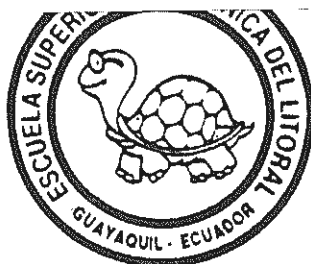


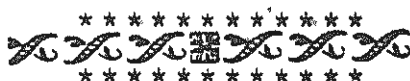


D-14798



7
669.92
V215

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica



**"ANALISIS DE FALLAS DE LAS PLACAS DE
NIQUEL EN EL PROCESO DE IMPRESION DE
DOCUMENTOS DE SEGURIDAD"**

INFORME TECNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

MIGUEL ANGEL VALVERDE SANTILLAN



GUAYAQUIL

ECUADOR

**AÑO
1994**

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ignacio Wiesner, Director de informe técnico , por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo

DEDICATORIA

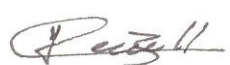
A MIS PADRES ,
A MIS HERMANOS.
A MI ESPOSA E HIJOS.



Dr. Alfredo Barriga
DECANO FIM



Ing. Ignacio Wiesner
DIRECTOR INF. TEC.



Ing. Freddy Cevallos.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuesta en este informe, me corresponden exclusivamente; y , el patrimonio intelectual a la Escuela Superior Politécnica del Litoral ".

Miguel A Valverde S.

INDICE GENERAL

- RESUMEN
- INDICE GENERAL
- INDICE DE FIGURAS
- INDICE DE TABLAS
- SIMBOLOGIA

CAPITULO 1 PROCESO DE ELECTROFORMING EN EL NIQUEL	pag
1.1 Principios Básicos	11
1.2. Parámetros.	14
1.3. Materiales y Equipos.	18
1.4. Preparación.	19
 CAPITULO 2 COLAPSO DE LAS PLACAS DE NIQUEL.	
2.1 Metalurgia.	28
2.2 Fractografía	29
2.3 Análisis de Esfuerzos.	30
2.4 Análisis Químico.	32
 CAPITULO 3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	
3.1 Cambio del baño de Níquel y sus accesorios.	33
3.2 Modificación del Cilindro de Impresión	35
CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
APÉNDICE.	
BIBLIOGRÁFICA.	

Índice de Figuras

Sujetadores y cuba	pag 11
Cilindro de la imprenta	pag 21
Mordaza	pag 25
Placa rota	pag 28
Los dos cilindros en contacto	pag 29
Espacios vacíos que deja la placa y la empaquetadura	pag 29
Cilindro porta placa normal	pag 33
Cilindro porta placa alterado	pag 34

Índices de gráficos

Dureza vs temperatura	pag 12
Dureza vs ph	pag 13
Dureza vs espesor	pag 13
Dureza vs concentración de níquel	pag 14
Dureza vs ácido Bencenico disulfónico	pag 14
Dureza vs densidad de corriente	pag 15

Slimbología

Densidad de corriente	amp/pie ²
Concentración	onz/gal
Temperatura	° F
Peso	onz,lbs
Volumen	Gal
Longitud	Pulg

RESUMEN

ANÁLISIS DE FALLAS DE LAS PLACAS DE NÍQUEL EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN DE DOCUMENTOS DE SEGURIDAD.

En este informe técnico soluciono el problema de ruptura de las placas de Níquel en el proceso de impresión de documentos de seguridad de la imprenta EPIKOS de propiedad de Banknote Corporation of América, lugar donde trabajo.

Para poder estudiar este problema que consiste en el proceso de Electroforming para la formación de placas de Níquel, hice un análisis exhaustivo .

Serán estudiados procesos Químicos, Físicos y Metalúrgicos; y sus alternativas de solución para de esta manera conservar el periodo de vida de las placas de 800.000 a 1.000.000 de impresiones a una velocidad de 60 R.P.M. para la cual fue diseñada.

CAPITULO 1

Proceso del electroformig en el Níquel.

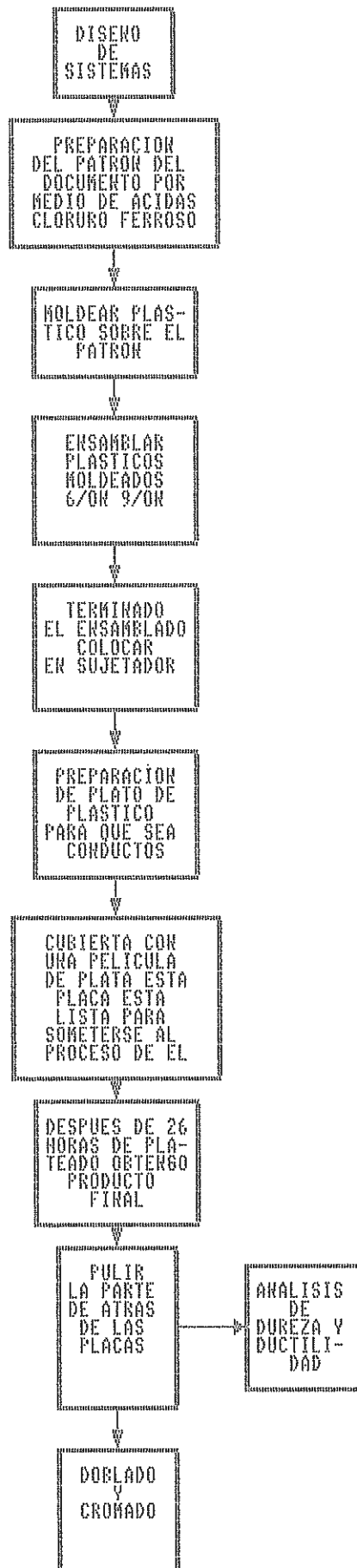
1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS

Electro Plateado es un proceso de cubrir una superficie con una capa de metal decorativo y resistente a la corrosión , al paso de la corriente. Electroformado o "Electroforming" es una modificación del electro plateado y es usado para producir directamente partes metálicas, como son: Placas de impresión, micros circuitos partes que requieren ser metálicamente puras y resistentes a la corrosión.

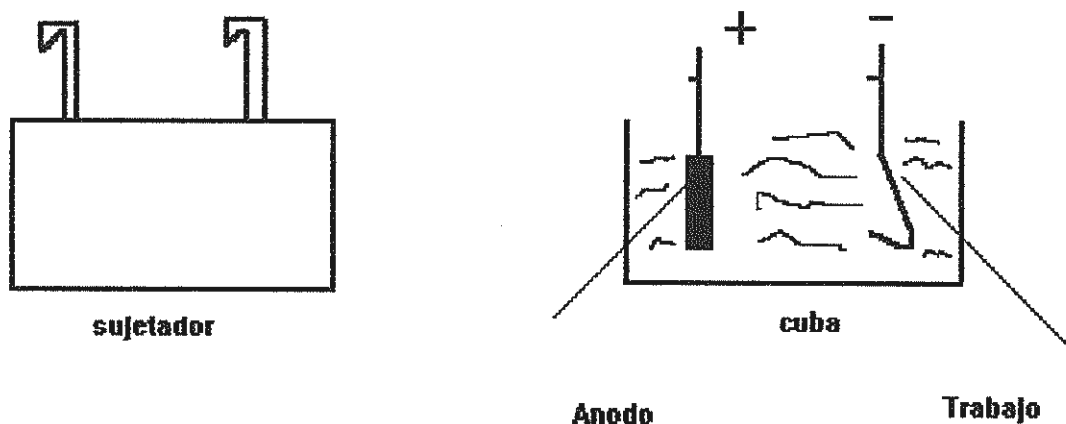
La solución requiere de sulfato de níquel ,Cloruro de Níquel, Ácido Bórico, Controlador de esfuerzos (Ácido Bencenico Disulfónico en sales de sodio). Este proceso produce depósitos de níquel que son particularmente aplicables a ingeniería .Como se demuestra en el siguiente diagrama de flujo

El Baño o Solución puede ser controlado para obtener consistentes depósitos sobre un amplio rango de esfuerzos , dureza ,esfuerzo de tensión y compresión elongacion ductilidad y resistencia eléctrica.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ELECTROFORMADO



Para electroformado es necesario una cuba, un ánodo de Níquel y sujetadores. Una deseada cantidad de Níquel es plateada o depositada sobre el sujetador, que contiene la placa maestra que actúa como catodo, la cual ha sido previamente metalizada con un baño de Plata, este puede ser hasta 5/8 de pulgadas de espesor.



PRINCIPIOS DE ELECTRO PLATEADO

Constituyentes

Sulfato de níquel esta sal provee de iones de metal a la solución y esta puede variar en una concentración de 10 a 40 onza/gal.

Cloruro de Níquel provee de iones Cloro que aumenta la corrosión de los ánodos y su concentración varia de 0.8 a 4 onza/gal.

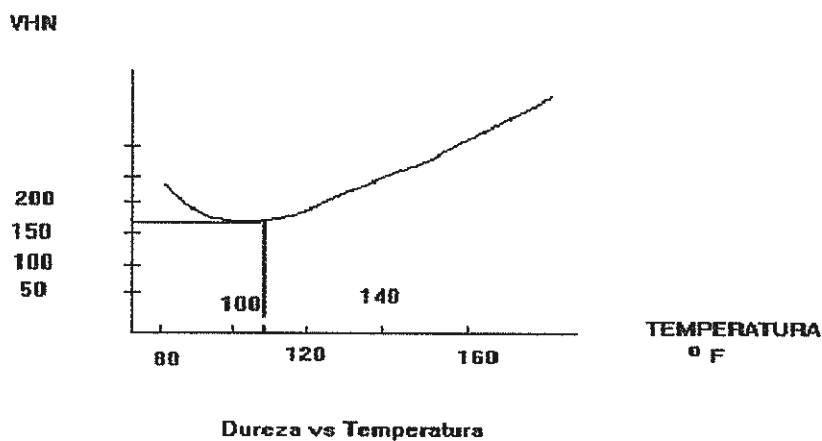
Ácido Bórico no es más que una fuente o un medio para mantener el Ph de la solución, su concentración puede variar de 4 a 6 onza/gal .

1.2 Parámetros

Los principales parámetros son:

Temperatura, ph, Densidad de corriente, Espesor, Concentración de níquel metal, Ácido Bencénico Disulfónico en sales de Sodio. Como afectan con relación a la dureza y a los esfuerzos ver gráficas 1-6 .

GRAFICA # 1



GRAFICA # 2

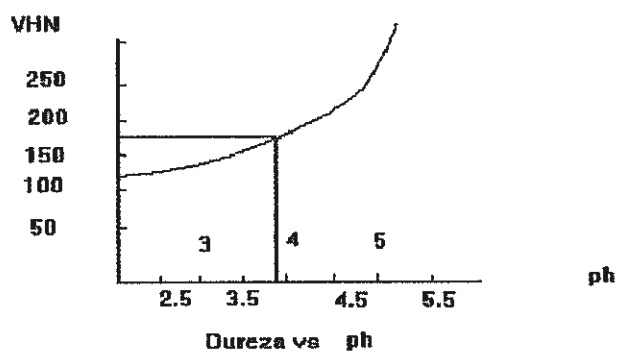
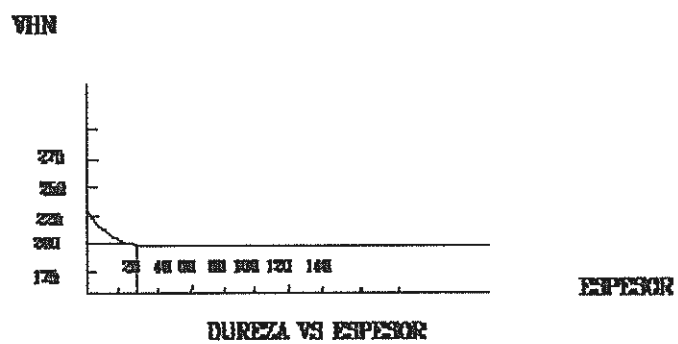
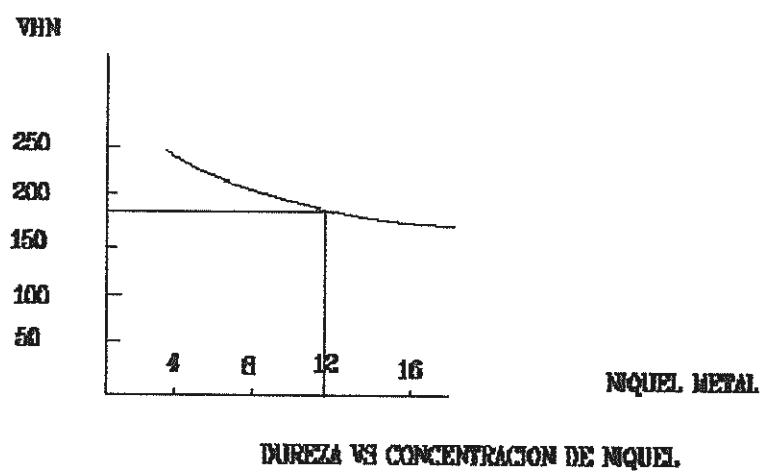


