

COMPORTAMIENTO ELECTROKINÉTICO DEL POLIÉSTER Y LA IMPUREZA SÓLIDA DURANTE EL PROCESO DE LAVADO EN PRESENCIA DE ÉTERES DE CELULOSA Y NTA.*

F. J. Carrión Fité *

0.1. Resumen

Este trabajo efectúa un estudio electrocinético sobre un tipo de impureza sólida durante el proceso de lavado, tal como el negro de humo y los sustratos de poliéster y poliéster-algodón, bajo la influencia de agentes de antirredeposición tales como los éteres de celulosa y con tensioactivos con el objeto de justificar los resultados de deposición de impurezas durante el lavado aparecidos en otro trabajo anterior del mismo autor. Los componentes del baño de lavado estudiados fueron varios éteres de celulosa, utilizados como agentes de antirredeposición (CMC, HPMC, HBMC y MHEC) y el tensioactivo aniónico dodecilbenzo-sulfonato sódico y un tensioactivo no-iónico Triton X-100 y varias mezclas de ambos tensioactivos conjuntamente con un coadyuvante tal como el nitrilo triacético (sal sódica) (NTA). La energía potencial total entre las partículas de negro de humo y los tejidos (poliéster y poliéster-algodón) fue determinada por la teoría de la heterocoagulación, con el propósito de explicar el diferente comportamiento de los agentes de antirredeposición durante el lavado.

Palabras clave: Comportamiento electrocinético, poliéster, impureza lavado, éteres de celulosa, nitrilotriacético (sal sódica) (NTA).

0.2. Summary. ELECTROKINETIC BEHAVIOR OF POLYESTER AND SOLID IMPURITY DURING WASHING PROCESS IN THE PRESENCE OF CELLULOSE ETHERS AND NTA.

This paper deals with the electrokinetic study of the solid components of the washing process, such as carbon black and polyester and polyester-cotton fabrics, under the influence of the cellulose ethers as antiredeposition agents and surfactants in the washing

solution to explain the deposition results presented in a former paper by the same author. The components of the wash liquor studied were various cellulose ethers, used as antiredeposition agents (CMC, HPMC, HBMC and MHEC), and the anionic surfactant sodium dodecylbenzene sulfonate and the non-ionic surfactant Triton X-100 by separate and in different mixture ratios with a builder such as nitrilotriacetic (sodium salt) (NTA). The potential energy between carbon black particles and fabrics (polyester and polyester-cotton) was assessed by the theory of heterocoagulation, in an attempt to explain the different behavior of the antiredeposition agent during the washing process.

Key words: Electrokinetic behavior; polyester; impurity; washing; cellulose ethers; nitrilotriacetic (sodium salt) (NTA).

0.3. Résumé. COMPORTEMENT ÉLECTROKINÉTIQUE DU POLYESTER ET L'IMPURETÉ SOLIDE PENDANT LE PROCESSUS DE LAVAGE EN PRÉSENCE D'ÉTHERS DE CELLULOSE ET NTA.

Ce travail effectue une étude électrocinétique d'un type d'impureté solide du processus de lavage, telle que le noir de fumée et les substrats de polyester et polyester/coton, sous l'influence d'agents d'antirredeposition, tels que les éthers de cellulose et de surfactifs à l'objet de justifier les résultats de déposition d'impuretés pendant le lavage dans un autre travail antérieur par le même auteur. Les composants du bain de lavage étudiés ont été plusieurs éthers de cellulose, utilisés comme agents d'antirredeposition (CMC, HPMC, HBMC et MHEC) et le surfactif anionique dodécylbenzènesulfonate de sodium et un surfactif non-ionique Triton X-100 et plusieurs mélanges des deux surfactifs conjointement avec un coadjuvant tel que le nitrilo triacétique (sel de sodium) (NTA). L'énergie potentielle totale entre les particules de noir de fumée et les tissus (polyester et polyester/coton) a été déterminée par la théorie de l'hétérocoagulation, à l'objet d'expliquer le différent comportement des agents d'antirredeposition pendant le lavage.

Mots-clés: Comportement électrocinétique, polyester, impureté lavage, éthers de cellulose, nitrilo triacétique (sel de sodium) (NTA).

● Trabajo publicado en Progress in Colloid & Polymer Science 84, 319-324 (1991).

* Dr. Ing. Fco. Javier Carrión Fité. Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Ingeniería Textil y Papelera (UPC). Jefe del Laboratorio de "Tensioactivos y Detergencia" del INTEXTER y Editor de este Boletín.

