

CAPITULO XV

LA GALVANOPLASTIA

I

INVENCION DE LA GALVANOPLASTIA: OJEADA HISTÓRICA

Hemos visto á la electricidad transmitir á larga distancia con prodigiosa rapidez y bajo distintas formas los signos confiados á los aparatos telegráficos, ora limitándolos á simples movimientos oscilatorios de las agujas del galvanómetro, ora escribiendo y aun imprimiendo en caracteres conocidos las letras de un despacho, ó ya en fin reproduciendo con fidelidad increíble el facsímil del escrito ó del dibujo que constituye el telegrama expedido. Así pues, la telegrafía es una aplicación mecánica de la electricidad, ó mejor dicho, del electro-magnetismo, puesto que el principio es la acción recíproca de las corrientes voltaicas y de los imanes. Además, utilizando las repulsiones y atracciones electro-magnéticas se ha inventado la relojería eléctrica, los cronógrafos, los aparatos anotadores automáticos de los fenómenos físicos, los motores eléctricos, y otra porción de aparatos empleados hoy en las industrias y en las artes.

La electricidad no produce tan sólo movimiento, sino que calienta los cuerpos, y esto con tanta energía que funde y volatiliza los metales y las substancias más refractarias, é inflama á larga distancia las mechas de los barrenos, y los torpedos protectores de las costas y de los puertos. La luz deslumbradora que brota entre los dos conos de carbón compete en intensidad con los rayos solares. Merced á un mecanismo cuyo movimiento lo regulan las variaciones de intensidad de la corriente y la combustión misma, se puede dar también muchas aplicaciones á la luz del arco voltaico, que en la actualidad rasga las brumas de las noches más oscuras, y acrecienta el brillo y el alcance de los faros, de esos aparatos inventados por Fresnel, tan poderosos auxiliares de la navegación.

Para completar el cuadro de las aplicaciones de la electricidad, réstanos dar cuenta de las que están basadas en los efectos químicos de las corrientes, es decir, en los fenómenos, misteriosos todavía, que la ciencia considera como engendradores de la electricidad dinámica.

La *galvanoplastia* y la *electroquímica* son los nombres con que generalmente se distinguen estas aplicaciones, de las que han sabido aprovecharse por igual la ciencia, la industria y el arte. Unas cuantas palabras sobre el principio que les es común bastarán para justificar la distinción que acabamos de hacer.

Recordemos ante todo los fenómenos que ocurren cuando se hace pasar una corriente voltaica por una disolución salina, y tomemos por ejemplo una de sulfato de cobre. Apenas se cierra el circuito y pasa la corriente, se descompone la sal; del electrodo positivo se desprenden burbujas de hidrógeno, y se deposita cobre en estado metálico alrededor de la placa que forma el electrodo negativo. Los físicos que sólo tenían á su disposición las primeras pilas de Volta conocían ya este fenómeno de descompo-

sición; sólo que á causa de la irregularidad de la corriente y de lo pronto que se debilitaba, el depósito metálico no era las más de las veces sino un depósito pulverulento, impropio para las aplicaciones industriales. Sin embargo, la ciencia sacó partido de él, y los químicos lograron de este modo aislar, descubrir metales desconocidos hasta entonces. La invención de las pilas de corriente constante, como la de Daniell, modificó por ventajosa manera el fenómeno. En otro capítulo hemos tenido ocasión de hacer mención del descubrimiento del primer motor eléctrico, el que ideó Jacobi para hacer navegar una barca por el Neva. Si este invento no tuvo el resultado que su autor esperaba, dió motivo á un descubrimiento más afortunado, del cual nació en definitiva la galvanoplastia.

Jacobi, que se había valido para su experimento de una pila Daniell, cuyo polo positivo estaba formado de placas de cobre muy puro y muy maleable, quedó asombrado al ver que las placas de platino del electrodo negativo se habían cubierto de un depósito rugoso, compuesto de hojuelas de cobre quebradizas, y cuya superficie interna reproducía fielmente todas las desigualdades del metal en que se habían formado. El ilustre físico repitió el mismo experimento variándolo, y obtuvo depósitos metálicos homogéneos, que en lugar de ser pulverulentos tenían la consistencia, compacidad y ductilidad de los metales más puros, tal como los suministran las operaciones metalúrgicas. Además, sustituyendo la placa de cobre de la pila con moldes de medallas ó con planchas grabadas en hueco ó en relieve, obtuvo reproducciones exactas, en hueco ó en relieve también, de los tipos originales (1). Tal es el origen de la galvanoplastia, descubierta asimismo por el inglés Spéncer al año siguiente. Esta invención adquirió en breve gran desarrollo, siendo el punto de partida de muchas aplicaciones artísticas é industriales en las que se han ido introduciendo perfeccionamientos importantes.