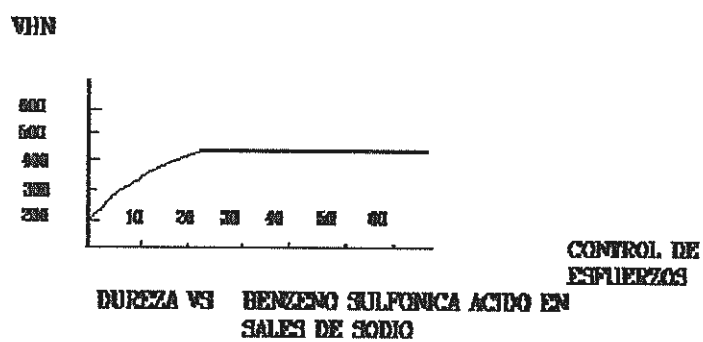
GRAFICO # 4



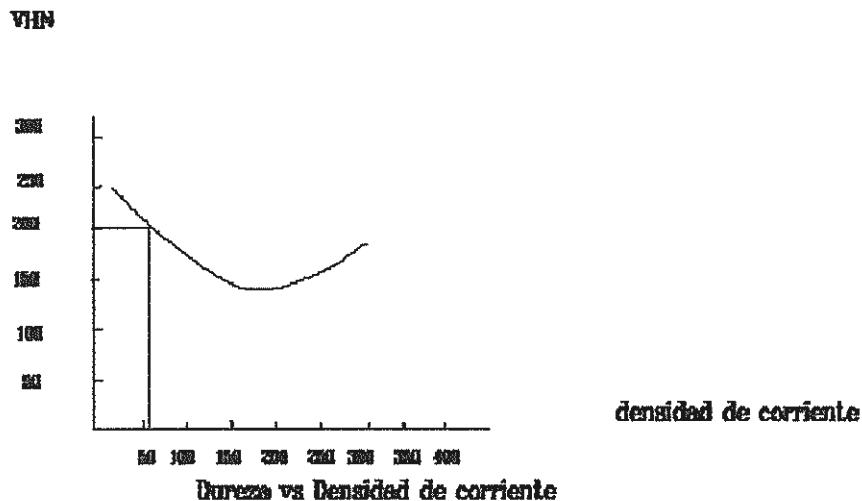
GRAFICA # 5



GRAFICA # 6



GRAFICA # 3



Existen diferentes tipos de Níquel de acuerdo a la dureza como son: Níquel Suave, Níquel medianamente suave , Níquel Duro, y completamente Duro.

Níquel Suave : Con valores de 22- 25 Rockwell Escleroscopio que se obtiene disminuyendo el ph de la solución desde 3.8 a 2 añadiendo ácido Sulfámico (ver gráfico 1).

El Níquel medianamente suave (25-28 Rockwell Escleroscope) seria menos dúctil y maleable pero más resistente a ser rayado, este se obtiene añadiendo Benzeno Disulfónico Ácido en Sal de Sodio en una concentración de 2 onz/gal (ver gráfico 2).

El Níquel duro (28-34 Rockwell Escleroscope) poco dúctil y maleable pero muy duro, esta dureza se obtiene añadiendo Benzeno Disulfónico Ácido en Sal de Sodio en una concentración de 3 a 3.5 onza/gal, y aumentando el ph de 3.8 a 4.4.

El Níquel completamente duro (34-40 Rockwell Escleroscope) muy frágil pero muy resistente a ser rayado y maquinado, se obtiene cambiando al ph de 3.8 a 5.2 (ver gráfico 3) y también añadiendo Benzeno Disulfónico Ácido en Sal de Sodio. Bajo estas condiciones la placa esta expuesta a romperse fácilmente.

1.3 MATERIALES Y EQUIPOS

RECIPIENTE:

Puede ser de cualquier material forrados con PVC que es resistente a la corrosión , es de forma de un paralelogramo con capacidad para 600 galones.

CALENTADORES:

Son 4 calentadores sumergibles de cuarzo que trabajan con 480 voltios, capaces de mantener la solución a 112 ° F , también esta

respaldado por un sistema auxiliar de calentamiento por medio de vapor que va por un serpentín de titanio .

FILTRACIÓN:

Es necesario mantener las 24 horas al día bombeando la solución a un caudal de 1400 gal./hora , este sistema de filtración ayuda también para la agitación de la misma, ya que es bombeada a los tubos perforados que están localizado en el fondo del recipiente.

El filtro contiene 24 hojas de papel filtrante través de los cuales son atrapadas la mayor parte de contaminación orgánica .

ÁNODOS:

las canastas que contienen el níquel metal son de titanio, con capacidad de 300 lbs de níquel metal y que están cubiertos con una funda de poli propileno, para evitar que pase a través de ellos carbón y cualquier otra contaminación que se encuentre en el metal.

PREPARACIÓN (600 GAL. DE CAPACIDAD)

La solución es preparada en un tanque de almacenamiento o en el mismo tanque de plateado, las paredes y el fondo deben estar

completamente limpios, fregando con detergente disuelto con agua caliente y luego enjuagamos varias veces.

El Forro del recipiente (PVC) y todos los equipos auxiliares debe ser remojado por 12 horas, con una solución de ácido sulfúrico del 2 al 5 % en volumen y luego enjuagando varias veces .

Llenar con agua ionizada hasta la mitad del tanque y calentar a 150 °F. Añado 225 lbs de ácido bórico para obtener una concentración de 6 onza/gal.

$$\text{Ácido bórico} = \frac{6 \text{ onza/gal} * 600 \text{ gal}}{16 \text{ onza/lbs}} = 225 \text{ lbs}$$

Agito la solución hasta que se disuelva completamente, luego se añade 6.25 gal de cloruro de níquel para obtener una concentración de 1 onza/gal. La concentración del cloruro de níquel en el mercado es de 6 lbs /gal.

$$\text{cloruro de níquel} = \frac{1.0 \text{ onza/gal} * 600 \text{ gal}}{6 \text{ lbs/gal} * 16 \text{ onza/lbs}} = 6.25 \text{ gal}$$

Cuando el cloruro de níquel se ha disuelto completamente se añade 300 gal de sulfamato de níquel para obtener una

concentración de 12 onza /gal. El sulfato de níquel en el mercado tiene una concentración de 24 onza /gal.

$$\text{sulfato de níquel} = \frac{12 \text{ onza/gal} * 600 \text{ gal}}{24 \text{ onza/gal}} = 300 \text{ gal}$$

Lleno el tanque con agua ionizada hasta completar los 600 gal ajusto el Ph de la solución a 3.8 añadiendo ácido sulfámico luego ,añadir 1200 onza ácido bencenico disulfónico en sales de sodio. Una vez balanceada la solución ajusto la temperatura a 112 ° F , se procede a trabajar con catodos falsos por 12 horas con el fin de limpiar las impurezas inorgánicas con una densidad de 5 amp/pie² ; y la solución esta lista para trabajar.

CAPITULO 2

COLAPSO DE LAS PLACAS DE NÍQUEL

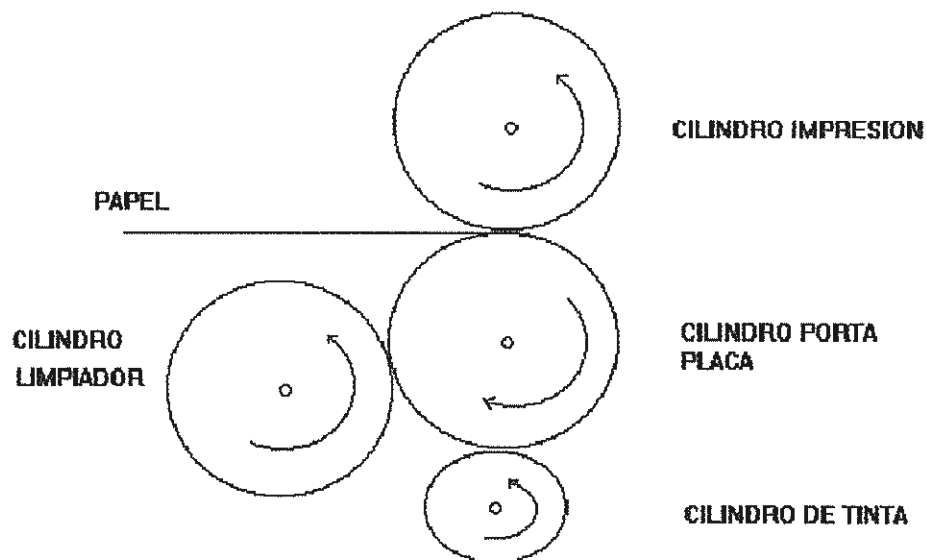
El problema de rotura de las placas de Níquel en la imprenta Epicos, ha existido desde 1991. Las placas de grabado están hecho principalmente de Níquel en el proceso de "electroforming", que luego es revestido de una capa de Cromo brillante del lado de grabado, para aumentar la dureza superficial. El espesor de esta placa es de aproximadamente 0.030 a 0.040 pulgadas.

La placa es luego doblada en una maquina dobladora especial para crear la curvatura necesaria para adaptarse a la forma del cilindro de impresión.

La imprenta consta de Cuatro cilindros: Ver figura 1

- Cilindro de grabado o impresión
- Cilindro de tinta
- Cilindro de limpieza
- Cilindro porta placa

FIGURA 1



Cilindro de grabado: contiene el papel.

Cilindro de tinta: provee de tinta a las placas en la parte del grabado.

Cilindro de limpieza: remueve cualquier exceso de tinta en la superficie de la placa.

Cilindro porta placa: contiene la placa de Níquel. la placa es instalada en el cilindro porta placa con un cartón de separación entre la placa y el cilindro. La placa esta ajustada por los

extremos y tensionada alrededor del cilindro porta placa por medio de seis seguros de 0.544 pulgadas de diámetro a 25 pies-lb.

En cilindro que contiene la placa rota en contacto con el cilindro de la tinta, deja una marca de tinta en la rotura de la placa y en el documento de impresión durante cada ciclo. El cilindro que contiene la tinta solo deposita tinta en las áreas donde la placa esta grabada.

El exceso de la tinta es sacado de la superficie de la placa por medio de otro cilindro llamado limpiador que rota en el mismo sentido del cilindro que contiene la tinta. El cilindro porta placa presiona la placa contra el papel, de manera que el documento queda impreso. Ver figura 1

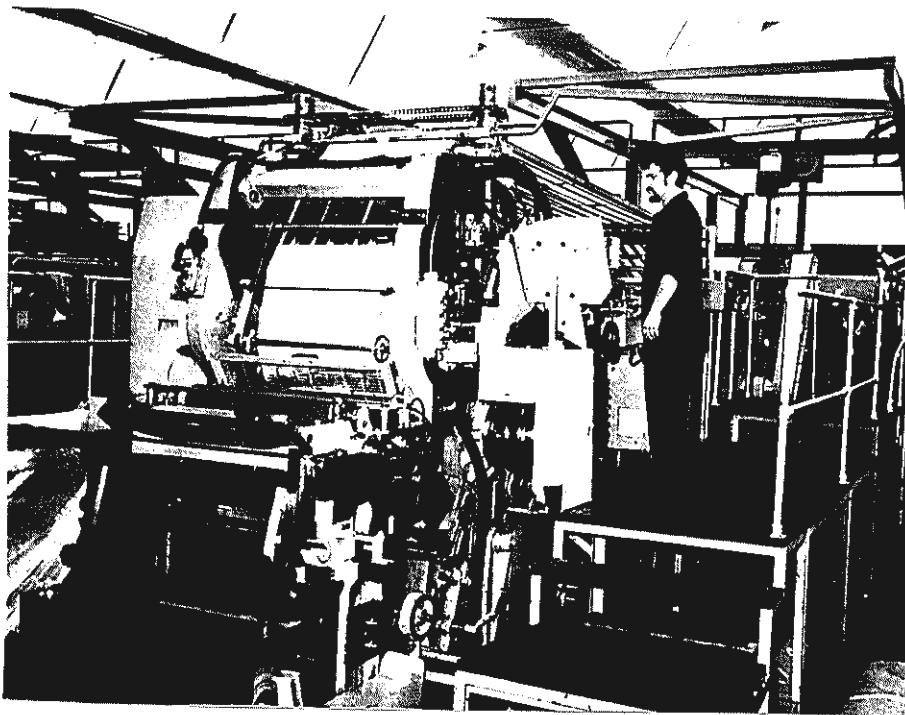
Va a ser definido en un análisis de fallas con problemas inherentes al proceso de fabricación de las matrices ,del problema referente a la impresión en papel y a los problemas que se identifican en el sistema de producción.

- Fallas inherentes al proceso de electroforming

Históricamente las placas han presentado diferentes defectologías que se identifican en las fotos que se indican a continuación.

Los parámetros de procesos pueden variarse de acuerdo a las gráficas 1-6 y así obtener valores óptimos .

El control de calidad se lo obtiene comparando los valores rutinarios con los valores óptimos de los parámetros, es decir dureza ,espesor y dimensiones.



