu được tạo ra ở anốt.

Theo phương pháp của sáng chế, tốt hơn nếu dung dịch mạ trong nước này còn chứa ít nhất một hợp chất khác được chọn từ nhóm bao gồm ít nhất một hợp chất tạo phức hữu cơ, và các ion amoni. Các hợp chất tạo phức hữu cơ được ưu tiên gồm các axit carboxylic hữu cơ và các muối của chúng, tốt hơn là các axit

mono carboxylic béo hữu cơ và các muối của chúng. Tốt hơn nữa là các hợp chất tạo phức hữu cơ nêu trên (và các biến thể được ưu tiên của chúng) có 1 tới 10 nguyên tử cacbon, tốt hơn là 1 tới 5 nguyên tử cacbon, thậm chí tốt hơn nữa là 1 tới 3 nguyên tử cacbon. Các hợp chất tạo phức chủ yếu là tạo ra các phức chất với các ion crom hóa trị ba trong dung dịch mạ trong nước để làm tăng độ ổn định của dung dịch mạ. Tốt hơn là, tỷ lệ mol giữa các ion crom hóa trị ba và các hợp chất tạo phức hữu cơ nằm trong khoảng từ 1:0,5 đến 1:10. Các ion amoni hoặc là chỉ được cấp bởi NH_4OH và NH_3 được bổ sung vào ở bước (d) của phương pháp theo sáng chế hoặc là được bổ sung thêm vào, tốt hơn là ở bước (d).

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó dung dịch mạ trong nước không chứa các hợp chất chứa lưu huỳnh có nguyên tử lưu huỳnh có số oxy hóa thấp hơn +6 và các hợp chất chứa bo.

Cụm từ “không chứa” chỉ rằng, ví dụ, các hợp chất chứa lưu huỳnh và các hợp chất chứa bo không được chủ động bổ sung vào dung dịch mạ trong nước. Nói cách khác, dung dịch mạ trong nước này về cơ bản là không có các hợp chất như vậy. Điều đó không loại trừ rằng các hợp chất như vậy bị đưa vào dưới dạng các tạp chất của các hóa chất khác (tốt hơn là với tổng hàm lượng thấp hơn 10mg/L của các hợp chất chứa lưu huỳnh và tổng hàm lượng thấp hơn 10mg/L của các hợp chất chứa bo, mỗi hàm lượng này được tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ). Tuy nhiên, thông thường tổng hàm lượng của các hợp chất như vậy nằm dưới khoảng phát hiện được và do đó không quan trọng ở bước (c) của phương pháp theo sáng chế.

Điều dường như là sự không có mặt của các hợp chất chứa lưu huỳnh nêu trên cho phép tạo ra lớp crom và lớp hợp kim crom vô định hình, một cách tương ứng. Do vậy, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, trong đó lớp được mạ ở bước (c) là vô định hình, được xác định bởi phép nhiễu xạ tia X. Điều đó được áp dụng cho lớp crom hoặc hợp kim crom được tạo ra ở bước (c) của phương pháp theo sáng chế và trước công đoạn xử lý bề mặt sau khi mạ tiếp theo bất kỳ mà có ảnh hưởng đến cấu trúc nguyên tử của lớp mạ, làm thay đổi nó từ dạng vô định hình sang dạng tinh thể hoặc một phần tinh thể. Cũng dường như là các hợp chất

chứa lưu huỳnh như vậy có ảnh hưởng bất lợi đến độ cứng của lớp crom chức năng hoặc hợp kim crom chức năng đã được mạ ở bước (c).

Trong dung dịch mạ trong nước được dùng theo phương pháp của sáng chế, các hợp chất chứa bo không được mong muốn bởi vì chúng bất lợi về mặt môi trường. Khi chứa các hợp chất chứa bo, việc xử lý nước thải sẽ tốn kém và mất thời gian. Hơn thế nữa, axit boric đã biết là một hợp chất đệm hoạt động tốt thường có độ tan kém và do đó có xu hướng hình thành các chất kết tủa. Mặc dù các chất kết tủa như vậy có thể được hòa tan khi đun nóng, song một dung dịch mạ tương ứng trong nước không thể dùng được trong thời gian này. Có một nguy cơ đáng kể là các chất kết tủa như vậy tạo thuận lợi cho việc tạo ra độ nhám bề mặt không được mong muốn. Do vậy, tốt hơn nếu dung dịch mạ trong nước được dùng theo phương pháp của sáng chế không chứa các hợp chất chứa bo. Điều ngạc nhiên là, dung dịch mạ trong nước được dùng theo phương pháp của sáng chế làm việc rất tốt mà không cần có các hợp chất chứa bo, đặc biệt là trong các khoảng độ pH đã nêu trên.

Theo phương pháp của sáng chế crom hóa trị sáu không được chủ động bổ sung vào dung dịch mạ trong nước. Do vậy, dung dịch mạ trong nước không chứa crom hóa trị sáu trừ khi các hàm lượng rất nhỏ có thể được tạo ra ở anốt.

Dung dịch mạ trong nước được dùng theo phương pháp của sáng chế là nhạy cảm với nhiều cation kim loại mà không được mong muốn. Do đó, được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó dung dịch mạ trong nước chứa các ion đồng, các ion kẽm, các ion niken, và các ion sắt, mỗi ion này độc lập có mặt với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mg/L đến 40mg/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, tốt hơn là mỗi ion này độc lập có mặt với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mg/L đến 20mg/L, tốt nhất là mỗi ion này có mặt độc lập với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mg/L đến 10mg/L. Cũng được ưu tiên là các hợp chất chứa các cation kim loại nêu trên. Được ưu tiên nhất, không một cation nào trong số các cation kim loại nêu trên có mặt, tức là mỗi cation này độc lập có mặt với tổng hàm lượng là không mg/L. Tuy nhiên, các kết quả thử nghiệm đã cho thấy rằng một lượng nhỏ của các cation kim loại này có thể chấp nhận

được. Nếu các lượng nhỏ này có mặt, thì những lượng này không đủ để đóng vai trò làm kim loại hợp kim để tạo ra lớp hợp kim crom trên ít nhất một nền. Nếu tổng hàm lượng nêu trên cao quá mức, thì lớp crom và lớp hợp kim crom được mạ ở bước (c) của phương pháp theo sáng chế sẽ có sự biến màu không được mong muốn. Thậm chí tốt hơn nữa là, trong dung dịch mạ trong nước được dùng theo phương pháp của sáng chế, crom là một nguyên tố phụ duy nhất.