Los procedimientos que constituyen la galvanoplastia propiamente dicha dan depósitos que se moldean exactamente sobre los objetos que se han de reproducir, pero sin adherirse á ellos. Pero también se pueden obtener depósitos muy delgados que se adhieren á la superficie del objeto y le sirven de cubierta protectora, sin alterar sensiblemente su forma ni sus contornos; los procedimientos empleados en este caso constituyen el dorado, plateado, cobreado, níquelado, etc., galvánicos, según que el metal depositado es oro, plata, cobre, níquel, etc. Tal es, en cuanto al resultado, la diferencia que media entre la *galvanoplastia* y lo que á veces se llama *electroquímica, galvanización*. El principio es el mismo, los procedimientos distintos, y por otra parte se han descubierto con independencia entre sí. Y en efecto, la invención del dorado galvánico data de fecha más remota que la galvanoplastia.

Luis Brugnatelli, profesor de química en la universidad de Pavía, descubrió en 1805 el medio de dorar con la pila las medallas y otros pequeños objetos de plata: valiase para ello de una disolución de cloruro de oro en amoníaco (amoníuro de oro), en la cual metía el objeto que quería dorar, poniéndolo en comunicación con el polo negativo de una pila por medio de un alambre de acero ó de plata. Cierto es que esta invención subsistió largo tiempo ignorada y sin aplicación, habiéndose debido al descubrimiento de la galvanoplastia el que se practicasen indagaciones en ésta vía, haciendo revivir por decirlo así el invento de Brugnatelli. En 1840, el ilustre físico de la Acade-

(1) El sabio físico ruso pudo presentar á la Academia de Ciencias de San Petersburgo, el 7 de octubre de 1838, una placa de cobre en la que estaba reproducida en relieve la impresión de los dibujos grabados en hueco en una placa parecida.

mía de Ginebra M. de la Rive se dedicó á estudiar el modo de sustraer á los obreros doradores al pernicioso uso del mercurio, y consiguió dorar latón, cobre y plata con la pila. La disolución que empleaba era "una solución de cloruro de oro tan neutra como era posible y muy diluída (de 5 á 10 miligramos de oro por centímetro cúbico), en un saco cilíndrico formado de una membrana de vejiga; introducía este diafragma en una vasija de vidrio llena de agua convenientemente acidulada y bañada á su vez en la solución de oro., Un cilindro de zinc unido con un alambre de plata al objeto que se había de dorar producía la corriente eléctrica, que debía ser muy débil. Varios físicos, entre otros Elsner, Böttger, Perrot y Smée, introdujeron algunos perfeccionamientos en el método de M. de la Rive, pero otro nuevo, descubierto casi simultáneamente por el inglés Elkington (septiembre 1840) y el francés Ruolz (1841), dió en breve fecundo impulso á esta aplicación de la electroquímica. Desde aquel momento, la galvanoplastia llegó á ser un verdadero arte industrial en manos de M. Christofle, que adquirió los privilegios de los dos inventores.

Sin entrar en la historia detallada de las fases por que ha pasado la galvanoplastia de cuarenta años á esta parte, describamos los métodos más usados en el día.

II

LA GALVANOPLASTIA PROPIAMENTE DICHA

Ocupémonos ante todo de la *galvanoplastia propiamente dicha*, del arte merced al cual se reproduce, mediante un depósito metálico homogéneo, pero no adherente y bastante grueso, el relieve de cualquier objeto, como medallas, estatuas, bajos relieves, ornamentos arquitectónicos, alhajas, etc.

Según el fin que el operador se proponga, la reproducción galvanoplástica de un objeto se puede hacer de dos distintos modos. Si quiere obtener una reproducción idéntica, en la que el relieve y los huecos sean los del modelo mismo, es preciso en este caso empezar por hacer un molde cuyos huecos son los relieves del modelo y recíprocamente; entonces se emplean los procedimientos ordinarios del moldeado; pero claro está que se podría obtener desde luego el molde por medio de la galvanoplastia, y luego reproducir el objeto en virtud de una segunda operación hecha con esta contraprueba. Bastará la primera de estas operaciones si lo que se trata de hacer es una reproducción en hueco de los relieves del molde.