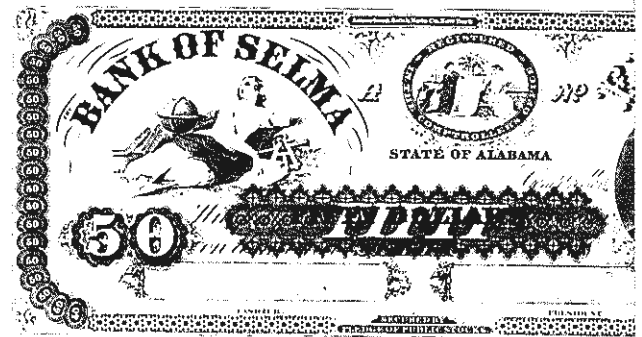
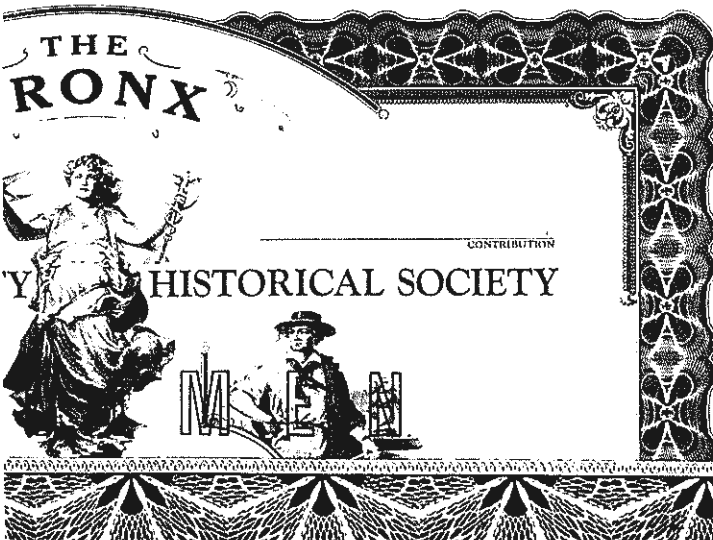
- Falla inherente a la impresión

Las fallas pueden ser también ocasionadas por el papel de documentos de seguridad afectados en sus parámetros como son humedad , elasticidad y dureza .

Como podemos observar en la siguiente foto la fractura de la placa de níquel deja su marca en el documento de seguridad , lo cual indica que debe cambiarse la placa de níquel.

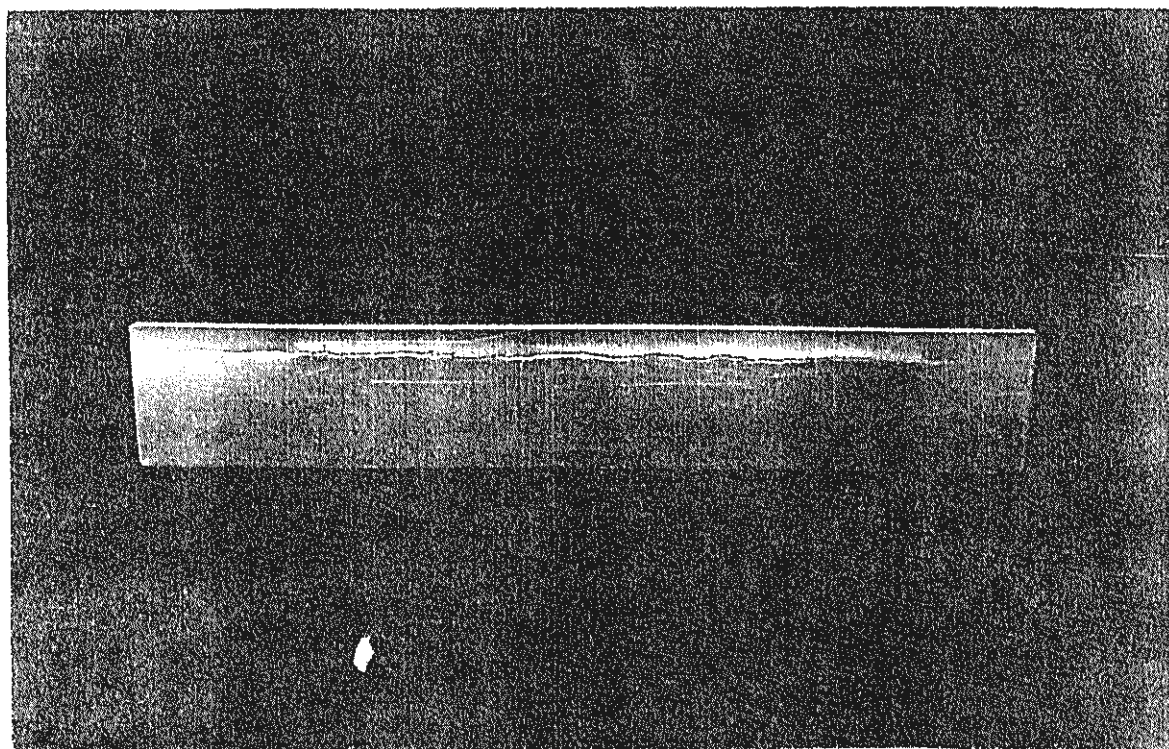
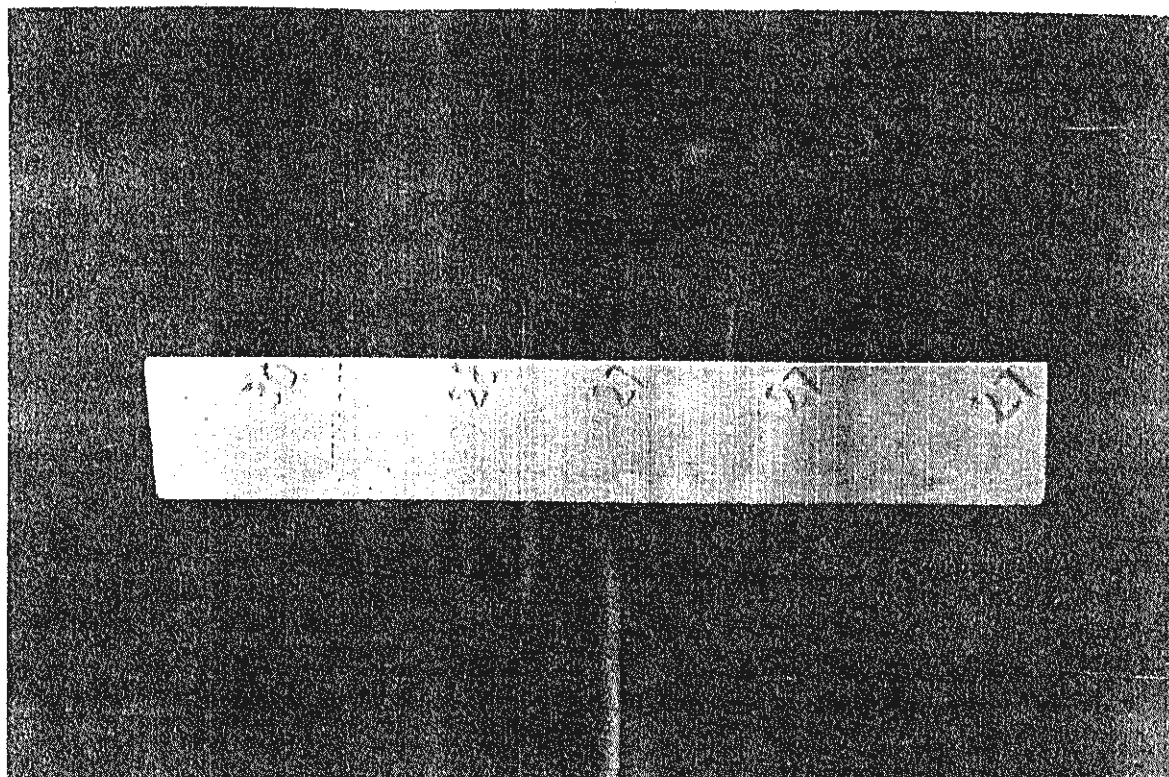


undersigned CORPORATION hereby certifies that the new Trailer or Semi-Trailer described



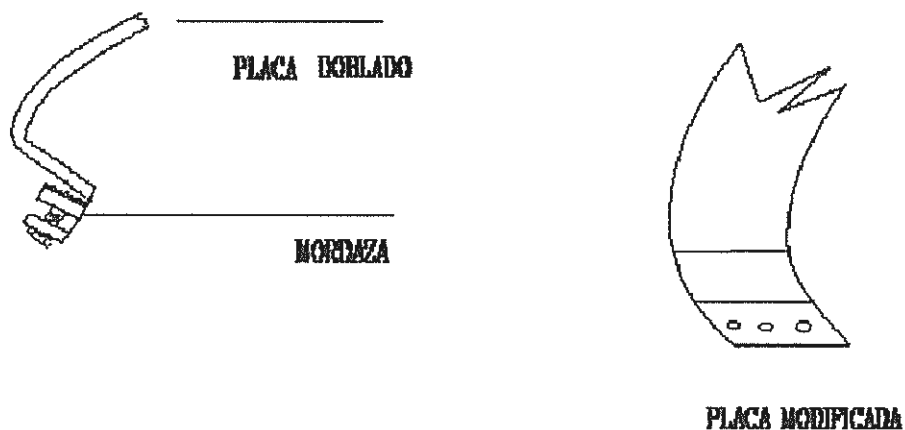
The Bank of Selma operated from 1859 to 1868. This note is the only known American Banknote using the portrait of Jefferson Davis. The portrait was painted when Davis was Secretary of War and engraved by Rawdon, Wright, Hatch & Edson - New York. The note was painted by Thomas & James MacDonough and engraved by Charles Burt. Note the "America" on her scroll.

SOCIETY OF PAPER MONEY COLLECTORS
INTERNATIONAL PAPER MONEY CONVENTION
MEMPHIS, TENNESSEE - JUNE 19-21, 1986



Diseño del cilindro : El diseño actual del cilindro consta de un sistema de mordaza de sujeción las cuales sujetan las placas del níquel como se encuentra en la siguiente figura 2.

FIGURA 2



Según el gráfico de la mordaza vemos que hay puntos donde se encuentran los mayores esfuerzos que podrían ser la causa de la rotura de la placa

- El problema que se identifican en el sistema de producción
Aumento de costos : El costo de producción de estas placas de níquel es muy alto .
Lucro cesante : Durante el tiempo de parada de la imprenta por causa de la ruptura de placa la Compañía deja de percibir ganancias.
Tiempo de parada : Cuando la imprenta deja de estar en movimiento el costo de producción se va haciendo cada vez más alto .
Perdidas de material : Por cada pieza fracturada no solamente se pierde el níquel como metal, sino que se desperdicia papel y tinta.

2.1. METALURGIA

La dureza en las zonas cercanas a la rotura de las placas de Níquel fue medida con un medidor de dureza marca Tukon como se muestra en la Tabla 1.

Se obtuvo un rango de dureza de 23 a 33 Rockwell B, con un promedio de 29.5 , que es aceptable. La dureza en las muestras no influyo en el periodo de vida de las mismas. Encontré también que no hubo grandes cambios en la micro estructura, como tampoco en la dureza.

El espesor de la capa de Cromo fue aproximadamente de 0.0002 pulgadas.

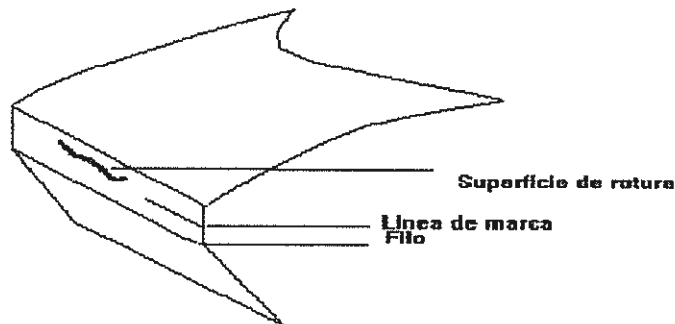
TABLA 1

Muestras	Dimensiones de las muestras (pulg)	Descripción de las muestras
#		
1A	3.9x21.6x0.041	Filo de placa 1
1B	7.7x4x0.041	Lado izq. lado 1
2	4.9x21.6x0.035	
3	4.6x21.6x0.041	
4A	4.1x21.6x0.31	Filo de placa 4
4B	8.4x21.6x0.031	Cerca de la rotura
Cartón	27.5x21.6x0.029	Empaquetadura

2.2. FRACTOGRAFIA

Examinando las placas, se encontró que en la superficie del Cromo hay muchas fisuras, y eran mayores en las partes donde se doblo la placa y en los lugares donde los radios de curvatura fueron más pronunciados. La mayor parte de las fisuras fueron alineadas perpendicular a la dirección del movimiento de las placas, también note que la mayoría de fisuras se encuentran a 1/4 del dobléz de la PLACA.

FIGURA 3



2.3. Análisis de Esfuerzos

El esfuerzo promedio que aplique en la placa puede ir de 5000 a 30000 psi, dependiendo del espesor y del torque sobre los pernos. El esfuerzo promedio en una placa de 0.040 pulgadas de espesor con un torque de 25 lb-pie es aproximadamente 20000 psi. Este esfuerzo se incrementa durante el ciclo de impresión debido a la presión de contacto y encontré que este incremento es debido a la empaquetadura de cartón. (figura 4 y 5).