Hơn nữa, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, trong đó dung dịch mạ trong nước không chứa glyxin, các ion nhôm, và các ion thiếc. Điều đó đảm bảo một lớp crom và lớp hợp kim crom chức năng, một cách tương ứng, có các thuộc tính mong muốn như được nêu trong phần mô tả. Các thử nghiệm đã cho thấy rằng trong một số trường hợp các ion nhôm và thiếc, đặc biệt là các ion nhôm, cản trở một cách đáng kể và thậm chí là ức chế quá trình mạ ở bước (c).

Ở bước (b) của phương pháp theo sáng chế, ít nhất một nền và ít nhất một anốt được cấp, trong đó ít nhất một nền là điện cực catot. Tốt hơn là, nhiều nền được sử dụng theo phương pháp của sáng chế một cách đồng thời.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó ít nhất một nền được cấp ở bước (b) là nền kim loại hoặc hợp kim kim loại, tốt hơn là nền kim loại hoặc hợp kim kim loại độc lập chứa một hoặc nhiều kim loại được chọn từ nhóm bao gồm đồng, sắt, niken, và nhôm, tốt hơn nữa là nền kim loại hoặc hợp kim kim loại chứa sắt. Tốt nhất là, ít nhất một nền là nền thép, nó là nền hợp kim kim loại nền chứa sắt. Trong nhiều ứng dụng kỹ thuật, nền thép có lớp crom hoặc hợp kim crom có chức năng chống mài mòn, hẳn là cần thiết. Điều đó đặc biệt có thể đạt được bởi phương pháp theo sáng chế.

Trong một số trường hợp, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, trong đó ít nhất một nền, tốt hơn là nền kim loại nêu trên, tốt nhất là nền thép nêu trên, không có bề mặt đã được mài sơ bộ và/hoặc làm mặt bóng sơ bộ. Nói cách khác, bề mặt của nền có độ nhám bề mặt trung bình ban đầu R_a là $0,2\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, trước bước (c) của phương pháp theo sáng chế, ví dụ, độ nhám bề mặt trung bình là $0,25\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, hoặc thậm chí là $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn. Trong trường hợp như vậy, phương pháp theo sáng chế có lợi nếu (i) không làm tăng độ nhám bề

mặt trung bình của nền tới mức độ không được mong muốn sau khi bước (c) hoàn thành và (ii) đảm bảo độ nhám bề mặt trung bình thấp không đổi trong một thời gian dài sử dụng dung dịch mạ trong nước.

Tuy nhiên, trong các trường hợp khác, được ưu tiên là bề mặt được mạ sơ bộ và/hoặc được làm bóng sơ bộ. Trong trường hợp như vậy, tốt hơn nếu độ nhám bề mặt trung bình ban đầu R_a nhỏ hơn $0,2\mu\text{m}$ trước bước (c) của phương pháp theo sáng chế, ví dụ, $0,17\mu\text{m}$ hoặc thấp hơn. Trong trường hợp như vậy, phương pháp theo sáng chế cũng không làm tăng độ nhám bề mặt trung bình của nền tới mức độ không được mong muốn sau khi bước (c) hoàn thành và (ii) đảm bảo độ nhám bề mặt trung bình thấp không đổi trong một thời gian dài sử dụng dung dịch mạ trong nước.

Trong một số trường hợp, tốt hơn nếu ít nhất một nền là nền có lớp phủ, tốt hơn nữa là nền có lớp phủ kim loại (đối với các nền kim loại được ưu tiên, có thể xem phần mô tả ở trên). Tốt hơn nếu lớp phủ này là lớp kim loại hoặc hợp kim kim loại, tốt hơn là lớp niken hoặc hợp kim niken, tốt nhất là lớp niken nửa bóng. Được đặc biệt ưu tiên là nền thép đã được phủ bằng lớp niken hoặc hợp kim niken. Tuy nhiên, tốt hơn là các lớp phủ khác có mặt thay thế hoặc bổ sung thêm. Trong nhiều trường hợp, một lớp phủ như vậy làm tăng đáng kể độ bền chống ăn mòn so với kim loại nền không có một lớp phủ như vậy. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, các nền không dễ bị ăn mòn nhờ môi trường chống ăn mòn (ví dụ, trong bể dầu). Trong trường hợp như vậy, một lớp phủ, tốt hơn là lớp niken hoặc hợp kim niken, là không nhất thiết.

Do đó, được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó:

ở bước (c), lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ trực tiếp lên trên ít nhất một nền, hoặc

ít nhất một nền đã được xác định ở bước (b) còn có lớp niken hoặc hợp kim niken và ở bước (c), lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ trên đó.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó ít nhất một anốt độc lập được chọn từ nhóm bao gồm các anốt graphit và các anốt hỗn hợp oxit kim loại (MMO), tốt hơn là độc lập được chọn từ nhóm bao gồm các anốt graphit và

các anốt hỗn hợp oxit kim loại mang trên titan. Các anốt như vậy sẽ có độ bền thỏa đáng trong dung dịch mạ theo sáng chế.

Tốt hơn là, ít nhất một anốt không chứa chì hoặc crom bất kỳ.