En todos los casos, la superficie del molde en que la corriente deposite el metal requerido ha de ser buena conductora de la electricidad, y así sucederá si el molde es metálico. Si, como acontece con frecuencia en la práctica, el molde es de cera, de azufre, de yeso, ó mejor aún, de gelatina ó de gutapercha, será menester *metalizar* previamente su superficie, lo cual se consigue por varios medios. El más sencillo consiste en cubrir el molde, con un pincel ó un cepillo, de una capa tenue y uniforme de polvos de plumbagina, medio discurrido por Jacobi. También se puede emplear al efecto una solución de nitrato de plata en alcohol. Expónese la superficie así humedecida del molde á las emanaciones del ácido sulfhídrico, y entonces se forma una capa negra, sumamente tenue, de sulfuro de plata, compuesto que es un conductor excelente. Este medio se emplea sobre todo cuando se quieren reproducir objetos delicados, como flores, frutos, y aun de vidrio y de cristal.

Una vez hecho el molde y cuando ya está preparado para recibir el depósito metá-

lico, hay que preparar el baño y el aparato galvanoplástico. Lo que se designa con el nombre de *aparato simple* consiste precisamente en el baño mismo que, á decir verdad, constituye una pila de corriente constante, como la de Daniell. Supongamos que se trata de reproducir un objeto en cobre, que es el metal más generalmente usado. Pónese en una cubeta, ó en una vasija de vidrio, una solución de sulfato de cobre (sustancia conocida en el comercio con el nombre de *caparrosa azul* y vulgarmente con el de *piedra lapis*), y en el centro de la cubeta se coloca un vaso poroso lleno de agua acidulada con ácido sulfúrico, en el cual se introduce una plancha ó un cilindro de zinc que forma el polo negativo de la pila. De este polo se suspende por un hilo metálico, que lo rodea de modo que esté en contacto con la capa conductora (plumbagina ó sulfuro de plata), el molde del objeto que se ha de reproducir. La figura 483 muestra cómo se dispone el aparato, que sirve también para el dorado y el platingo electroquímicos. En este caso, la naturaleza del baño varía, como veremos en breve.

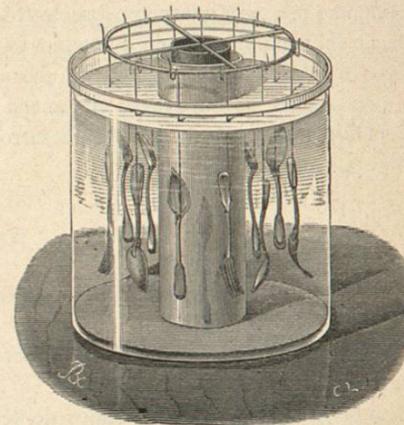


Fig. 483.—Aparato simple para la galvanoplastia

El aparato simple no es, pues, otra cosa sino una pila en la cual el molde y el zinc forman el polo negativo, mientras que la solución de sulfato de cobre es el positivo; el hilo metálico de suspensión reúne ambos electrodos.

Tan luego como se cierra el circuito y pasa la corriente, se descompone el sulfato de cobre y el metal se deposita en toda la superficie del molde. Mas, á medida que se forma este depósito, el baño se empobrece por esto mismo, se torna cada vez más ácido, y el metal depositado perdería sus propiedades plásticas, su coherencia, si no se sumergiera en el baño un saquillo lleno de cristales de sulfato de cobre que lo mantienen en su estado normal de saturación.

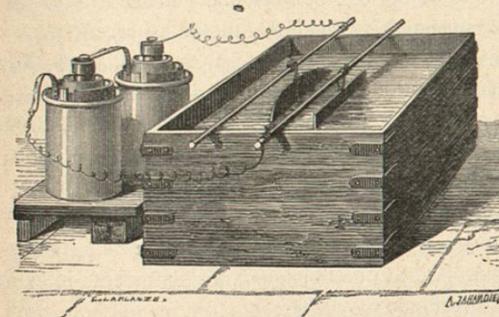


Fig. 484.—Aparato compuesto para la galvanoplastia

Lo que en galvanoplastia lleva el nombre de *aparato compuesto* no difiere del simple sino en que la pila está fuera del baño; para evitar que éste se debilite, se mantiene sumergida en él una plancha de cobre puesta en comunicación con el polo positivo de la pila, al paso que el molde está enlazado metálicamente con el polo negativo. Esta plancha suministra sin cesar á la solución la cantidad de cobre que se deposita, de suerte que la concentración del baño es siempre la misma.