FIGURA 4

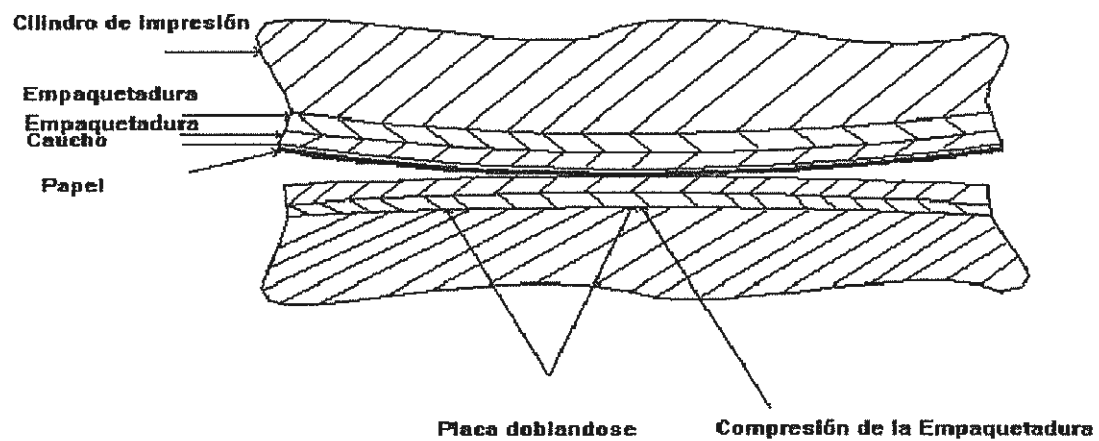
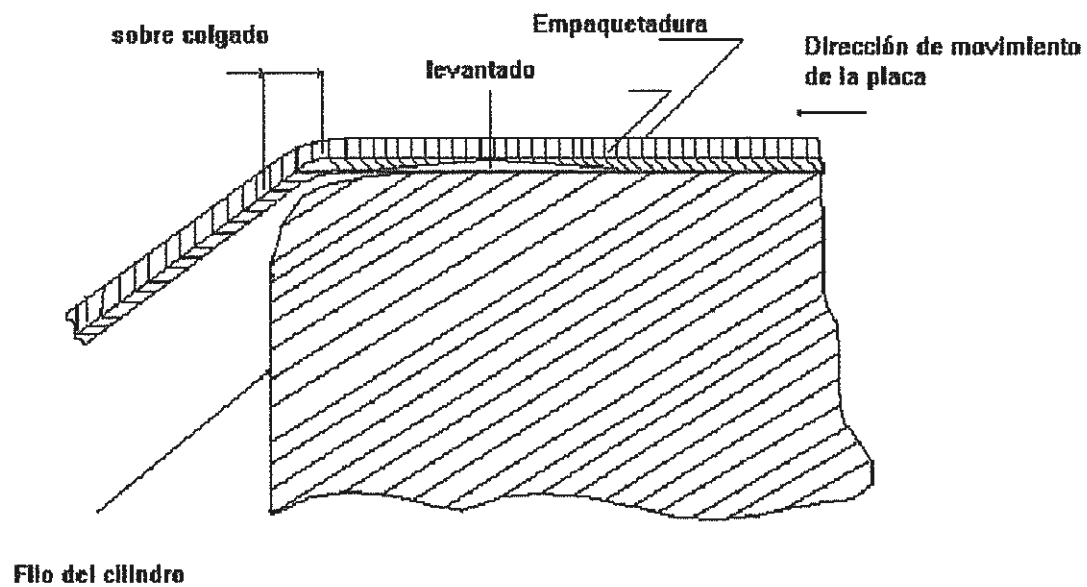


FIGURA 5



2.4. Análisis Químico

Por medio de cambios químicos en la solución, se puede modificar las propiedades físicas de las placas como son dureza y esfuerzos, haciendo que las placas sean más dúctiles y maleables trabajando siempre en el campo compresible. Ver gráficas 1-6

CAPITULO 3

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

3.1.CAMBIO DEL BAÑO DE NÍQUEL Y SUS ACCESORIOS

Con el fin de solucionar el problema de roturas de placas, pensando que la solución estaba orgánicamente contaminada o muy vieja, decidí preparar una nueva solución en condiciones optimas cambiando todos sus constituyentes, que son:

- Sulfato de Níquel : 12 onza/gal
- Cloruro de Níquel: 1 onza/gal
- Ácido Bórico: 6 onza/gal
- Ácido Disulfónico de Benzeno en Sales de Sodio: 2.2 Onza/gal

Reemplace el Níquel de los ánodos , con sus respectivas fundas nuevas , y siguiendo las condiciones optimas de operación , que son:

- Temperatura: 112 ° F
- Densidad de corriente: 68.6 Amp/pie²
- Ph: 3.8

Sometida la solución a un periodo de limpieza de contaminación inorgánica por medio de un catodo falso por 24 horas a baja corriente

Una vez lista la solución procedí a trabajar en la formación de una placa nueva . Después de 18 horas de plateado a una densidad de corriente de 68.6 amp/pie² , conseguí una placa de 0.040 pulgadas de espesor con una dureza de 25 a 26 Rockwell Escleroscopio y esfuerzos de 8000 psi en la solución .

Doblada la placa de acuerdo a las condiciones establecidas por la imprenta Epicos (ver Figura 2) , procedí a darle el baño de cromo de 0.003 pulgadas, lista la placa se instalo en la imprenta , y se procedió a trabajar a una velocidad de impresión de 40 rpm (velocidad normal de 35-60 rpm).

La placa se colapso a las 8000 impresiones, lo que deja en claro con esta prueba que el problema no es de la placa sino del diseño del cilindro de la imprenta.

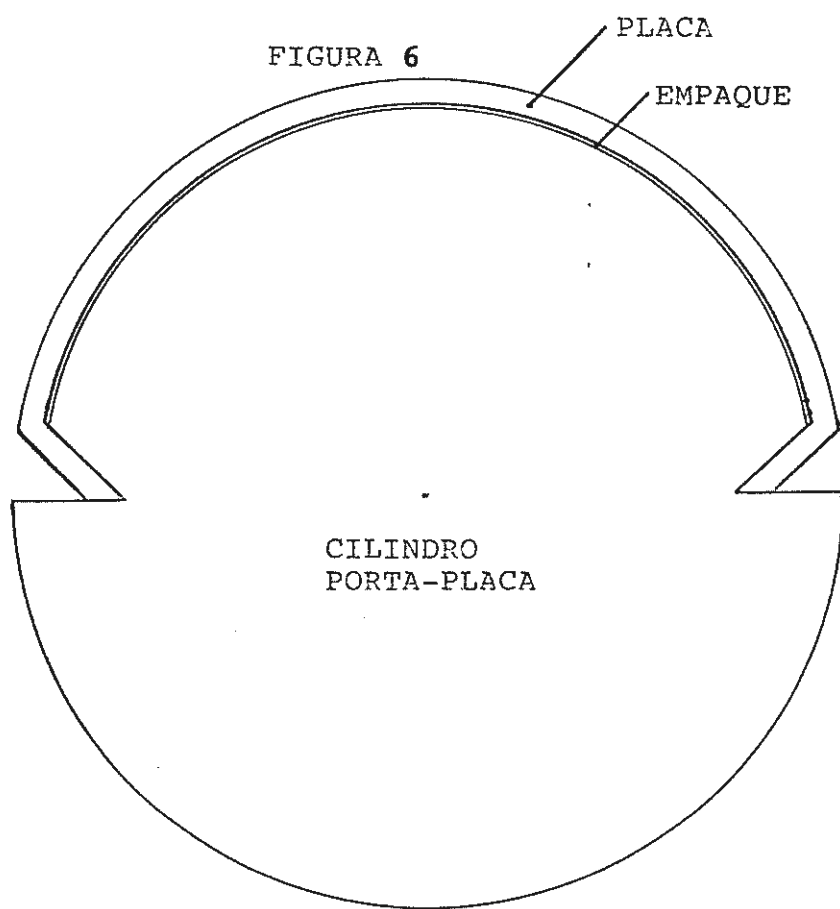
	TABLA 3					
	sulfato de níquel	Clorur o de níquel	Ácido Bórico	Ph	Durez a	# de impresiones al romperse la placa
Proceso normal	12.4	1.2	6	3.8	25	60000
Proceso alterado (solución nueva)	12	1	6	3.8	24	8000

3.2.MODIFICACION DEL CILINDRO DE IMPRESIÓN

Como se puede ver en la Figura 6 este cilindro tiene filos muy pronunciados donde se encuentra la mayor concentración de esfuerzos, y es el punto de contacto de los 2 cilindros (de impresión y porta placa).

FIGURA 6

La placa es montada en el cilindro sobre una empaquetadura de cartón de 0.020 pulgadas y sujeta en los extremos por 2 mordazas, para evitar que la placa se mueva, el problema empieza aquí cuando los 2 cilindros (de impresión y porta placa) están en movimiento bajo presión , la empaquetadura se

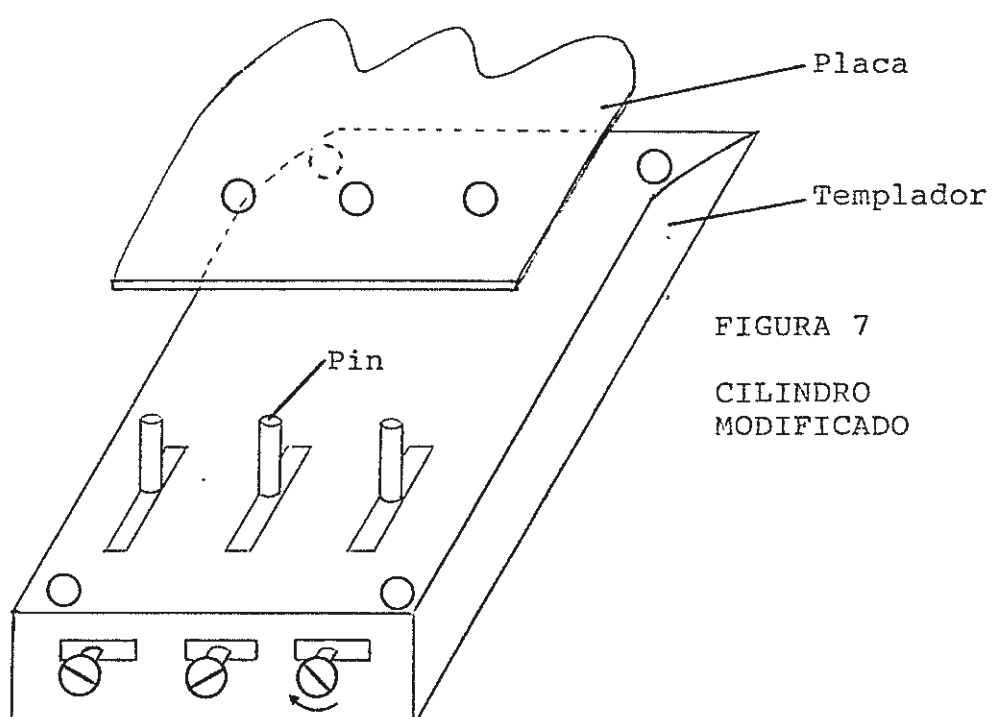


comprime y se empieza a crear espacios vacíos entre la placa y la empaquetadura , provocando que se produzca fatiga de Níquel en los espacios vacíos como se muestra la Figura 5, también se producen los máximos esfuerzos entre los dientes de la mordaza que soporta la placa . ver Figura 2.

Para evitar los máximos esfuerzos en el punto de contacto de las mordazas con la placa, es necesario diseñar un sistema de pines en el cilindro porta placa , con templadores que puedan asentar bien la placa sobre la superficie del cilindro, aplicando un torque de 25 lb-pie. ver Figura 7.

FIGURA 7

Este sistema de pines reemplazaría a las mordazas, 3 pines en un extremos y 1 en el otro. En la placa tendría que perforar 4 huecos de $1/8$ " de diámetro, y en los templadores se aplico un torque de 25 lb-pie para una placa de espesor 0.040 pulgadas,



suficiente para mantener la placa asentada en el cilindro y que no se mueva, este torque creó aproximadamente un esfuerzo cortante de 20000 psi, Esto fue determinado experimentalmente en base a la experiencia.

El esfuerzo en la capa de Cromo bajo estas circunstancias es de aproximadamente 27000 psi debido a que el Cromo tiene mayor modulo de elasticidad (34000 psi) por lo tanto no se hallara ninguna fisura o rotura en el cromo bajo estas condiciones, de igual forma en el Níquel, esfuerzos de 20000 psi esta muy debajo de los esfuerzos que soporta el Níquel (95000 psi) .

Por lo tanto no habrá ninguna rotura bajo estas condiciones ideales.

En la TABLA 2 encontramos las dimensiones de las roturas .Cinco roturas superficiales fueron examinadas con un SEM (Microscopio electrón). Este examen revelo que la fractura fue transgranular Lo cual indicar el tipo de falla mecánica.

Como conclusión puedo señalar que el baño del níquel no tenia ningún problema.