Ở bước (c) của phương pháp theo sáng chế, hoặc là lớp crom hoặc là lớp hợp kim crom được mạ. Trong hầu hết các trường hợp, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, trong đó lớp được mạ ở bước (c) của phương pháp theo sáng chế là lớp hợp kim crom. Các nguyên tố hợp kim được ưu tiên gồm cacbon và oxy. Cacbon thường có mặt bởi vì các hợp chất hữu cơ thường có mặt trong dung dịch mạ trong nước. Tốt hơn là, lớp hợp kim crom không chứa một, nhiều hoặc toàn bộ các nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm lưu huỳnh, niken, đồng, nhôm, thiếc và sắt. Tốt hơn nữa là, các nguyên tố hợp kim chỉ là cacbon và/hoặc oxy, tốt nhất là cacbon và oxy. Tốt hơn là, lớp hợp kim crom chứa 90% trọng lượng của crom hoặc lớn hơn, tính theo tổng trọng lượng của lớp hợp kim, tốt hơn nữa là 95% trọng lượng hoặc lớn hơn.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó mật độ dòng catốt của dòng điện một chiều nằm trong khoảng từ 5A/dm^2 đến 100A/dm^2 , tốt hơn là nằm trong khoảng từ 10A/dm^2 đến 70A/dm^2 , tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 20A/dm^2 đến 60A/dm^2 .

Dòng điện này là dòng một chiều (DC), tốt hơn nữa là dòng một chiều liên tục ở bước (c). Tốt hơn nếu dòng một chiều không có dạng xung (DC không có dạng xung). Hơn thế nữa, tốt hơn nếu dòng một chiều này không có các xung ngược.

Như đã nêu trên, theo phương pháp của sáng chế, tốt hơn nếu lớp được tạo ra ở bước (c) là lớp crom chức năng hoặc hợp kim crom chức năng (cũng thường được gọi là lớp crom cứng hoặc lớp hợp kim crom cứng) và không phải là không phải là lớp crom hoặc hợp kim crom trang trí. Do vậy, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, trong đó độ dày lớp trung bình của lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ ở bước (c) là $1,0\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, tốt hơn là $2\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là $4\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là $5\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, tốt nhất là độ dày lớp trung bình nằm trong khoảng từ $5\mu\text{m}$ đến $200\mu\text{m}$, tốt hơn là nằm trong

khoảng $5\mu\text{m}$ đến $150\mu\text{m}$. Chúng là các độ dày lớp trung bình thông thường đối với các lớp crom hoặc hợp kim crom chức năng. Các độ dày này là cần thiết để tạo ra độ bền chịu mài mòn cần thiết, thường được đòi hỏi. Trong một số trường hợp, giới hạn dưới được ưu tiên là và đặc biệt là $10\mu\text{m}$, $15\mu\text{m}$ hoặc $20\mu\text{m}$.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó dung dịch mạ trong nước ở bước (c) có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 90°C , tốt hơn là nằm trong khoảng từ 30°C đến 70°C , tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 40°C đến 60°C , tốt nhất là nằm trong khoảng từ 45°C đến 60°C . Nếu nhiệt độ này vượt quá nhiều so với 90°C , thì sự hóa hơi không được mong muốn xảy ra, điều này ảnh hưởng bất lợi đến nồng độ của các thành phần dung dịch mạ (thậm chí có nguy cơ kết tủa). Hơn thế nữa, sự hình thành ở anốt không được mong muốn của crom hóa trị sáu được ức chế một cách đáng kể. Nếu nhiệt độ thấp hơn đáng kể so với 20°C , thì sự mạ là không đủ. Nhiệt độ thấp hơn đáng kể so với 40°C nói chung có thể chấp nhận được nhưng trong một vài trường hợp, chất lượng mạ và mức độ mạ là không thỏa đáng, đặc biệt là trong khoảng 20°C tới 35°C . Trong một số trường hợp, lớp crom và hợp kim crom bị mờ đục một cách không được mong muốn, độ bám dính của lớp mạ nêu trên và tốc độ mạ thấp, và trong một số trường hợp khó tái tạo. Tuy nhiên, các kết quả được cải thiện và tối ưu đã đạt được ở nhiệt độ ít nhất là 40°C , tốt hơn là nhiệt độ nằm trong khoảng từ 40°C đến 90°C , tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 40°C đến 70°C , thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 40°C đến 60°C . Được ưu tiên nhất nhiệt độ ít nhất là 45°C , tốt hơn là nhiệt độ nằm trong khoảng từ 45°C đến 90°C , tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 45°C đến 70°C , thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 45°C đến 60°C .

Ở bước (c), tốt hơn nếu dung dịch mạ trong nước được khuấy liên tục, tốt hơn là bằng cách khuấy.

Được ưu tiên là phương pháp theo sáng chế, trong đó lớp được mạ ở bước (c) có độ nhám bề mặt trung bình R_a là $0,6\mu\text{m}$ hoặc thấp hơn, tính theo độ dày lớp trung bình ít nhất là $20\mu\text{m}$, tốt hơn là $0,5\mu\text{m}$ hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là là $0,4\mu\text{m}$ hoặc thấp hơn. Điều đó được ưu tiên áp dụng cho các nền thép (tốt hơn là các nền thép được mô tả trong phần mô tả). Nền có lớp crom hoặc lớp hợp kim

crom với độ dày lớp trung bình như vậy là rất được mong muốn và có thể dễ dàng chịu được bước hoàn thiện và/hoặc siêu hoàn thiện thông thường.

Trong nhiều trường hợp, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, trong đó nền thu được sau bước (c) được xử lý nhiệt ở nhiệt độ 250°C hoặc thấp hơn. Việc nung nóng như vậy thường được áp dụng để tôi cứng lớp crom hoặc hợp kim crom chức năng. Tuy nhiên, phương pháp theo sáng chế được ưu tiên, sau bước (c), không bao gồm bước xử lý nhiệt ở 500°C hoặc lớn hơn, tốt hơn là 400°C hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 300°C hoặc lớn hơn, tốt nhất là 260°C hoặc lớn hơn.