Jacobi, que ideó esta última disposición, ha dado á la plancha de cobre del aparato compuesto el nombre de *electrodo soluble*.

Hace algún tiempo que en los talleres galvanoplásticos se sustituye ventajosamente la pila con máquinas dinamo-eléctricas.

Las destinadas á este uso especial difieren en un punto importante de las que producen luz. En éstas es menester la tensión más que la cantidad; para las operaciones electroquímicas es necesaria la segunda y una tensión débil, lo cual se consigue empleando hilos de escasa resistencia para los electro-imanés inductores y la bobina. M. Gramme usa para guarnecer los electro-imanés de sus máquinas galvanoplásticas, en lugar del alambre redondo que ponía en un principio, una sola y delgada capa de cobre que cubre toda la anchura de una media barra de electro-ímán; en cuanto al hilo de la bobina, es más grueso que ancho y ofrece bastante rigidez para poder resistir los efectos de la fuerza centrífuga desarrollada por una velocidad de rotación de 500 vueltas por minuto.

III

VARIAS APLICACIONES DE LA GALVANOPLASTIA

Entremos ahora en algunos detalles acerca de las diferentes aplicaciones industriales ó artísticas de la galvanoplastia.

Los procedimientos que acabamos de describir se aplican tales cuales son á la reproducción de medallas, sellos, y de todas las piezas de pequeñas dimensiones que tienen una sola cara grabada. Hoy se los utiliza para reproducir dibujos grabados en madera, acero ó cobre, cuyos grabados se estropean ó se desgastan muy pronto cuando se imprime con ellos, y cuyos tipos se consigue conservar indefinidamente gracias á la galvanoplastia.

Con un grabado en boj se pueden tirar cuando más diez mil ejemplares. He aquí cómo se reproducen tantos clichés como se quiera y que pueden servir para la impresión. Empiézase por metalizar la superficie de boj con plumbagina, y luego se saca un molde de él con gelatina ó gutapercha: en seguida se somete el molde así sacado y metalizado á la acción galvanoplástica, en virtud de la cual se deposita en él una capa de cobre (1), la cual reproduce con la mayor exactitud hasta las líneas más tenues del grabado. Al cabo de unas veinticuatro horas, cuando más, el espesor de la hoja metálica llega á ser de un vigésimo de milímetro, espesor que no basta para resistir la presión de las máquinas tipográficas, por lo cual se refuerza dicha hoja extendiendo sobre su parte posterior una aleación de plomo y antimonio (metal de que se componen los caracteres de imprenta). Entonces puede soportar sin alteración una tirada de ochenta mil ejemplares. La matriz ó sea el dibujo grabado en boj queda absolutamente intacta, y se puede sacar de ella un número indefinido de clichés.

Mediante un procedimiento análogo se pueden reproducir láminas grabadas en cobre ó en acero; por lo común se obtiene la estampación con la prueba galvanoplástica, y con este molde se opera de modo que quede reproducida la lámina tipo. Sólo que hay que tomar una precaución para evitar la adherencia, la cual consiste en someter

(1) Hace algunos años que ciertos fabricantes de clichés han sustituido el níquel al cobre para reproducir grabados. Como el primer metal es tres veces más resistente que el segundo, un depósito de 3 á 4 décimos de milímetro de níquel equivaldrá á uno de cobre de 1 milímetro. A esta ventaja hay que añadir la de que aquel metal cuesta menos que éste. Los señores Boudreaux, Christoffe y Lionnet aplican el níquelado á los clichés, pero también se hace uso de él para muchas piezas de las máquinas industriales ó científicas.

la lámina á los vapores de yodo antes de meterla en el baño. Así se procede, por ejemplo, para la impresión de los sellos de correo. Reúnense doscientas ó trescientas estampaciones ó matrices del tipo del grabado, y de este modo se sacan planchas con las que se pueden imprimir pliegos que contengan el mismo número de sellos. Comprenderá la utilidad de esta multiplicación del tipo primitivo cuando se sepa que en Francia se imprimen diariamente más de dos millones de sellos de correos. Para evitar las falsificaciones que se podrían hacer fácilmente por medio de los transportes á la piedra, se extiende una tinta blanca sobre el papel en que se han impreso los sellos, cuya tinta se adheriría también á la piedra litográfica á la vez que las líneas del dibujo, y al proceder á la impresión sólo saldría una mancha uniforme que cubriría todo el pliego.