1. INTRODUCCIÓN

Para la prevención de la deposición de impurezas durante el lavado de sustancias textiles son añadidos agentes de antirredeposición en las formulaciones de lavado, siendo adsorbidos estos productos en la superficie de las fibras y de las impurezas. En el proceso de lavado, intervienen muchas fuerzas; una de ellas es la fuerza eléctrica, la cual puede ser atractiva o repulsiva, debido a la existencia de una doble capa eléctrica alrededor del sustrato textil y de sus impurezas ¹⁾.

Debido a que los componentes de la solución de lavado ejercen su influencia en el comportamiento de la doble capa eléctrica, es interesante estudiar ésta para deducir el efecto que puedan ejercer los agentes de antirredeposición entre las impurezas y los sustratos textiles ²⁾.

Este trabajo pretende efectuar un estudio electrocinético tanto del negro de humo, como impureza sólida durante el proceso de lavado como de los sustratos de poliéster y poliéster-algodón con el objeto de conocer el mecanismo que rige el fenómeno de deposición durante el lavado, cuyos resultados prácticos fueron expuestos en otro trabajo anterior ³⁾. Tanto el tipo de impureza sólida elegida como los sustratos textiles mencionados estuvieron en presencia durante su lavado de los éteres de antirredeposición, de los tensioactivos DBSS y Triton X-100 y del coadyuvante sal sódica del nitrilotriacético (NTA).

Para obtener el propósito anterior, se determinó la energía potencial total entre las partículas de negro de humo y el tejido por medio de la teoría de la heterocoagulación para explicar el comportamiento de los agentes de antirredeposición durante el proceso de lavado.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Materiales

2.1.1. Tejidos

Se utilizaron los tejidos siguientes: Poliéster de Test Fabrics "Style 767", Dacron 100% tipo 54 y poliéster-algodón 65/35, de Empa, tipo nº 213.

Los tejidos fueron previamente lavados con una mezcla de etanol y benceno en la proporción 2:1 (mezcla azeotrópica).

2.1.2. Productos químicos

Los tensioactivos que se utilizaron fueron los siguientes: Dodecilsulfonato sódico (DBSS) de BDH y Triton X-100, reactivo de calidad analítica suministrado por Merck. El coadyuvante de lavado fue la sal sódica del nitrilotriacético, reactivo con calidad analítica suministrado por Jansen Chimica (Bélgica).

El negro de humo seleccionado fue de Columbian, tipo 1040, que tuvo un diámetro de partícula en su agregación durante el lavado en presencia de los ingredientes utilizados de 2.34μ y $\sigma = 1.93$. Este tamaño de partícula fue determinado en un Master-Sizer, aparato de Malvern (U.K.). Para su aplicación en el baño de lavado fue adecuadamente dispersado en alcohol isopropílico con un agitador de ultrasonidos.

Los agentes de antirredeposición estudiados se exponen en la Tabla 1 siguiente:

TABLA 1

Éteres de celulosa utilizados como agentes de antirredeposición.

Estructura química	Nombre comercial
Sal sódica de carboximetilcelulosa	Tylose CR 1500 P (Hoechst)
Metilhidroxietilcelulosa	Tylose MH 50 (Hoechst)
Hidroxipropilmetilcelulosa	Methocel F4 M (Dow)
Hidroxibutilmetilcelulosa	Methocel HB (Dow)

2.2. Aparatos

La medida del potencial zeta del negro de humo fue determinado en un aparato analizador mediante electroforesis, Zetasizer IIc, de Malvern (U.K.).

Para la medida del potencial del tejido se utilizó un aparato de potencial de flujo designado al efecto ya descrito con anterioridad ²⁾.

2.3. Ensayos realizados

El potencial zeta de las partículas de negro de humo fue determinado a partir de las medidas de movilidad electroforética a 25° C y el potencial zeta del poliéster y del poliéster-algodón fue obtenido mediante el método del potencial de flujo utilizando la ecuación de Helmholtz-Smoluchowski. Cada valor obtenido fue el promedio de tres determinaciones, para conseguirlos se utilizaron las condiciones siguientes:

La concentración total de los tensioactivos:
1.5 x 10⁻³ M.

Las mezclas de tensioactivos que fueron ensayadas tuvieron las proporciones de DBSS: Triton X-100 siguientes: 1:0; 0.8:0.2; 0.6:0.4; 0.4:0.6 y 0.2:0.8. Todos los agentes de antirredeposición fueron utilizados a la concentración de 0.04 g.l⁻¹.