- La metalurgia de las placas no son causas de la ruptura .
- La Dureza del níquel es aceptable .

Comparación de los proceso normal y alterado

	sujetador de la placa	Empaque- tadura	Templa- dores	Velocidad de impresión	Longitud de vida de la placa	Dureza
Proceso normal	mordaza	Cartón	No	40 rpm	8000	25
Proceso alterado	Pines	Película de silicón	Si	40 rpm	800000	24-26

TABLA 2 ANÁLISIS DE ROTURA DE LA PLACA DE IMPRESIÓN						
Placa No.	Espesor Promedio	Numero de Ciclos	Rotura No.	Longitud Exterior e Interior de la rotura	Dirección de la rotura	Localización de la rotura y notas
1A	0.041	360000	1	0.40, 0.40	Perp.	1/4" debajo del filo
			2	0.80, 0.50	Paral.	
1B	0.041	360000	1	3.00, 3.00	Paral	Filo
			2	0.15, 0.00	Perp	Medio
			3	0.13, 0.00	Perp	Medio
			4	0.25, 0.00	Perp	Medio
			5	0.15, 0.00	Perp	Medio
			6	0.15, 0.00	Perp	Medio
			7	0.20, 0.00	Perp	Medio
			8	0.15, 0.00	Perp	Medio
			9	0.35, 0.00	Perp	Medio
			10	0.25, 0.00	Perp	Medio
			11	0.60, 0.60	Perp	Medio
			12	0.30, 0.25	Perp	Filo
2	0.035	60000 100000	1	12.5, 12.5	Perp	Desde la Rotura a la marca
3	0.041	60000 100000	1	2.00, 1.50	Perp	Desde la Rotura a la marca
			2	6.50, 6.50	Perp	
4A	0.031	60000 100000	1	3.00, 0.60	Perp	Desde la Rotura
4B	0.031	60000 100000	Ning.	Ning.	Ning.	Desde la Superficie Rota al filo de la placa
Empaque	0.023	30000 +/-5000	Ning.	Ning.	Ning.	Empaque de Cartón

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Desaparición de la mancha de tinta de papel .
- Regreso de la producción al 100 %.
- Ahorro del material: Papel de limpiar, el exceso de tinta, papel de impresión, tinta, placas de níquel ,etc.
- Mayor rendimiento del operador.

En Fractografia

Las placas fallan por fatiga que se propaga a través del espesor primero de la superficie del cromo de afuera hacia dentro y luego a través de la superficie del níquel . Las placas fallaron por una sobrecarga dútil cuando las dos fatigas tendieron a juntarse .

La ruptura se origino cerca de previos esfuerzos existentes como son lineas de marcas, grabados, filos etc. Ambas rupturas (cromo y níquel) son causadas por la flexibilidad de la placa, esta flexibilidad es una forma de doblado que ocurre bajo las fuerzas del cilindro de impresión y el cilindro porta placa .

Una ruptura es causada por la flexión de la placa contra una superficie suave que es la empaquetadura de cartón bajo la carga del cilindro de impresión y la otra ruptura es causada por el contacto desigual entre la placa, empaquetadura y el plato del cilindro.

Como recomendaciones podemos sugerir cambiar el sistema de mordazas por un sistema de pines ver fig. 7.

Utilizar templadores para que la placa quede sujeta al cilindro y no se mueva y para más seguridad mover la imprenta por un minuto y volver a ajustar los templadores con un torque de 25 lbs pie.

Utilizar una película de silicón entre el cilindro y la placa evitando de esta forma crear vacíos y que no haya contacto directo entre la placa y el cilindro .

Reducir la profundidad de las raya de marca .

Mover más distante (1 1/2 pulg) las partes grabadas de las placas de los puntos de doblado.

RECOMENDACIONES

- En nuestro país se pueda utilizar estos principios para ayudar a la industria, y dar asistencia técnica sin necesidad de ocupar técnicos extranjeros
- Dar asistencia técnica al Banco "Central del Ecuador"
- Que el área de metalurgia se concentre más con el área del electroplateado ya que tiene gran aplicación en la industria
- Adquisición de información técnica en electroplateado por bien de la escuela y la industria.

Apéndice

- Análisis de metalurgia procesos cristalográficos por Hoffmann & Feige Inc.
- Análisis químicos y físicos por Miguel Valverde
- Dureza de depósitos de níquel sulfamate por JL Marti & GP Lanza.
- Análisis químicos y físicos por M & T Hardshaw

Bibliografia

1. Larson, F. "A History of Electrotyping", Electrotypers and Stereotypers Mag., 1962
2. Blum, W., and Winkler, J. R. "Nickel Electrotyping Solutions", Trans. Am Electrochem. Soc, 1928 53, 419.
3. Bremmer, A, Zentor, V, Jennings, C. W. "Physical Properties of Electrodeposited Metals I Nickel ", Plating, 1952, 39, 865.
4. Metzger, W. H, Krasley, P. A., Ogburn, f., "Use of Disodium benzenedisulfonate as Hardening Agent in a Watts Nickel Bath ", Plating, 1965 ,47 , 285.
5. Narcus, H., "Metallizing of Plastics". Reinhold Publishing Corp., New York, 20 .



*Análisis de metalurgia y procesos cristalográficos
HOFFMANN & FEIGE, INC.
MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING
QUALITY ASSURANCE
CROTON RIVER EXECUTIVE PARK, ROUTE 22, BREWSTER, NEW YORK 10509

TELEPHONE
914/277-4401
FAX
914/277-4701

May 13, 1994
1169-LTR-3

TRANSMITTED BY FAX ONLY (914)368-2029

Mr. John Volpe, Engraving Manager
Banknote Corporation of America, Inc.
20 North Airmont Road
Suffern, NY 10901

Dear Mr. Volpe:

In response to your telephone question this morning regarding bolt tension, I have excerpted several paragraphs (enclosed) from our forthcoming report on plate failures. These paragraphs relate specifically to the torque and tension developed by the plate tensioning device. I hope this data will help answer your questions. If you have any questions or if I can be of further assistance please call.

Very truly yours,

HOFFMANN & FEIGE, INC.

William A. Burbank

William A. Burbank

WAB:cgb
Enclosure

*Excerpts from 1169-RPT-1:**From Section 2.5, Mechanical Stress Analysis:*

When installed, the average stress in an ideal 0.040-inch-thick plate with the plate-tensioning bolts torqued to 25 ft-lb is approximately 20,000 psi. The stress in the thin chrome plating under these circumstances could approach 27,000 psi because chrome has a higher modulus of elasticity than nickel. Since this stress of 27,000 psi is below the ultimate tensile strength of the chrome (published as 34,000 psi), no cracking should occur in the chrome under ideal conditions. Similarly, the stress in the nickel of 20,000 psi is well below the ultimate strength of nickel (95,000 psi) and no cracking would be expected.

The conditions are less than ideal, however, and in pre-stressed areas (such as sharp bends) the stress in the chrome would exceed the strength of the material and cracking should occur there. This is consistent with what we have seen. Figure 1E shows a clear example of chrome cracking in tension in the area of a sharp bend. Once the chrome has cracked, the base nickel material is more susceptible to cracking because the chrome cracks form local areas of high stress intensity.

The stress in the plate would also be increased by applying the same 25 ft-lb bolt torque to the plate-tensioning device with a thinner plate installed or by applying an unknown torque with any plate installed. For plates in the range of 0.010 to 0.045 inches thick the average stress could range from 15,000 to 80,000 psi when the plate-tensioning bolts are torqued to 25 ft-lb.

From Section 4.0, Conclusions:

The current practice of applying 25 ft-lb torque on the six plate-tensioning bolts is marginally high even for 0.040-inch-thick plates and may contribute to the chrome cracking and therefore failures. This torque value results in forces at the upper limit of what a 0.040-inch-thick plate can withstand, and should be reduced for most plates as discussed in section 5.0, Recommendations.

From Section 5.0, Recommendations:

Care should also be taken to ensure that no air is trapped between the plate and the plate cylinder. The plate should be clamped down, and run for a minute; then re-torque the clamping bolts. This process should be repeated until the clamping

HOFFMANN & FEIGE, INC.

May 13, 1994
1169-LTR-3
Page 3

bolts do not turn when re-torqued.

The six plate-tensioning bolts on the plate cylinder should be torqued in proportion to the plate thickness. A reasonable torque to apply to the plate-tensioning bolts for a 0.040-inch-thick plate would be 20 ft-lb. For plates of other thicknesses, multiply the plate thickness (in inches) by 500 to determine the torque to apply (in foot pounds). For example, $0.035" \times 500 = 17.5$ ft-lb.

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

* Analisis Quimicos y Fisicos
por Miguel Valverde

Date 6/31/91

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
<u>1</u>				
<u>2</u>				
<u>3</u>				

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 114°F Specific Gravity 1.29
Height of Rise 6.9-5.7 = 1.2 Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.2}{2} \times 1.29 = 37.95 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks _____

STRESS

Spiral No. 17 W 0.1560 ϕ Diameter .872
Temperature 114°F Z 0.0815 L Length 4.700
{ Deflection 180-140 = 40
Weight 19.4010
18.3263
1.0747

$$d = \frac{1.0747}{458.3144 \times .872 \times 4.700} = 5.72 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{0.0815 \times 40}{5.72 \times 10^{-4}} = 5699 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____ *μ*

$$\gamma = \frac{49.03 \cdot H_r \cdot S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad S = \frac{Z \cdot \epsilon}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 6/31/91

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
(3)	5.3.9	5.8 oz/gal	1.1 oz/gal	11.9 oz/gal

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.29

Height of Rise 7.9 - 6.2 = 1.7

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.7 \times 1.29}{2} = 53.76 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks Clean the filter for reduce the surface tension to 40 → 50 dynes/cm²

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

φ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.700

Deflection 180 - 120 = 60

Weight 19.6036
18.3020
1.3016

$$d = \frac{1.3016}{458.3144 \times .872 \times 4.700} = 6.93 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \times 60}{6.93 \times 10^{-4}} = 7056 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$= \frac{49.03 \cdot H_r \cdot S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad S = \frac{Z \cdot \epsilon}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 6 / 31 / 91

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2	3.8	5.0 ^{oz} /gal	.8 ^{oz} /gal	11.0 ^{oz} /gal
3				

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.26

Height of Rise 6.9 - 5.5 = 1.4

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.4 \times 1.26}{2} = 43.24 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks Add 37.5 lbs Boric Acid, 1.5 gal Nickel Chloride
25 gal Nickel Sulfamate

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

ϕ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.700

* Deflection 180 - 140 = 40

Weight 19.4010
18.3263
1.0747

$$d = \frac{1.0747}{458.3144 \times .872 \times 4.700} = 5.72 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 40}{5.72 \times 10^{-4}} = 5699 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$= \frac{49.03 \cdot H_r \cdot S_g}{2} ; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L} ; \quad S = \frac{Z \cdot \epsilon}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 11/7/91

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
(3)	3.8	5.5 oz/gal	1.0 oz/gal	11.0 oz/gal

Remarks Add 18 lbs Boric Acid, 25 gal Nickel sulfamate

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.26

Height of Rise 7.2 - 5.8 = 1.4

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.4 \times 1.26}{2} = 43.24 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks _____

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

φ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.700

Deflection 180 - 132 = 48

Weight 19.5420

18.3810

1.1610

$$d = \frac{1.1610}{458.3144 \times .872 \times 4.700} = 6.18 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 48}{6.18 \times 10^{-4}} = 6330 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks Add 300 grs Stress Control (Benzene 1,3-disulfonic acid disodium salt)

$$= \frac{49.03 \cdot Hr \cdot S_g}{2}, \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}, \quad S = \frac{Z \cdot g}{d \cdot 10^{-4}}$$

Date 4/2/92

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
3	3.8	6.1 oz/gal	1.1 oz/gal	12 oz/gal

Remarks _____

Temperature 112°F Specific Gravity 1.27
Height of Rise 6.8 - 4.9 = 1.9 Baume

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.9 \times 1.27}{2} = 59.15 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks Clean the filter

Spiral No.	<u>17</u>	W	<u>.1560</u>	φ Diameter	<u>.872</u>
Temperature	<u>112°F</u>	Z	<u>.0815</u>	L Length	<u>4.700</u>
Deflection	<u>180 - 124 = 56</u>				<u>19.3678</u>
				Weight	<u>18.2683</u>
					<u>1.0995</u>

$$d = \frac{1.0995}{458.3144 \times .872 \times 4.7} = 5.85 \times 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \times 56}{5.85 \times 10^{-4}} = 7801 \text{ lbs/in}^2$$

Compressive Tensile

Remarks _____

$$C = \frac{49.03 \cdot \text{Hr} \cdot S_g}{2}, \quad J = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}, \quad S = \frac{Z \cdot g}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 7/2/92

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
(3)	3.8	5.9 oz/gal	1.4 oz/gal	12.2 oz/gal

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.36

Height of Rise 6 - 4.5 = 1.5

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.5 \times 1.36}{2} = 50.01 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks _____