Fig. 485.—Reproducción de una medalla por la galvanoplastia: molde en hueco



Fig. 486.—La misma medalla reproducida en relieve por la galvanoplastia

M. Smée ha fabricado galvanoplásticamente los clichés con los que se imprimen los billetes del Banco de Inglaterra. Para dar una idea de la resistencia de estos clichés, baste decir que se ha tirado más de un millón de billetes sin que se note alteración alguna en ellos.

Si la galvanoplastia presta importantes servicios en la impresión de grabados, no es menos útil para la corrección de las planchas grabadas, por ejemplo para añadir nuevos detalles en las cartas geográficas ó topográficas, como rectificación de carreteras, agregación de otras nuevas, ó de caminos de hierro, canales, obras industriales, etc., todo lo cual no era posible sino mediante retoques ó aplanamientos con el martillo que podrían estropear las planchas tipos. M. Georges ha discurrido un método de corrección con el cual se evitan tan graves inconvenientes. Se quitan con un raspador las partes que se han de modificar, y una vez hecho esto, se forma en el espacio que resulta en claro un depósito de cobre por medio de la galvanoplastia. Luego se le planea ó alisa con cuidado y se saca una prueba en que las partes que se han de corregir salen en blanco; los dibujantes trazan en ella nuevas líneas, que, trasladadas á la plancha, pasan á manos del grabador.

Nadie ignora lo importante que es, en las impresiones cromotipográficas, que los diferentes colores de cada lámina se tiren exactamente á registro. Con la galvanoplastia se consigue esto de una manera tan rigurosa como se pueda desear.

Y no tan sólo se reproducen galvanoplásticamente planchas idénticas á las grabadas, sino que también se aplica este nuevo arte al grabado directo, en el género de talla dulce ó de agua fuerte. Sólo que entonces ya no interviene un depósito metálico, y la placa en que está trazado el dibujo que se ha de reproducir se coloca como anodo soluble, en lugar de ponerla en el baño en el polo negativo. En efecto, estando su superficie cubierta de una tenue capa de barniz aislador, y habiéndose dejado el metal á descubierto al trazar el dibujo con el punzón, la acción electrolítica ataca el metal, y resultando por lo tanto en aquél los mismos huecos que con el procedimiento al agua fuerte, queda hecho el grabado sin que el operador haya de temer la perniciosa acción de las emanaciones nitrosas.

Los procedimientos Dulos, Gillot y Garnier para el grabado en relieve sobre cobre ó zinc están basados en parte en la galvanoplastia; pero los detalles de las operaciones que aquéllos requieren son sobrado minuciosos para que podamos reproducirlos aquí, y nos apartarían demasiado de nuestro principal asunto.

Digamos ahora cuatro palabras acerca de la aplicación de la galvanoplastia á la reproducción de objetos de relieve, como bustos, estatuas, jarrones, capiteles y otros adornos de arquitectura.

El principio es siempre el mismo; pero la reproducción de objetos de grandes dimensiones presentaba en un principio dificultades que se han allanado felizmente. Tratabase de evitar el desigual espesor de los depósitos en las diferentes partes del molde, á la vez que obtener en todas un grueso que diese al objeto de arte reproducido la solidez suficiente. Supongamos el molde de una estatua cuyas partes se han reunido de modo que forman el hueco que ocupaba el modelo antes de moldearlo. El asunto está en obtener en todas las paredes interiores un depósito de cobre igual y regular. Primeramente se empleó un anodo soluble que se colocaba en el interior del molde; pero la disolución rápida de este anodo no daba más que un depósito desigual y de espesor insuficiente. M. Lenoir discurrió poner un anodo insoluble, constituido por alambres de platino que rodeaban todas las partes del molde sin tocarlo. Unos cristales de sulfato de cobre, metidos en una bolsa de gutapercha llena de agujeros, daban el cobre necesario para la reconstitución de la disolución á medida que el depósito lo gastaba; pero era un medio costoso y por consiguiente aplicable solamente á los objetos pequeños. M. Planté tuvo la idea de reemplazar el platino con plomo; se introduce en el molde un núcleo de plomo agujereado, que reproduce toscamente la forma del molde un poco más pequeña, de modo que entre el núcleo y las paredes queda un espacio libre.