Theo phương pháp của sáng chế, được ưu tiên là ít nhất một nền và ít nhất một anốt có mặt trong dung dịch mạ trong nước sao cho các ion crom hóa trị ba tiếp xúc với ít nhất một anốt. Với một phương pháp được ưu tiên như vậy, có thể tránh hoàn toàn được việc phải sử dụng màng hoặc vách ngăn để ngăn cách các ion crom hóa trị ba với anốt (tức là, không có một ngăn phụ nào được hình thành). Nói cách khác, theo phương pháp của sáng chế, không cần phải sử dụng các bộ phận ngăn cách để ngăn cách các ion crom hóa trị ba trong dung dịch mạ với anốt. Điều đó làm giảm chi phí, công tác bảo dưỡng và cho phép đơn giản hóa việc vận hành phương pháp theo sáng chế.

Như đã nêu trên, sáng chế cũng đề cập đến dung dịch mạ trong nước. Liên quan đến dung dịch mạ này, tốt hơn nếu các dấu hiệu nêu trên liên quan đến phương pháp theo sáng chế (bao gồm các dấu hiệu đặc biệt áp dụng đối với dung dịch mạ trong nước được dùng theo phương pháp nêu trên) được áp dụng một cách tương tự đối với dung dịch mạ trong nước theo sáng chế và ngược lại. Tốt hơn nữa là, dung dịch mạ trong nước theo sáng chế được sử dụng theo phương pháp theo sáng chế đã nêu trên.

Các chi tiết hơn liên quan đến tổng hàm lượng của các ion crom hóa trị ba trong dung dịch mạ và các tỷ lệ mol với các hợp chất tạo phức, có thể xem trong phần mô tả ở trên đối với phương pháp theo sáng chế.

Được ưu tiên là dung dịch mạ trong nước theo sáng chế, trong đó ít nhất một hợp chất tạo phức hữu cơ được chọn từ nhóm bao gồm các axit carboxylic

hữu cơ và các muối của chúng, tốt hơn là được chọn từ nhóm bao gồm các axit mono carboxylic béo hữu cơ và các muối của chúng. Tốt hơn nữa là các hợp chất tạo phức hữu cơ này (và các biến thể được ưu tiên của chúng) có 1 tới 10 nguyên tử cacbon, tốt hơn là 1 tới 5 nguyên tử cacbon, thậm chí tốt hơn nữa là 1 tới 3 nguyên tử cacbon.

Được ưu tiên là dung dịch mạ trong nước theo sáng chế, trong đó tổng trọng lượng của các ion crom hóa trị ba và tổng trọng lượng của các ion amoni tương ứng với 90% trọng lượng hoặc lớn hơn của tổng trọng lượng của tất cả các cation trong dung dịch mạ trong nước này, tốt hơn là 95% trọng lượng hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 98% trọng lượng hoặc lớn hơn. Do vậy, về cơ bản toàn bộ lượng cation trong dung dịch mạ được tạo ra bởi các ion crom hóa trị ba và các ion amoni.

Trong dung dịch mạ trong nước theo sáng chế, ít nhất một ion trong số các loại ion halogen là bromua. Tốt hơn là, tổng hàm lượng của các ion brom trong dung dịch mạ ít nhất là 0,06 mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, tốt hơn nếu ít nhất là 0,1mol/L, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 0,15mol/L.

Được ưu tiên là dung dịch mạ trong nước theo sáng chế, trong đó tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ trong nước này nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,5mol/L, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,3mol/L, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,1mol/L, tốt nhất là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,08mol/L.

Được ưu tiên là dung dịch mạ trong nước theo sáng chế không chứa các ion sắt, các hợp chất chứa nitơ khác với NH_4^+ và NH_3 , và các chất khử để khử các ion crom hóa trị ba.

Được ưu tiên là dung dịch mạ trong nước theo sáng chế, trong đó nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan chứa crom sulfat, tốt hơn là crom sulfat có tính axit, tốt hơn nữa là crom sulfat có công thức chung $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ và trọng lượng phân tử là 392g/mol. Crom sulfat này có thể được ưu tiên áp dụng với tổng trọng lượng thấp hơn đáng kể so với 100g trong một lít dung dịch mạ trong nước và hơn nữa thường chứa các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng là 1% trọng lượng hoặc

ít hơn, tính theo tổng trọng lượng của crom sulfat được dùng nêu trên. Được mong muốn nếu duy trì tổng trọng lượng của nguồn chứa ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan được dùng trong dung dịch mạ trong nước theo sáng chế, ở mức dưới 100 gam cho một lít. Điều đó làm giảm nguy cơ mức độ làm bẩn, không những các cation kim loại kiềm mà cả các cation không được mong muốn khác (xem ở trên) và các ion trái dấu crom. Cũng được lưu ý là phương pháp theo sáng chế và dung dịch mạ trong nước theo sáng chế được thiết kế đặc biệt cho ứng dụng công nghiệp và việc sử dụng lâu dài (tức là, việc sử dụng trong nhiều tuần và cả tháng). Trong quá trình sử dụng lâu dài như vậy, các ion crom hóa trị ba trong dung dịch mạ trong nước này được bổ sung vài lần, do đó cũng được coi là những tạp chất nhỏ có trong nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan sẽ tích tụ một cách đáng kể theo thời gian. Ảnh hưởng như vậy ít nhất có thể được làm giảm đến mức tối thiểu bằng cách tối ưu hóa hàm lượng của nguồn chứa ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan được dùng.