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

φ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.700

Deflection 180 - 140 = 40

Weight 20.0552
19.0952
.9600

$$d = \frac{.9600}{458.3144 \times .872 \times 4.700} = 5.11 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 40}{5.11 \times 10^{-4}} = 6379 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$\frac{49.03 \cdot \text{Hr} \cdot S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad S = \frac{Z \cdot G}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 7/2/92

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2	3.8	6.1 oz/gal	1.3 oz/gal	12.4 oz/gal
3				

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.37

Height of Rise 6.3 - 4.7 = 1.6

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.6 \times 1.37}{2} = 53.73 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks _____

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

φ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.700

Deflection 180 - 164 = 16

Weight 19.3864
18.5029
.8835

$$d = \frac{.8835}{458.3144 \times .872 \times 4.700} = 4.7 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 16}{4.7 \times 10^{-4}} = 2774 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$\frac{49.03 \cdot \text{Hr} \cdot S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad S = \frac{Z \cdot g}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 12/10/92

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
3	3.8	5.9 oz/gal	.6 oz/gal	13.5 oz/gal

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F Specific Gravity 1.297
Height of Rise 7.8 - 6.7 = 1.1 Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.1 \times 1.297}{2} = 34.97 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks _____

STRESS

Spiral No.	<u>17</u>	W	<u>.1560</u>	Ø Diameter	<u>.872</u>
Temperature	<u>112°F</u>	Z	<u>.0815</u>	L Length	<u>4.700</u>
Deflection	<u>180 - 119 = 61</u>			Weight	<u>19.0349</u> <u>18.1025</u> <u>.9324</u>

$$d = \frac{.9324}{458.3144 \times .872 \times 4.7} = 4.96 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 61}{4.96 \times 10^{-4}} = 10023 \text{ lbs/in}^2$$

✓ Compressive Tensile

Remarks _____

$$\therefore \frac{49.03 \cdot \text{Hr} \cdot S_g}{2}, d = \frac{w}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}, S = \frac{Z \cdot G}{d \cdot 10^{-4}}$$

Date 4/6/93

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
3	3.8	6.0 oz/gal	1.3 oz/gal	12.0 oz/gal

$$= \frac{49.03 \cdot \text{Hr} \cdot S_g}{2}, \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}, \quad S = \frac{Z \cdot E}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 4/6/93

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2	3.8	6.1 oz/gal	1.03 oz/gal	12.6 oz/gal
3				

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.298

Height of Rise 8.6 - 7.5 = 1.1

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.1 \times 1.298}{2} = 35.0 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks _____

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

φ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.700

Deflection 180 - 140 = 40

Weight 19.6632
18.6916
.9716

$$d = \frac{.9716}{458.3144 \times .872 \times 4.7} = 5.17 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 40}{5.17 \times 10^{-4}} = 6305 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$\frac{49.03 \cdot H_r \cdot S_g}{2}, \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}, \quad S = \frac{Z \cdot \phi}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 2/8/93

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
3		6.1 oz/gal	1.0 oz/gal	11.9 oz/gal

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.285

Height of Rise 6.9 - 5.8 = 1.1

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.1 \times 1.285}{2} = 34.6 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks _____

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

φ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.7

Deflection 180 - 139 = 41

Weight 19.3810
18.3620
1.0190

$$d = \frac{1.019}{458.3144 \times .872 \times 4.7} = 5.42 \times 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 41}{5.42 \times 10^{-4}} = 6165 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$\frac{49.03 \cdot H_r \cdot S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad \frac{d}{S} = \frac{Z \cdot G}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 2/8/93

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2	3.8	6.0 ^{oz/gal}	1.1 ^{oz/gal}	12.03 ^{oz/gal}
3				

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.27

Height of Rise 7.1 - 6.2 = 0.9

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times .9 \times 1.27}{2} = 28.02 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks Add duponol 402 to raise the surface tension 35 → .40 lb.5.

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

∅ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.7

Deflection 180 - 144 = 36

Weight $\frac{19.2054}{18.0036} = 1.2018$

$$d = \frac{1.2018}{458.3144 \times .872 \times 4.7} = 6.398 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 36}{6.398 \times 10^{-4}} = 4585.8 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$\frac{49.03 \cdot \text{Hr. } S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad S = \frac{Z \cdot G}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

New Solution

ATO Date 12/10/93
 Nickel Sulfamate = 300 gal
 Nickel Chloride = 6.25 gal
 Boric Acid = 2.50 lbs 3 g/lph.

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
3	3.8	5.0 oz/gal	1.3 oz/gal	10.8 oz/gal

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.26

Height of Rise 6.7 - 5.5 = 1.2

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.2 \times 1.26}{2} = 37.06 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks hardness → 21-23 Rockwell.

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

φ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.700

Deflection 180 - 160 = 20

Weight 19.6709

Weight 18.5370

1.1339

$$d = \frac{1.1339}{458.3144 \times .872 \times 4.7} = 6 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \cdot 20}{6 \times 10^{-4}} = 2717 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$= \frac{49.03 \cdot Hr \cdot S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad S = \frac{Z \cdot g}{d \cdot 10^{-4}}$$

Date 7/8/93

Remarks

Baume

Remarks

Remarks

$$\frac{49.03 \text{ Hr. Sq.}}{2}, d = \frac{w}{458.3144 \cdot d \cdot L} \quad ; \quad s = \frac{z \cdot e}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 12/10/93

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2	3.8	5.8 oz/gal	1.4 oz/gal	10.8 oz/gal
3				

Remarks We don't have Nickel sulfamate

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.25

Height of Rise 6.3 - 5.2 = 1.1

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.1 \times 1.25}{2} = 33.7 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks _____

STRESS

Spiral No. _____

W _____

φ Diameter _____

Temperature _____

Z _____

L Length _____

Deflection _____

Weight _____

$$d = \frac{49.03 \times 1.1 \times 1.25}{2} =$$

$$S = \frac{\quad \times 10^{-4}}{\quad} = \text{lbs/in}^2$$

____ Compressive ____ Tensile

Remarks _____

$$\frac{49.03 \cdot H_r \cdot S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{49.03 \cdot 3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad S = \frac{Z \cdot G}{d \cdot 10^{-4}}$$

S U L F A M A T E N I C K E L A N A L Y S I S

Date 11/12/93

ANALYSIS

Tank No.	pH	Boric Acid (oz./gal)	Chloride (oz./gal)	Nickel (oz./gal)
1				
2				
③	3.8	5.45 ^{oz} /gal	1.46 ^{oz} /gal	11.8 ^{oz} /gal

Remarks _____

SURFACE TENSION

Temperature 112°F

Specific Gravity 1.320

Height of Rise 8.9 - 7.1 = 1.8

Baume _____

$$\gamma = \frac{49.03 \times 1.8 \times 1.32}{2} = 58.25 \text{ dynes/cm}^2$$

Remarks Clean filter

STRESS

Spiral No. 17

W .1560

φ Diameter .872

Temperature 112°F

Z .0815

L Length 4.700

Deflection 180 - 120 = 60

Weight 19.2054

Weight 18.3060

0.8994

$$d = \frac{0.8994}{458.3144 \times .872 \times 4.700} = 4.78 \cdot 10^{-4}$$

$$S = \frac{.0815 \times 60}{4.78 \times 10^{-4}} = 10230 \text{ lbs/in}^2$$

☒ Compressive ☐ Tensile

Remarks _____

$$\frac{49.03 \cdot \text{Hr} \cdot S_g}{2}; \quad d = \frac{W}{458.3144 \cdot \phi \cdot L}; \quad S = \frac{Z \cdot G}{d \cdot 10^{-4}}$$

* Dureza de depósitos de Niquel Sulfamate por JL Marti & GP Lanza

Park 80 West-Plaza Two
Saddle Brook, New Jersey 07662

April 15, 1993

Mr. Maurice LaPlace
L.J. and M. LaPlace
Leliarts Lane
Elmwood Park, NJ

Facsimile No. (201) 796-1129

Subject: Analysis of S-Rounds from Banknote Corporation of America

Dear Maurice:

We have completed the chemical analysis of the two samples of S-Rounds received from Banknote Corporation of America. The customer considers sample #1 as typical and sample #2 atypical because it is not as bright as sample #1. Banknote wants to know if sample #2 is less pure than #1.

The chemical analysis shows little difference in impurity levels between the two samples. The impurity levels do not exceed A.S.T.M. specifications or INCO typical impurity levels for S-Rounds.

	<u>Copper</u>	<u>Cobalt</u>	<u>Iron</u>	<u>Lead</u>	<u>Carbon</u>
Sample #1 (Typical)	0.0016	0.066	0.0005	0.0001	0.0040
Sample #2 (Atypical)	0.0017	0.049	0.0003	0.0002	0.0015
A.S.T.M. Spec.	0.0200	0.150	0.0200	0.0050	0.0300
INCO Typical	0.0030	0.070	<0.0005	<0.0002	0.0040

Sample #2, which Banknote considers atypical, does not have any abnormal impurity levels.

Thanking you for your time, your patience, and your business, I remain;

Sincerely,


Michael D. Kleczka

District Sales Manager
cc: Mr. Ian Haber, Banknote Corp. of America (Facsimile 914-368-2029)

INTERNATIONAL NICKEL INC.

Telephone No (201) 843-8800 Facsimile No. (201) 388-4860

Labtech

Corp.

1275 BLOOMFIELD AVENUE, FAIRFIELD, N.J. 07004 • (201) 575-8865 • FAX (201) 808-0926

Banknote Corporation of America, Inc.
10 Dunnigan Drive
Suffern, NY 10901

DATE: 3-29-93

LAB NO: S6309

CLIENT P.O. Verbal

SAMPLE: Ni Strips and Plating Solution

INFORMATION: Mechanical Tests and Solution Analysis

RESULTS:

		<u>Tensile Strength (psi)</u>	<u>Yield Strength (psi)</u>	<u>Percent Elongation (%)</u>
28 {	EE-8	83,300	76,900	12.1
	EE-8	76,500	69,700	15.6
25-27 {	EE-9	74,700	57,400	16.2
	EE-9	66,600	50,100	16.5
24-26 {	EE-10	70,000	48,800	20.7
	EE-10	69,500	50,200	19.3

Charles Shurtz
LABTECH CORP.

ibtech

Corp.

1275 BLOOMFIELD AVENUE, FAIRFIELD, N.J. 07004 • (201) 575-8865 • FAX (201) 808-0926

Ian Haber

Banknote Corporation of America, Inc.
10 Dunnigan Drive
Suffern, NY 10901

DATE: 3-29-93

LAB NO: 56309

CLIENT P.O. Verba]

SAMPLE: N1 Strips and Plating Solution

INFORMATION: Mechanical Tests and Solution Analysis

RESULTS:

	Tensile Strength (psi)	Yield Strength (psi)	Percent Elongation (%)
EE-8	83,300	76,900	12.1
EE-8	76,500	69,700	15.6
EE-9	74,700	67,400	16.2
EE-9	66,500	50,100	16.5
EE-10	70,000	48,800	20.7
EE-10	69,500	50,200	19.3

atotech**ATO**

Atotech USA

Two Riverview

Somerset, NJ

Tel: (908) 271-8880

P.O. Box 6768

07068

No. 2871

Fax: (908) 271-8880

 $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$

LABORATORY REPORT

on NICKEL SULFAMATE Solution

Banknote Corp. of America, Inc.

100 N. Airmont Rd.

Suffern, NY 10005

FAX: 914-368-2029

Mr. John Volpe

TANK NO. A

SAMPLED

RECEIVED 02-15-94

AGITATION

CAPACITY 600 GALLONS

THIS ANALYSIS REPORT IS MADE TO ENABLE YOU TO CHECK YOUR OWN CONTROL ANALYSIS.
IT IS NOT INTENDED AS A CONTROL OR WARRANTY.

ANALYSIS		SUGGESTED ADDITIONS
	OZ./GAL.	
NICKEL	13.3	20 lbs 6 oz/gal
NICKEL CHLORIDE	1.6	
BORIC ACID	5.6	
pH		
COMPRESSIVE STRESS	4224 psi	
AMMONIA	0.48 g/l	
SURFACE TENSION	32 dynes/cm	

HULL CELL PLATING TEST AS RECEIVED:

HULL CELL PLATING TEST AFTER CORRECTIONS
AND ADDITIONS:

REMARKS:

THE ANALYSIS HAS BEEN CARRIED OUT UNDER CONTROLLED LABORATORY CONDITIONS AND ANY SUGGESTIONS
ARE SOLELY ON THAT BASIS.

DATE: 02-15-94

ANALYZED BY: WF

SIGNED: Mary C. Traficante

cc: M. Traficante, C. Connolly, R. Lynch, R. Enos

PROBLEMS WITH CHROMIUM MISTING?

FUMETROL 140 virtually eliminates fuming and misting in all chrome tanks.

Call Joyce Garson at 1-800-PLATING for more information.

The history: M & T Harshaw and Chemcut
The future: atotech

atotech**ATO**

Atotech USA, Inc.
Two River View, P.O. Box 6768
Somerset, NJ 08876-6768
Tel: (908) 3500 — Fax: (908) 271-8980

No. 2872

REPORT
LABORATORY REPORT

on NICKEL-SULFAMATE Solution

Banknote Corp. of America, Inc.
200 W. Airmont Rd.
Buffern, NY 10005
FAX: 914-368-2029
Mr. John Volpe

TANK NO. B (3)
SAMPLED _____
RECEIVED 02-15-94
AGITATION _____
CAPACITY 600 GALLONS

THIS ANALYSIS REPORT IS MADE TO ENABLE YOU TO CHECK YOUR OWN CONTROL ANALYSIS.
IT IS NOT INTENDED AS A CONTROL OR WARRANTY.