La sal sódica del nitrilotriacético usado como coadyuvante en las formulaciones de lavado fue utilizado a la concentración de 0.15 g.l⁻¹ en las mezclas de los anteriores tensioactivos.

El negro de humo fue empleado a la concentración de 66 mg.l⁻¹ en la correspondiente solución acuosa de los productos citados anteriormente.

Las determinaciones de movilidad electroforéticas fueron llevadas a cabo en un campo eléctrico con 16.3 V.cm⁻¹ de promedio a 25° C.

El potencial zeta del tejido en los componentes de la solución de lavado sin el negro de humo fue calculado en las mismas condiciones que se usaron en las determinaciones de la movilidad electroforética.

2.4. Cálculo de la energía potencial total

La energía potencial total para la interacción entre las partículas esféricas y la superficie plana debida a su correspondiente doble capa eléctrica fue calculada por ⁶⁾:

$$V_{E,S/P} = \frac{a \cdot D}{4KT} \left[(\Psi_1^2 + \Psi_2^2) \ln \left\{ \frac{\exp(2kH_0) - 1}{\exp(2kH_0)} \right\} + 2 \Psi_1 \Psi_2 \ln \left\{ \frac{\exp(kH_0) + 1}{\exp(kH_0) - 1} \right\} \right] \quad (1)$$

donde "a" es el radio de la partícula esférica de negro de humo considerada como un promedio de 1.67 x 10⁻⁴ cm., K es la constante de Boltzman, T es la temperatura absoluta a 298° C, Ψ₁ y Ψ₂ son los potenciales de superficie de los materiales aproximados al potencial zeta del negro de humo y del tejido determinados en la forma que se indicó anteriormente, k es el recíproco del parámetro de longitud de Debye-Hückel ⁵⁾, asumido como 1277967.13 cm⁻¹ para la concentración con la fuerza iónica de 1.5 x 10⁻³ M,

$$k = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot e^2 (n_+ Z_+^2 + n_- Z_-^2)}{D \cdot K \cdot T} \right)^{1/2} \quad (2)$$

donde Z_{+or-} es la valencia de las especies iónicas en la solución, n_{+or-} es la concentración de las mismas especies de la solución (iones. cm⁻³), "e" es la carga electrónica y "D" es la constante dieléctrica.

La energía potencial total para la interacción entre la partícula esférica y la superficie plana debido a las fuerzas de Van der Waals fueron calculadas por la ecuación siguiente ⁶⁾:

$$V_{A,S/P} = \frac{A_{12/3}}{6KT} \left[\frac{2 \cdot a (H_0 + a)}{H_0 (H_0 + a)} - \ln \frac{H_0 + 2 \cdot a}{H_0} \right] \quad (3)$$

$$A_{12/3} = (A_{11/3} \cdot A_{22/3})^{1/2} \quad (4)$$

La constante de Hamaker para el poliéster en contacto con el agua (A_{11/3}) fue considerada con el valor 5 x 10⁻¹⁴ ergios ⁶⁾. La constante de Hamaker para el negro de humo igualmente en agua (A_{22/3}) fue considerada con el valor 5 x 10⁻¹³ ergios ⁶⁾.

La energía potencial total para la interacción entre la partícula de negro de humo y el tejido (superficie plana) fue calculada por la suma de V_{E,S/P} y V_{A,S/P}

$$V_{T,S/P} = V_{E,S/P} + V_{A,S/P} \quad (5)$$

Estas ecuaciones anteriores fueron calculadas mediante la utilización del programa de computer: "Eureka: The Solver".

3. RESULTADOS

Los potenciales zeta a 25° C para los tejidos y para el negro de humo en presencia de diferentes proporciones de DBSS: Triton X-100 con la concentración total de 1.5 x 10⁻³ M, sin y con la presencia de agentes de antirredeposición a 0.04 g.l⁻¹ y 0.15 g.l⁻¹ de NTA fueron expuestos para el poliéster en la Tabla 2, para el poliéster-algodón en la Tabla 3 y para las partículas de negro de humo en la Tabla 4.

TABLA 2

Potenciales zeta (mV) a 25° C del tejido de poliéster con diferentes proporciones de DBSS: Triton X-100 con la concentración total de 1.5 x 10⁻³ M sin y con la presencia de agentes de antirredeposición (CMC, MHEC, HPMC y MHEC) a 0.04 g.l⁻¹ y 0.15 g.l⁻¹ de NTA.