Tốt hơn là, nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan được sử dụng trong dung dịch mạ trong nước theo sáng chế ở dạng đã hòa tan của nó dưới dạng dung dịch nước. Ở dạng này, nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan không chứa nước tinh thể (nếu có mặt trong nguồn ion ở dạng rắn của nó). Do đó, được ưu tiên là nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan được dùng không phải là chất rắn (tức là, không được dùng ở dạng rắn của nó khi được sử dụng để bổ sung). Nếu nguồn ion này là chất rắn, thì trong một số trường hợp nó sẽ có ảnh hưởng bất lợi đến độ nhám bề mặt trung bình.

Do vậy, được ưu tiên là dung dịch mạ trong nước theo sáng chế, trong đó nguồn ion được sử dụng với tổng trọng lượng nằm trong khoảng từ 70g đến 99,9g cho một lít dung dịch mạ trong nước, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 70g đến 99g, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 70g đến 95g, tốt nhất là nằm trong khoảng từ 70g đến 90g.

Được ưu tiên là dung dịch mạ trong nước theo sáng chế, trong đó độ pH của dung dịch mạ này nằm trong khoảng từ 4,5 đến 6,5, tốt hơn là nằm trong

khoảng từ 5,0 đến 6,0, tốt nhất là nằm trong khoảng từ 5,3 đến 5,9. Các chi tiết hơn về độ pH, xem phần mô tả ở trên về phương pháp theo sáng chế.

Sáng chế được mô tả một cách chi tiết hơn bằng các ví dụ không nhằm giới hạn sau đây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Ở bước thứ nhất, năm mẫu dung dịch mạ ((I), (II), (III), (IV), và (V); mỗi mẫu khoảng 1L) đã được điều chế, các mẫu này đều chứa một lượng tiêu biểu 10g/L tới 30g/L của các ion crom hóa trị ba, 50g/L tới 250g/L của các ion sulfat, ít nhất một hợp chất tạo phức hữu cơ (axit mono carboxylic béo hữu cơ), các ion amoni, và các ion brom. Các hợp chất chứa bo không được sử dụng.

Trong mỗi mẫu dung dịch mạ, nguồn chứa ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ đã hòa tan; trọng lượng phân tử: 392 g/mol) được dùng. Tổng hàm lượng của nguồn này trong mỗi trường hợp là khoảng 75g trong một lít mẫu dung dịch mạ trong nước, nó thấp hơn đáng kể so với 100g trên một lít mẫu dung dịch mạ. Hơn thế nữa, nguồn này hầu như không chứa các cation kim loại kiềm.

Độ pH của mỗi mẫu nằm trong khoảng từ 5,3 đến 5,9 (ở 20°C) và đã được điều chỉnh bằng các hợp chất không chứa cation kim loại kiềm. Tuy nhiên, các mẫu dung dịch mạ này khác nhau về tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm, được đại diện bởi các ion natri (khối lượng mol 23g/mol), theo Bảng 1. Lượng ion natri được chủ động bổ sung vào các mẫu dung dịch mạ tương ứng. Tổng hàm lượng này được tính theo tổng thể tích của mẫu dung dịch mạ tương ứng. Duy nhất mẫu dung dịch mạ (I) không được chủ động bổ sung các ion natri vào.

Bảng 1

Mẫu dung dịch mạ	Na^+ [g/L]
(I)	0
(II)	20

(III)	40
(IV)	60
(V)	80

Các mẫu dung dịch mạ (I) và (II) là theo sáng chế, trong đó các mẫu (III), (IV), và (V) là các ví dụ so sánh.

Ở bước thứ hai, năm mẫu (các thanh thép mềm có đường kính 10mm có các bề mặt đã được mài sơ bộ và làm bóng; R_a ban đầu $< 0,2\mu\text{m}$) được phủ sơ bộ bằng lớp niken nửa bóng (dung dịch mạ niken tiêu chuẩn, Atotech, Mark 1900; mật độ dòng catốt $4\text{A}/\text{dm}^2$ trong 10 phút) để thu được các mẫu đã có lớp phủ niken. Sau khi mạ niken, độ nhám bề mặt trung bình R_a của các mẫu có lớp phủ niken vẫn $< 0,2\mu\text{m}$.

Ở bước thứ ba, các mẫu có lớp phủ niken nêu trên được mạ crom trong các mẫu dung dịch mạ nêu trên theo các quy trình mạ tương ứng và lớp hợp kim crom chứa một lượng cacbon tối thiểu được mạ. Trong mỗi quy trình, quá trình mạ được thực hiện trong 45 phút với mật độ dòng catốt $40\text{A}/\text{dm}^2$ cùng với các anốt graphit và ở nhiệt độ 50°C . Sau bước thứ ba, các mẫu đã được mạ crom ((i), (ii), (iii), (iv), và (v)) có độ dày lớp trung bình nằm trong khoảng từ $25\mu\text{m}$ đến $30\mu\text{m}$ đã được tạo ra có độ nhám bề mặt trung bình (R_a) như được tóm tắt trong bảng 2 (xem cả Fig.1).

Bảng 2

mẫu	mẫu dung dịch mạ	R_a [μm]
(i)	(I)	0,17
(ii)	(II)	0,20
(iii)	(III)	0,25
(iv)	(IV)	0,26
(v)	(V)	0,34

Các mẫu (i) và (ii) được xử lý trong mẫu dung dịch mạ chứa tổng hàm lượng của các ion natri thấp hơn 1mol/L, do đó minh họa cho các lợi thế của phương pháp theo sáng chế. Mẫu (i) đại diện cho trường hợp được ưu tiên nhất hoàn toàn không bị nhiễm các cation kim loại kiềm (0 g/L của các ion natri). Do đó, mẫu (i) thể hiện độ nhám bề mặt trung bình thấp nhất khác xa nhiều so với 0,20 μ m, đây là một trong những kết quả được mong muốn nhất. Tuy nhiên, cả mẫu (ii) cũng thể hiện độ nhám bề mặt trung bình mỹ mãn là khoảng 0,2 μ m. Có thể kết luận rằng quá trình mạ crom trong bước thứ ba không làm tăng đáng kể độ nhám bề mặt trung bình ban đầu của các mẫu.