Gracias á este procedimiento, ha sido ya posible moldear las más hermosas y grandes obras de la estatuaria, y se ha efectuado esta operación por medio de la electricidad con estatuas de dos y aun de cuatro metros y medio de altura, destinadas al teatro de la Opera de París, con una perfección que el antiguo arte del fundidor no podía aventajar. Del mismo modo se ha hecho una estatua de nueve metros que pesaba 3,500 kilogramos: el grueso del cobre no baja de cuatro milímetros y medio; pero se han necesitado dos meses y medio para llevar á cabo la operación.

Se debe á M. Oudry la reproducción galvanoplástica en cobre de los bajos relieves que forman la columna Trajana; cada uno de ellos, en número de 600, tiene un metro cuadrado de superficie. Vese, por la importancia de este trabajo, que el arte galvanoplástico, tan notable por la fidelidad y perfección de sus productos, ha llegado á ser una verdadera y grande industria en manos de nuestros fabricantes.

IV

ELECTROQUÍMICA. — DORADO Y PLATEADO GALVÁNICOS

El principio en que están basados los métodos de dorado, plateado, y por lo general de depósito de un metal sobre la superficie de un objeto en capa tenue y adherente, es el mismo que el de la galvanoplastia propiamente dicha; es la propiedad electrolítica de una corriente voltaica, la cual, al atravesar una disolución de oro, plata, etc., la descompone y transporta el metal al polo negativo.

Pero, después de conocido el principio, quedaban dificultades prácticas por vencer; faltaba averiguar las condiciones de adherencia del depósito; dar con la mejor composición del baño, con el modo más adecuado de preparación de los objetos que había que cubrir, etc. Ya hemos visto que los señores Elkington y Ruolz idearon los primeros procedimientos verdaderamente industriales de dorado y plateado.

Los aparatos usados, simples ó compuestos, son los mismos que hemos descrito al tratar de la galvanoplastia. La preparación del objeto consiste principalmente en pulir su superficie, la cual debe estar perfectamente exenta de toda materia extraña. Si el objeto es de bronce, se le recuece al rojo obscuro; si de latón, se le lava

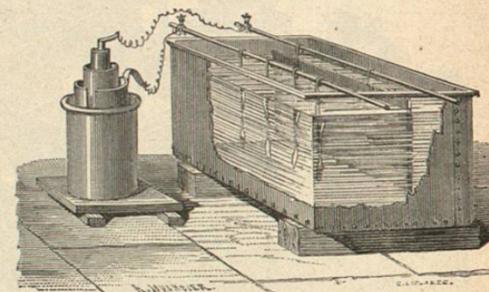


Fig. 487.—Plateado galvanoplástico: aparato compuesto

en una disolución de sosa concentrada; pero en este caso siempre queda una ligera capa de óxido que se hace desaparecer sumergiendo el objeto en un baño ácido. Por último, si el objeto que se ha de dorar ó platear es de hierro, acero, zinc, aluminio, es menester cubrirlo previamente, por la galvanoplastia, de una ligera capa de cobre, pues de lo contrario no se adheriría el oro ó la plata depositados en su superficie.

Una vez hecho esto, se prepara el baño. Para el dorado, consiste en una solución de cianuro de oro en mayor cantidad de cianuro de potasio; la composición para el plateado es semejante: consiste en una solución de cianuro de plata en mayor cantidad de cianuro de potasio. Mas, en tanto que para platear se puede operar á la temperatura ordinaria, para dorar conviene que la del baño se mantenga durante la operación á un grado bastante elevado, por lo común á 70°; en frío, el color del depósito no sería tan agradable á la vista. Se pone en el polo positivo una plancha de oro ó de plata por la cual entra la corriente en la disolución, y que sirve de anodo soluble. El objeto que se ha de dorar ó platear forma el polo positivo. Apenas comienza la acción electrolítica, el cianuro de oro se descompone, el oro se traslada al polo negativo, y allí cubre poco á poco toda la superficie del objeto; mas al pasar el cianógeno al polo positivo se combina en él con el oro, y vuelve á formarse cianuro de oro en cantidad igual á la que la corriente descompone. Así pues, el título de la disolución no cambia, condición esencial de la operación. Los fenómenos que ocurren en el baño de plata son enteramente análogos.

En las figuras 487 y 488 se ve cómo están dispuestos los aparatos compuestos de