ANALYSIS		SUGGESTED ADDITIONS
	OZ./GAL.	
KEL	12.9	60 lbs. of Boric Acid
KEL CHLORIDE	1.0	
IC ACID	5.0	
	4.0	
RESSIVE STRESS	6484 psi	
ONIA	0.18 g/l	
FACE TENSION	32 dynes/cm	

CELL PLATING TEST AS RECEIVED:

HULL CELL PLATING TEST AFTER CORRECTIONS
AND ADDITIONS:

RKS:

ANALYSIS HAS BEEN CARRIED OUT UNDER CONTROLLED LABORATORY CONDITIONS AND ANY SUGGESTIONS ARE
BASED SOLELY ON THAT BASIS.

02-15-94 ANALYZED BY: WF

SIGNED: Mary C. Traficante

M. Traficante, C. Connolly, R. Lynch, R. Enos

atotech**ATO**

Atotech USA Inc.

No. 2949

Two Riverview Drive, P.O. Box 6768

Somerset, NJ 08875-6768

Tel: (908) 302-3500 — Fax: (908) 271-8880

LABORATORY REPORT

on NICKEL SULFAMATE Solution

Banknote Corp. of America, Inc.

20 N. Airmont Rd.

Suffern, NY 10005

FAX: 914-368-2029

Mr. John Volpe

TANK NO. 2

SAMPLED _____

RECEIVED 2-09-93

AGITATION _____

CAPACITY 600 GALLONS

THIS ANALYSIS REPORT IS MADE TO ENABLE YOU TO CHECK YOUR OWN CONTROL ANALYSIS.
IT IS NOT INTENDED AS A CONTROL OR WARRANTY.

ANALYSIS		SUGGESTED ADDITIONS
	OZ./GAL.	
CKEL	14.2	
CKEL CHLORIDE	0.7	
RIC ACID	6.0	
	3.7	
RFACE TENSION	28 dynes/cm	
MONIA	0.6 g/l	
RESS (COMPRESSIVE)	5,836 PSI	

MIGUEL
I THINK THESE
AMMONIA READINGS
ARE STILL TO HIGH.
I WOULD LIKE TO MAKE
ONE MORE ADJUSTMENT

L CELL PLATING TEST AS RECEIVED:

HULL CELL PLATING TEST AFTER CORRECTIONS
AND ADDITIONS:

ARKS:

ANALYSIS HAS BEEN CARRIED OUT UNDER CONTROLLED LABORATORY CONDITIONS AND ANY SUGGESTIONS ARE
SOLELY ON THAT BASIS.

E: 2-18-93

ANALYZED BY: RR

SIGNED: Mary C. Traficante

M. Traficante, T. Taylor, R. Lynch, R. Enos

atotech



Atotech USA Inc.

Two Riverview Drive, P.O. Box 6768

Somerset, NJ 08876-8768

Tel: (908) 302-3500 — Fax: (908) 271-8980

No. 2950

LABORATORY REPORT

on NICKEL SULFAMATE Solution

Banknote Corp. of America, Inc.

20 N. Airmont Rd.
Suffern, NY 10005

FAX: 914-368-2029

Mr. John Volpe

TANK NO. 3

SAMPLED

RECEIVED 2-09-93

AGITATION

CAPACITY 600 GALLONS

THIS ANALYSIS REPORT IS MADE TO ENABLE YOU TO CHECK YOUR OWN CONTROL ANALYSIS.
IT IS NOT INTENDED AS A CONTROL OR WARRANTY.

ANALYSIS		SUGGESTED ADDITIONS
	OZ./GAL.	
NICKEL	11.7	10-11
NICKEL CHLORIDE	0.6	
ORIC ACID	5.8	
I	3.9	
IRFACE TENSION	30 dynes/cm	
MONIA	0.4 g/l	
PRESS (COMPRESSIVE)	5,836 PSI	

CELL PLATING TEST AS RECEIVED:

HULL CELL PLATING TEST AFTER CORRECTIONS
AND ADDITIONS:

MARKS:

ANALYSIS HAS BEEN CARRIED OUT UNDER CONTROLLED LABORATORY CONDITIONS AND ANY SUGGESTIONS
ARE SOLELY ON THAT BASIS.

DATE: 2-18-93

ANALYZED BY: RR

SIGNED: Mary C. Traficante

M. Traficante, T. Taylor, R. Lynch, R. Enos

atotech

ATO

Atotech USA Inc.

Two Riverview Drive, P.O. Box 8788

Somerset, NJ 08875-8788

Tel: (908) 302-3500 — Fax: (908) 271-8960

No. 3413

LABORATORY REPORT

on NICKEL SULFAMATE Solution

Banknote Corp. of America, Inc.

20 N. Airmont Rd.

Suffern, NY 10005

FAX: 914-368-2029

Mr. John Volpe

TANK NO. 3

SAMPLED

RECEIVED 3-17-93

AGITATION

CAPACITY 600 GALLONS

THIS ANALYSIS REPORT IS MADE TO ENABLE YOU TO CHECK YOUR OWN CONTROL ANALYSIS.
IT IS NOT INTENDED AS A CONTROL OR WARRANTY.

ANALYSIS		SUGGESTED ADDITIONS
	OZ./GAL.	
KEL	11.9	
KEL CHLORIDE	0.6	
IC ACID	6.0	
	4.0	
FACE TENSION	29 dynes/cm	
ONIA	none found	
ESS (COMPRESSIVE)	4,540 PSI	

CELL PLATING TEST AS RECEIVED:

HULL CELL PLATING TEST AFTER CORRECTIONS
AND ADDITIONS:

KS:

ANALYSIS HAS BEEN CARRIED OUT UNDER CONTROLLED LABORATORY CONDITIONS AND ANY SUGGESTIONS ARE
SOLELY ON THAT BASIS.

3-26-93

ANALYZED BY: RR

SIGNED: Mary C. Traficante

L. Traficante, T. Taylor, R. Lynch, R. Enos

CERTIFICATE OF ANALYSIS

SULFAMATE HP 24

LOT NO. H24-0481

DATE MANUFACTURED 4-14-92

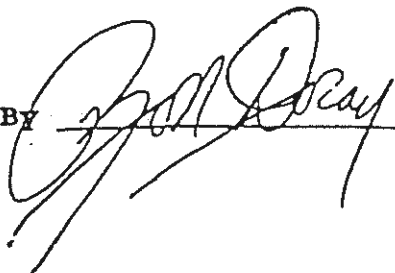
PURCHASE ORDER NUMBER Sample Request

INVOICE NUMBER Sample Request

AMOUNT SHIPPED 1 gal

<u>PROPERTIES</u>	<u>LIMITS</u>	<u>TEST VALUE</u>
pH, 25°C	4.4 - 4.7	<u>4.66</u>
NICKEL, oz/gal	24.0 - 24.4	<u>24.1</u>
IRON, mg/l	≤ 4	<u>< 4</u>
COPPER, mg/l	≤ 4	<u>< 1</u>
SULFATE, %	≤ 0.25	<u>0.25</u>
AMMONIUM, mg/l	≤ 180	<u>< 180</u>
Hull cell Appearance	Matte 3/4 of Panel	<u>OK</u>
Hardness, VHN	≤ 210	<u> </u>
Ductility, bends	≥ 10	<u>15</u>
Internal Stress, psi	0-4,000 Tensile	<u>2,673</u>

Certified By



Date

3/18/93

CS/pc



LABORATORY REPORT

on NICKEL SULFAMATE Solution

Banknote Corp. of America, Inc.
20 N. Airmont Rd.
Suffern, NY 10005
FAX: 914-368-2029
Mr. John Volpe

TANK NO. 2
SAMPLED _____
RECEIVED 1-27-93
AGITATION _____
CAPACITY 600 GALLONS

THIS ANALYSIS REPORT IS MADE TO ENABLE YOU TO CHECK YOUR OWN CONTROL ANALYSIS.
IT IS NOT INTENDED AS A CONTROL OR WARRANTY.

ANALYSIS		SUGGESTED ADDITIONS
	OZ./GAL.	
NICKEL	16.5	
NICKEL CHLORIDE	0.4	
NICKELIC ACID	5.9	
	3.9	
SURFACE TENSION	27 dynes/cm	
MONIA	1.0 g/l	
PRESS (COMPRESSIVE)	6,146 PSI	

CELL PLATING TEST AS RECEIVED:

HULL CELL PLATING TEST AFTER CORRECTIONS
AND ADDITIONS:

REMARKS:

ANALYSIS HAS BEEN CARRIED OUT UNDER CONTROLLED LABORATORY CONDITIONS AND ANY SUGGESTIONS ARE SOLELY ON THAT BASIS.

DATE: 1-29-93

ANALYZED BY: RR

SIGNED: Mary C. Traficante

M. Traficante, T. Taylor, R. Lynch, R. E. Os



M&T LARSHAW

ality Plating Technologies

LABORATORY REPORT

on NICKEL SULFAMATE Solution

nknote Corp. of America, Inc.
N. Airmont Rd.
ffern, NY 10005
X: 914-368-2029
. John Volpe

TANK NO. 3
SAMPLED _____
RECEIVED 1-27-93
AGITATION _____
CAPACITY 600 GALLONS

THIS ANALYSIS REPORT IS MADE TO ENABLE YOU TO CHECK YOUR OWN CONTROL ANALYSIS.
IT IS NOT INTENDED AS A CONTROL OR WARRANTY.

ANALYSIS		SUGGESTED ADDITIONS
	OZ./GAL.	
IL	14.0	
IL CHLORIDE	0.4	
ACID	5.8	
	3.9	
ICE TENSION	32 dynes/cm	
IA	0.6 g/l	
IS (COMPRESSIVE)	11,677 PSI	

CELL PLATING TEST AS RECEIVED:

HULL CELL PLATING TEST AFTER CORRECTIONS
AND ADDITIONS:

IS:

ANALYSIS HAS BEEN CARRIED OUT UNDER CONTROLLED LABORATORY CONDITIONS AND ANY SUGGESTIONS ARE
SOLELY ON THAT BASIS.

1-29-93

ANALYZED BY: RR

SIGNED: Mary C. Traficante

. Traficante, T. Taylor, R. Lynch, R. Enos

o Riverview Drive
D. Box 6768
merse, New Jersey 08875-6768
908-302-3500 Fax: 908-271-8960



Total Quality
Performance



HOFFMANN & FEIGE, INC.

MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING

QUALITY ASSURANCE

CROTON RIVER EXECUTIVE PARK, ROUTE 22, BREWSTER, NEW YORK 10509

TELEPHONE

914/277-4401

FAX

914/277-4701

INCOMPLETE DRAFT OF
REPORT
1169-RPT-1
ANALYSIS OF
FAILURE OF PRINTING PLATES
AS USED IN AN EPICOS PRINTING PRESS

Prepared For:

Banknote Corporation of America, Inc.
20 North Airmont Road
Suffern, NY 10901

Prepared By:

William A. Burbank

Reviewed By:

Albert L. Flescher

April 20, 1994

HOFFMANN & FEIGE, INC. INCOMPLETE DRAFT

April 29, 1994

1169-RPT-1

Page 3

1.0 INTRODUCTION

1.1 Background

The firm of Hoffmann & Feige, Inc. was asked to perform an analysis of the cracking of the engraving plates used in an Epicos printing press. The cracking problem has existed since 1991, when the machine was obtained.

The engraving plates are made primarily of Electro-plated Nickel. This process creates a plate by electrically depositing nickel from a Nickel Sulfamate bath onto a plastic form with the engraving texture already present. The resulting nickel plate is then chrome plated on one side only (the outside, or engraving side) and the other side is surface ground flat to an appropriate thickness. The plates are approximately 21.6 inches wide.

The plate is then formed in a special bending machine to create the necessary curvatures to fit the plate cylinder. After forming, the plate is installed on the plate cylinder with a cardboard backing separating part of the plate from the cylinder. The plate is clamped on each end and placed in tension around the plate cylinder by tightening six (6) 0.544-inch-diameter bolts to 25 ft-lb.

In service, the plate cylinder rotates causing the plate to contact the inking cylinder, the wiping cylinder, and the impression cylinder during each cycle. The inking cylinder usually puts ink on the plate only in those areas where ink is needed. The wiping cylinder removes excess ink from the plate by drawing a sheet of brown paper against the plate in the opposite direction of plate travel. The impression cylinder presses the paper end-product against the plate, causing the paper to become inked.

Mr Al Flescher of this firm visited the site on ????? to examine the press and learn about the processes used.

Later, on April 5, 1994 William Burbank of this firm also visited the site to examine first-hand how the press operates.

Mr. William Burbank also visited the site on April 6, 1994 to perform an inspection of a crack in the plate cylinder. This is discussed separately in our letter 1169-LTR-2.