Các mẫu (iii), (iv), và (v) được xử lý trong các mẫu dung dịch mạ chứa các cation kim loại kiềm với mức lớn hơn 1mol/L, do vậy, minh họa cho nhược điểm của nhiều phương pháp mạ crom hóa trị ba thông thường sử dụng các hợp chất chứa cation kim loại kiềm. Nhược điểm này làm tăng một cách đáng kể độ nhám bề mặt trung bình.

Độ nhám bề mặt trung bình cho mỗi mẫu được xác định ở giữa thanh ở bốn vị trí khác nhau.

Như được chỉ rõ bằng ví dụ, độ nhám bề mặt trung bình tăng khi tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm tăng, và do đó, cho thấy rõ mối quan hệ giữa tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ trong nước và độ nhám bề mặt trung bình của các nền tương ứng.

Mối quan hệ này có thể được áp dụng một cách có lợi theo phương pháp của sáng chế để kiểm soát độ nhám bề mặt trung bình của các nền bằng cách sử dụng một cách cẩn thận các hydroxit không chứa cation kim loại kiềm.

Ví dụ 2

Trong bước thứ nhất, 25L dung dịch mạ trong nước được cấp có độ pH đích nằm trong khoảng từ 5,3 đến 5,9 (ở 20°C) và có một khoảng dung sai $\pm 0,3$ đơn vị độ pH. Độ pH được điều chỉnh bằng các hợp chất không chứa cation kim loại kiềm. Dung dịch mạ còn chứa một lượng tiêu biểu 10g/L tới 30g/L của các ion crom hóa trị ba, 50g/L tới 250g/L của các ion sulfat, ít nhất một hợp chất tạo

phức hữu cơ (axit mono carboxylic béo hữu cơ), các ion amoni, và các ion brom (các hợp chất chứa bo không được sử dụng). Tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm gần như bằng không, và do vậy, nằm trong khoảng rất được ưu tiên từ 0mol/L đến 0,2mol/L. Để điều chế dung dịch mạ trong nước, nguồn chứa ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan, hầu như không chứa cation kim loại kiềm được dùng (nó thường là nguồn chứa các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng là 1% trọng lượng hoặc ít hơn, tính theo tổng trọng lượng của nguồn ion) với tổng hàm lượng nhỏ hơn một cách đáng kể so với 100g trong một lít dung dịch mạ (đối với các chi tiết, xem Ví dụ 1).

Trong bước thứ hai, các mẫu (các thanh thép mềm có lớp mạ niken đường kính 10mm; không được mài sơ bộ và không được làm bóng; R_a ban đầu > 0,2 μ m) được tạo ra và sau đó được mạ niken như được mô tả trong Ví dụ 1. Các anốt được sử dụng trong Ví dụ 2 là các anốt graphit.

Trong bước thứ ba, một số mẫu được ngâm liên tiếp trong dung dịch mạ trong nước và dòng điện một chiều (DC) với mật độ dòng catốt 40A/dm² được cấp trong 45 phút. Nhiệt độ của dung dịch mạ là 50°C. Nhờ đó, lớp hợp kim crom (chứa crom và lượng tối thiểu cacbon) được mạ lên trên các mẫu đầu tiên này. Sau khi một số mẫu đã được xử lý (tức là, bước (c) của phương pháp theo sáng chế được lặp lại vài lần) độ pH đích của dung dịch mạ có trị số độ pH giảm so với độ pH đích. Do đó, việc bổ sung hydroxit là cần thiết để phục hồi trị số độ pH nằm trong khoảng cho phép nêu trên. Nhằm mục đích đó, NH₄OH được sử dụng. Quá trình này được tiếp tục cho đến khi việc sử dụng dung dịch mạ đạt mức khoảng 180Ah/L. Khi đã đạt mức 180Ah/L, mười hai mẫu được xử lý theo phương pháp của sáng chế.

Trên Fig.2, phương pháp theo sáng chế được thể hiện dưới dạng đồ thị và được ký hiệu là phần A. Trên Fig.2, độ nhám bề mặt trung bình (R_a) cũng được thể hiện cho từng mẫu trong số mười hai mẫu. Hầu hết các mẫu đều có độ nhám bề mặt trung bình không vượt quá mức 0,4 μ m; mức độ nhám bề mặt trung bình 0,6 μ m không bao giờ bị vượt quá. Có thể kết luận rằng trong phần A, độ nhám bề

mặt trung bình là tương đối thấp và không đối đối với lớp hợp kim crom chức năng được tạo ra từ dung dịch mạ trong nước như được xác định ở trên.

Sau 180Ah/L (tức là, sau khi mẫu thứ mười hai đã được xử lý) độ pH đích được phục hồi bằng cách bổ sung NaOH thay vì NH_4OH (không theo phương pháp của sáng chế). Nhiều mẫu đã được dùng để mạ điện giải trong khoảng 180Ah/L để 230Ah/L để cho phép dung dịch mạ để thích ứng với sự khác biệt này.

Fig.2, phần B (từ 230Ah/L tới 390Ah/L) thể hiện một ví dụ so sánh, minh họa mức độ ảnh hưởng tới độ nhám bề mặt trung bình nếu NaOH được sử dụng.

Như được thể hiện trên Fig.2, trong phần B, độ nhám bề mặt trung bình tăng nhanh lên tới $1\mu\text{m}$ hoặc cao hơn nữa. Ví dụ 2 được kết thúc với thời gian sử dụng quá mức 390Ah/L (sử dụng khoảng 4 tháng) của dung dịch mạ trong nước (hoặc nói cách khác sau 160Ah/L kể từ lúc bắt đầu ở 230Ah/L) và 9 mẫu khác đã được xử lý trong khi ví dụ so sánh. Mẫu cuối cùng thu được sau 390Ah/L có độ nhám bề mặt trung bình lớn nhất là lớn hơn $1,6\mu\text{m}$. Fig.2 cho thấy rõ ràng là thậm chí khi vượt quá 390Ah/L, thì độ nhám bề mặt trung bình rất có thể sẽ tăng thêm nữa.

Độ dày lớp trung bình của lớp hợp kim crom đã được mạ nằm trong khoảng từ $25\mu\text{m}$ đến $30\mu\text{m}$ đối với mọi mẫu (các phần A và B). Độ nhám bề mặt trung bình được xác định như được mô tả trong Ví dụ 1.

Ví dụ so sánh cho thấy rằng quá trình mạ trong phần B không còn được kiểm soát theo phương pháp của sáng chế, tức là, về độ nhám bề mặt trung bình của các nền được xử lý. Hơn thế nữa, nó còn cho thấy rằng trong một thời gian dài sử dụng của dung dịch mạ trong nước, độ nhám bề mặt trung bình liên tục gia tăng tới các trị số không được mong muốn như ngoài $0,8\mu\text{m}$. Sự gia tăng như vậy có thể chắc chắn tránh được bởi phương pháp theo sáng chế. Dựa trên cơ sở phần A, có thể kết luận một cách chắc chắn là độ nhám bề mặt trung bình vẫn tương đối ổn định trong một khoảng thời gian sử dụng lâu dài của dung dịch mạ, thậm chí là toàn bộ thời gian làm việc của dung dịch mạ. Hơn thế nữa, trong phần A, các lớp

hợp kim crom chức năng đã được tạo ra có đặc tính là độ cứng và độ bền chịu mài mòn mỹ mãn như nêu trên.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp mạ có kiểm soát lớp crom hoặc hợp kim crom trên ít nhất một nền, phương pháp này bao gồm các bước:

(a) tạo ra dung dịch mạ trong nước, trong đó:

dung dịch mạ này chứa:

- các ion crom hóa trị ba,
- các ion brom,
- các cation kiềm với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 1 mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ và chỉ tổng các hàm lượng tối đa riêng rẽ của các cation kim loại gồm lithi, natri, kali, rubiđi, xesi, và franxi, và

dung dịch mạ này có:

- độ pH đích nằm trong khoảng từ 4,1 đến 7,0,

(b) tạo ra ít nhất một nền và ít nhất một anôt,

(c) nhúng ít nhất một nền trong dung dịch mạ trong nước này và cấp dòng điện một chiều sao cho lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ trên nền, nền này là điện cực catot,

trong đó ở hoặc sau bước (c) độ pH của dung dịch mạ thấp hơn độ pH đích,

(d) bổ sung NH_4OH và/hoặc NH_3 ở hoặc sau bước (c) vào dung dịch mạ sao cho độ pH đích của dung dịch mạ được phục hồi.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tổng hàm lượng của các cation kim loại kiềm trong dung dịch mạ nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,8mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,6 mol/L, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,4mol/L, thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 0,2mol/L.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó phương pháp này là phương pháp liên tục, trong đó:

các bước (a) tới (d) được lặp lại liên tục, và/hoặc

bước (c) ít nhất được lặp lại một lần với một nền khác trước khi bước (d) được thực hiện.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó độ pH đích nằm trong khoảng từ 4,5 đến 6,5, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 5,0 đến 6,0, tốt nhất là nằm trong khoảng từ 5,3 đến 5,9.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó dung dịch mạ trong nước không chứa hoặc chứa tổng hàm lượng thấp hơn 10mg/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, của các hợp chất chứa lưu huỳnh có nguyên tử lưu huỳnh có số oxy hóa thấp hơn +6 và các hợp chất chứa bo.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lớp được mạ ở bước (c) là vô định hình, được xác định bởi phép nhiễu xạ tia X.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó:

ở bước (c), lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ trực tiếp lên trên ít nhất một nền, hoặc

ít nhất một nền đã được xác định ở bước (b) còn có lớp niken hoặc hợp kim niken và ở bước (c), lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ trên đó.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó độ dày lớp trung bình của lớp crom hoặc hợp kim crom được mạ ở bước (c) là 1,0 μ m hoặc lớn hơn, tốt hơn là 2 μ m hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 4 μ m hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 5 μ m hoặc lớn hơn, tốt nhất là độ dày lớp trung bình nằm trong khoảng từ 5 μ m đến 200 μ m, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 5 μ m đến 150 μ m.

9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lớp được mạ ở bước (c) có độ nhám bề mặt trung bình R_a là 0,6 μ m hoặc thấp hơn, tính theo độ dày lớp trung bình ít nhất là 20 μ m, tốt hơn là 0,5 μ m hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 0,4 μ m hoặc thấp hơn.

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó ít nhất một nền và ít nhất một anôt có mặt trong dung dịch mạ trong nước sao cho các ion crom hóa trị ba tiếp xúc với ít nhất một anôt.

11. Dung dịch mạ trong nước dùng để mạ lớp crom hoặc hợp kim crom, dung dịch mạ này chứa:

- (i) các ion crom hóa trị ba với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 17g/L đến 30g/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ,
- (ii) ít nhất một hợp chất tạo phức hữu cơ,
- (iii) các ion amoni,
- (iv) ít nhất một ion trong số các loại ion halogen, trong đó ít nhất một loại ion là ion brom, và
- (v) các cation kiềm với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0mol/L đến 1 mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ và chỉ tổng các hàm lượng tối đa riêng rẽ của các cation kim loại gồm lithi, natri, kali, rubiđi, xesi, và franxi, trong đó:

- các ion crom hóa trị ba có nguồn gốc từ nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan, nguồn ion này được sử dụng với tổng trọng lượng nhỏ hơn 100g trong một lít dung dịch mạ trong nước và nguồn ion này chứa các cation kim loại kiềm với tổng hàm lượng là 1% trọng lượng hoặc ít hơn, tính theo tổng trọng lượng của nguồn ion được sử dụng,
- độ pH của dung dịch mạ này nằm trong khoảng từ 4,1 đến 7,0,
- dung dịch mạ này không chứa hoặc chứa tổng hàm lượng thấp hơn 10mg/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, của các hợp chất chứa lưu huỳnh có nguyên tử lưu huỳnh có số oxy hóa thấp hơn +6, và
- dung dịch mạ này không chứa hoặc chứa tổng hàm lượng thấp hơn 10mg/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, của các hợp chất chứa bo.