HOFFMANN & FEIGE, INC. INCOMPLETE DRAFT

April 29, 1994

1169-RPT-1

Page 4

1.2 Samples Received

During his site visit on ?????, Mr. Al Flescher received seven samples of parts used in the Epicos printing press. These samples were numbered by us and are described below in table 1:

TABLE 1 - SAMPLES RECEIVED		
Sample No.	Sample Dimensions (inches, if flat)	Sample Description
1A	3.9 x 21.6 x 0.041	leading edge of plate 1
1B	7.7 x 4.0 x 0.041	left side of plate 1
2	4.9 x 21.6 x 0.085	
3	4.6 x 21.6 x 0.041	
4A	4.1 x 21.6 x 0.031	leading edge of plate 4
4B	8.4 x 21.6 x 0.081	trailing edge of plate 4
Cdbd	27.5 x 21.6 x 0.028	cardboard backing

HOFFMANN & FEIGE, INC. INCOMPLETE DRAFT

April 29, 1994

1169-RPT-1

Page 5

2.0 EXAMINATION

2.1 Site Visits

As a result of the site visits, the following items were established:

- The plate cylinder in the Epicos machine is maintained at approximately 170 to 180 degrees F.
- A part of the bending fixture that was used to form the leading edge on the plates was warped. This warpage caused an approximate 0.019-inch separation of that part from the table.
- The plate cylinder was cracked approximately 0.30 inch behind the "leading edge". This crack was determined to be superficial and measured 0.61 inch in length.
- The hardness of the rubber blanket used on the impression cylinder was shore A 94.
- The hardness of the cardboard pickup was Shore A 98.
- The hardness of the wiping cylinder was Shore D 70.
- The wiping cylinder measured 7.5 inches diameter.
- The plate cylinder measured 19 inches diameter, bare.

2.2 Visual Observations

Many cracks were able to be seen visually. They are more thoroughly documented in Section 2.4, Fractography.

Other observations to follow....

HOFFMANN & FEIGE, INC. INCOMPLETE DRAFT

April 29, 1994

1169-RPT-1

Page 6

2.3 Metallurgy

The hardness of the nickel portion of several plates was tested with a calibrated Tukon Microhardness Tester, and is shown as plots in Figure 1. The measured hardness values ranged from Rockwell B75 to B103 with an average of B93.3 (approximately Shore 23 to 33, average 29.5). We believe that this hardness range is acceptable. The hardness of the long-lasting plate is approximately equal to the hardness of the short-life plates that we tested. This hardness is also equal to or slightly less than that measured by this firm on similar plates in 1981 and 1986. Further, the hardness does not show any unusual trend through the thickness of the plates (see Figure 2).

There was no discernable difference in either microstructure or hardness between the long-lasting plates and the short-life plates which we received. Both microstructures were columnar.

The chrome plating was approximately 0.0002 inch thick.

More to follow....

2.4 Fractography

The plates were examined and found to have numerous superficial cracks in the chrome plating and typically one or two through-thickness cracks (see Figure 2). The chrome cracks were more pronounced where the plate was bent to a sharper radius, but existed everywhere on the surface. Most of the through-cracks and most of the superficial chrome cracks were aligned perpendicular to the direction of plate travel. Also most of the through-cracks were found approximately 1/4 inch behind the leading contact edge. Table 2 details the crack dimensions and locations that we observed:

HOFFMANN & FEIGE, INC. INCOMPLETE DRAFT

April 29, 1994

1169-RPT-1

Page 7

TABLE 2 - PRINTING PLATE CRACK ANALYSIS						
Plate No.	Average Plate Thickness	No. Cycles	Crack Descriptions			
			Crack No.	Length, Outside & Inside	Direction Relative To Travel	Crack Location & Notes
1A	0.041	360000	1	0.40, 0.40	Perp.	front, 1/4" behind bend
1B	0.041		2	0.80, 0.50	Parallel	edge
			1	3.00, 3.00	Parallel	edge
			2	0.15, 0.00	Perp.	middle
			3	0.13, 0.00	"	"
			4	0.25, 0.00	"	"
			5	0.15, 0.00	"	"
			6	0.15, 0.00	"	"
			7	0.20, 0.00	"	"
			8	0.15, 0.00	"	"
			9	0.35, 0.00	"	"
			10	0.25, 0.00	"	"
			11	0.60, 0.60	"	"
			12	0.30, 0.25	"	edge
2	0.035	60000-100000	1	12.5, 12.5	Perp.	front @ scribe, necking
3	0.041	60000-100000	1	2.00, 1.50	Perp.	front @ demarcation
			2	6.50, 6.50	Perp.	front @ demarcation ++
4A	0.031	60000-	1	3.00, 0.60	Perp.	front, necking
4B	0.031	100000	none	none	none	trailing edge of plate
Cdbd	0.023	30000 +/-5000	none	none	none	cardboard backing

Five fracture surfaces were examined with a scanning electron microscope (SEM). This examination revealed that the fractures were transgranular which tends to indicate a mechanical mode of failure rather than corrosion.

2.5 Mechanical Stress Analysis

When installed, the average stress in the plate can range from 5000 to 30,000 psi depending on plate thickness and accuracy of torquing bolts. The average stress in a 0.040-inch-thick plate with the bolts torqued to 25 ft-lb is approximately 20,000 psi. This stress increases during an impression cycle due to contact pressure, and we find that this increase is related to the compliance of the backing such that a more compliant backing increases plate stresses (see Figure 3B).

3.0 CONCLUSIONS

3.1 Metallurgy

The metallurgy of the plates is not believed to be a cause of the cracking problem. The hardness of the nickel was checked and found to be acceptable.

3.2 Fractography

The plates failed by fatigue fractures, which propagated through the thickness of the plates first from the outside chrome surface and second from the inner surface. The plates then ultimately failed by ductile overload when the two fatigue fracture tips became close (because the remaining cross sectional area could no longer carry the load). The cracks are believed to have originated from previously-existing stress raisers (ie. cracks in the chrome plating, scribe marks, engravements), which would have acted as fatigue initiation sites.

3.3 Mechanical Stress Analysis

Both long-term and short-term cracking are caused by flexure of the plate. This flexure is in the form of bending and occurs under the force of the impression cylinder. The long-term cracking is caused by the plate flexing against the softer backing while under load from the impression roller.

The short-term cracking is caused by uneven contact between the plate, the backing and the plate cylinder. This uneven contact, in turn, is caused by an overhang of the plate on the plate cylinder at the leading edge, just ahead of the point of first contact.

The tendency of the through-cracking to be more frequent towards the sides of the plates is likely to be a manifestation of the uneven clamping force developed by the bending machine during the forming operation. This uneven clamping force would tend to introduce more superficial cracks toward the sides of the chrome plating than the center. These cracks would later act as stress raisers while in service.

The torque on the six plate-tensioning bolts of 25 ft-lb seems to be reasonable for a 0.040-inch-thick plate. This value should be adjusted, however, for thicker or thinner plates.

HOFFMANN & FEIGE, INC. INCOMPLETE DRAFT

April 29, 1994

1169-RPT-1

Page 9

4.0 RECOMMENDATIONS

Since the short term cracking is caused by an uneven contact between the plate (and backing) and the plate cylinder at the leading contact edge, the fit-up at that edge must be improved. This can be somewhat accomplished by reducing the overhang shown in Figure 8A, but a redesign of the plate and cylinder at the leading edge would be a more certain solution. This topic will be discussed further in our proposal 1169-PRO-1.

The long-term cracking can be reduced by using a less compliant backing, provided the plate makes uniform contact with the backing, and the backing makes uniform contact with the plate cylinder. A less compliant backing could be thinner or harder for example. Another less compliant backing could be a sheet of metal sandwiched by two very thin 'cardboard' backing sheets (envision: metal-filled cardboard) or just a sheet of a soft metal such as aluminum or brass.

Care should also be taken to ensure that no air is trapped between the plate and the plate cylinder. The plate should be clamped down, run for a minute, then re-torque the clamping bolts. This process should be repeated until the clamping bolts do not turn when re-torqued.

The long-term cracking could also be slightly reduced by using less-deep scribe marks and by chrome-plating the nickel after (rather than prior to) bending to shape. Both of these techniques will act to reduce stress raisers caused by marks or cracks in the chrome and therefore delay the occurrence of fatigue cracks.

The six plate-tensioning bolts should be torqued in proportion to the plate thickness.

HOFFMANN & FEIGE, INC. INCOMPLETE DRAFT

April 29, 1994

1169-RPT-1

Page 11

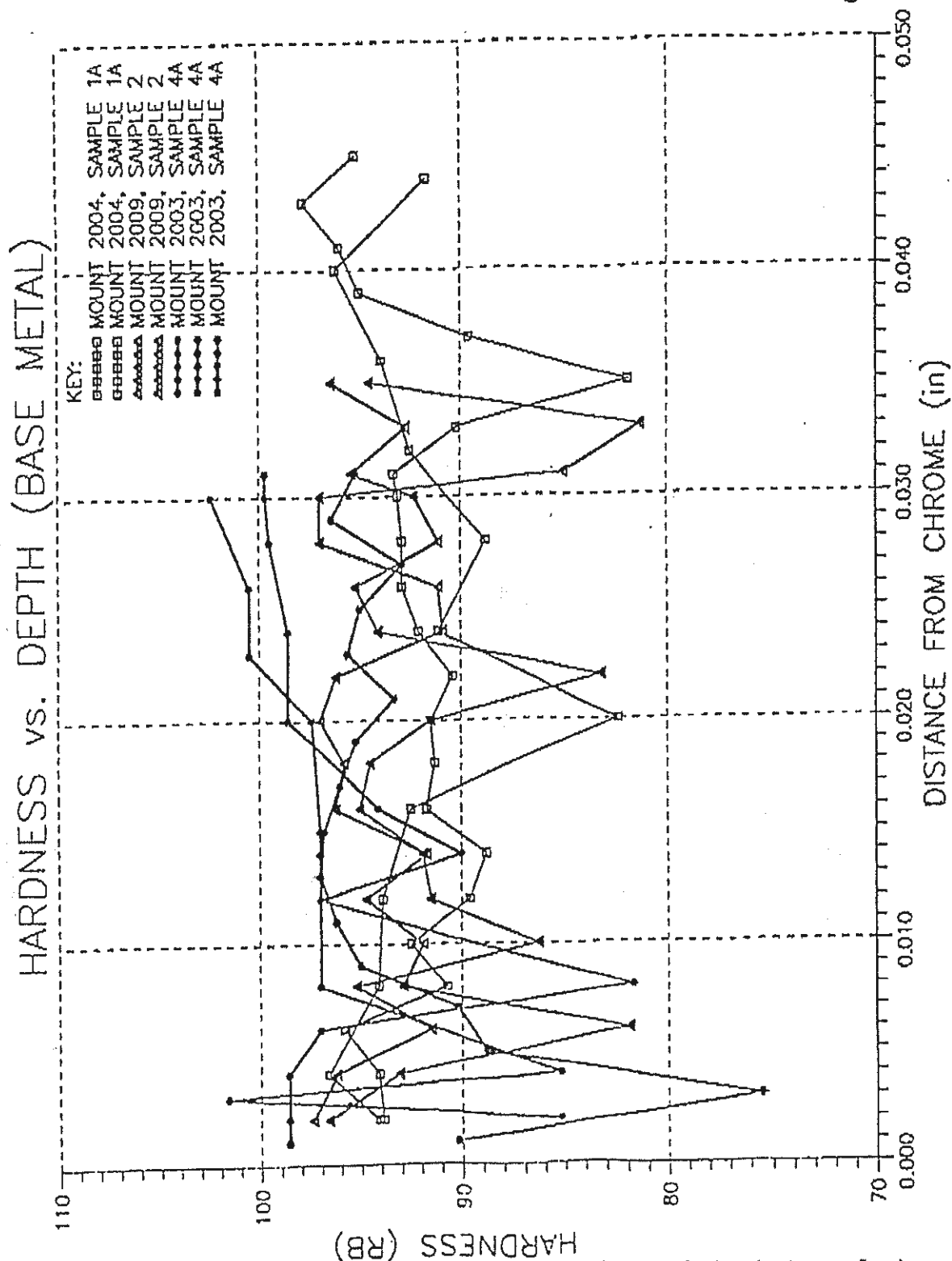


Figure 1. Shown above is a graph of hardness vs distance from the chrome plating (outer surface). This graph shows no discernable difference between plate 1 (long life) and the other plates (short lives). This graph also shows that the average hardness of the plates is acceptable.

HOFFMANN & FEIGE, INC. INCOMPLETE DRAFT

April 29, 1994

1169-RPT-1

Page 12

Key: 2A (50x) 2B (50x) 2C (50x)
2D (400x) 2E (400x) 2F (100x)

Figure 2. All figures are photomicrographs of various plates, looking edge view across the plates. In each view, the outer chrome surface is shown at the top. Figure 2A shows the through cracking for plate 1A. Figure 2B shows the through cracking for plate 2. Figure 2C shows the through cracking for plate 4A. Figures 2D, 2E, and 2F each show the cracking associated with the sharp bend at the loading edge of plates 1A, 2, and 4A, respectively. The superficial cracks shown in figures 2D, 2E, and 2F are all on the order of 0.001 inches deep.