12. Dung dịch mạ theo điểm 11, trong đó tổng trọng lượng của các ion crom hóa trị ba và tổng trọng lượng của các ion amoni tương ứng với 90% trọng lượng hoặc

lớn hơn của tổng trọng lượng của tất cả các cation trong dung dịch mạ trong nước này, tốt hơn là 95% trọng lượng hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 98% trọng lượng hoặc lớn hơn.

13. Dung dịch mạ theo điểm 11 hoặc 12, trong đó tổng hàm lượng của các ion brom trong dung dịch mạ ít nhất là 0,06 mol/L, tính theo tổng thể tích của dung dịch mạ, tốt hơn nếu ít nhất là 0,1 mol/L, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 0,15 mol/L

14. Dung dịch mạ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 tới 13, trong đó nguồn ion crom hóa trị ba, dễ hòa tan là crom sulfat, tốt hơn là crom sulfat có tính axit, tốt hơn nữa là crom sulfat có công thức $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ và trọng lượng phân tử là 392 g/mol.

15. Dung dịch mạ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 tới 14, trong đó nguồn ion được sử dụng với tổng trọng lượng nằm trong khoảng từ 70g đến 99,9g cho một lít dung dịch mạ trong nước, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 70g đến 99g, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 70g đến 95g, tốt nhất là nằm trong khoảng từ 70g đến 90g.

Fig. 1

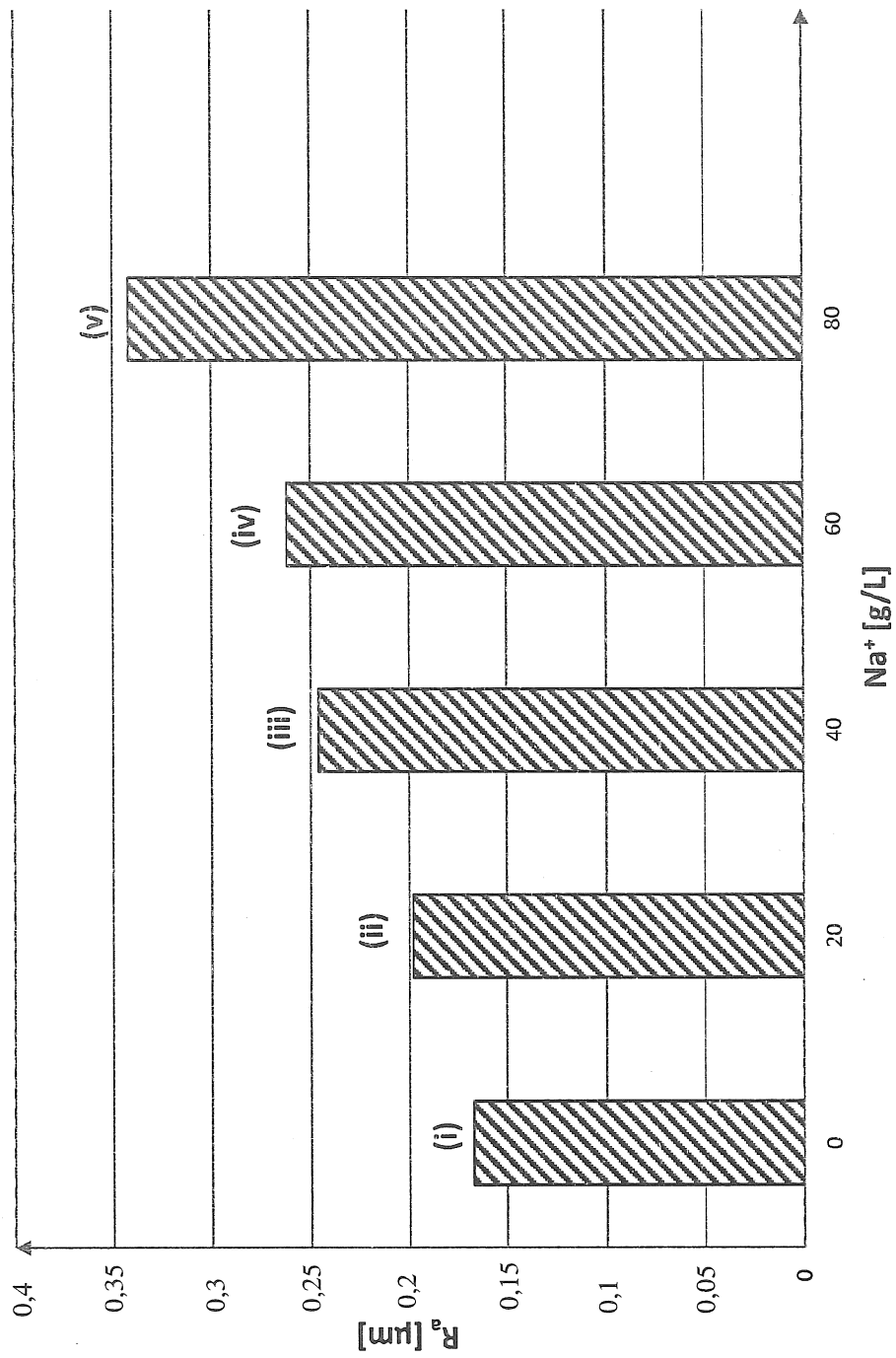


Fig. 2