DBSS: Triton X-100	Sin agente de antirrede- posición	CMC	MHEC	HPMC	
				HBMC	
ζ (mV)					
1:0	-39	-35.2	-16.5	-26.6	-31.2
0.8:0.2	-35.2	-30	-15.2	-20.7	-24
0.6:0.4	-26.7	-23	-16	-19.5	-20.6
0.4:0.6	-24.7	-22.7	-12.6	-15.6	-14.6
0.2:0.8	-17.8	-16.7	-11.5	-13.2	-14.5

TABLA 3

Idem a la Tabla 2 para el tejido de poliéster-algodón.

DBSS: Triton X-100	Sin agente de antirrede- posición	CMC	MHEC	HPMC	HBMC
ζ (mV)					
1 : 0	-23.5	-16.3	-8.4	-14.2	-13
0.8: 0.2	-19	-17.2	-7.2	-10.4	-11
0.6: 0.4	-17.2	-14.2	-5.8	-8.8	-9.2
0.4: 0.6	-15.3	-13.8	-6.8	-9.4	-10.6
0.2: 0.8	-16.3	-14.3	-5.2	-8.0	-9.2

TABLA 4

Potenciales zeta (mV) a 25° C de las partículas de negro de humo con diferentes proporciones de DBSS: Triton X-100 a la concentración total de 1.5×10^{-3} M sin y con agentes de antirredeposición (CMC, MHEC, HPMC y HBMC) a 0.04 g.l⁻¹ y 0-15 g.l⁻¹ de NTA.

DBSS: Triton X-100	Sin agente de antirre- deposición	CMC	MHEC	HPMC	HBMC
ζ (mV)					
1 : 0	-59.4 ± 0.75	-65.6 ± 1.07	-29.9 ± 0.85	-39.8 ± 1.2	-46.6 ± 0.9
0.8 : 0.2	-53.2 ± 0.34	-61.6 ± 1.49	-20.9 ± 1.3	-27.8 ± 0.8	-37.5 ± 1
0.6 : 0.4	-47.1 ± 1.6	-55.3 ± 1.7	-19.3 ± 0.5	-26.2 ± 0.9	-28.9 ± 1.2
0.4 : 0.6	-45.2 ± 0.44	-48.9 ± 2.1	-20.3 ± 1.1	-24.2 ± 1.2	-27.6 ± 0.9
0.2 : 0.8	-41.1 ± 2	-45.4 ± 1.1	-15.4 ± 0.7	-20.4 ± 0.8	-24.3 ± 2

El logaritmo de la energía potencial total VT en función de la distancia para la interacción entre el negro de humo y el tejido para el DBSS y el Triton X-100 y para tres de sus mezclas en las proporciones de DBSS: Triton X-100 de 1:0, 0.6:0.4 y 0.8:0.2 fue calculada con y sin agentes de antirreposición y NTA en las mismas condiciones indicadas anteriormente. Estos resultados fueron mostrados en cada una de las proporciones de tensioactivos indicadas para el poliéster en las Figuras 1, 2 y 3 respectivamente, y en las Figuras 4, 5 y 6 para el poliéster-algodón. El máximo total de la energía potencial total para la interacción entre el negro de humo y los tejidos de poliéster y poliéster-algodón fueron indicados en la Tabla 5.

TABLA 5

Máximos de la energía potencial total $V_{T,max}$ (K.T) a 25° C de los sustratos del lavado [poliéster (PES), poliéster-algodón (PES-CO) y negro de humo (N.H.)] en las diferentes proporciones de DBSS: Triton X-100, con una concentración total de los tensioactivos de 1.5×10^{-3} M y presencia de agentes de antirredeposición (CMC, MHEC, HPMC y HBMC) y NTA.

Sistema	DBSS: Triton X-100	Sin agente de antirre- deposición	CMC	MHEC	HPMC	HBMC
ζ (mV)						
PES/N.H.	1	17.58	15.04	3.28	8.13	11.18
PES/N.H.	0.6:0.4	8.56	6.67	2.7	4.21	4.76
PES/N.H.	0.2:0.8	3.97	3.56	1.46	2.02	2.49
PES-CO/N.H	1:0	7	3.47	0.91	2.58	2.19
PES-CO/N.H.	0.6:0.4	3.78	2.63	0.43	0.99	1.09
PES-CO/N.H.	0.2:0.8	3.36	2.75	0.34	0.81	1.07

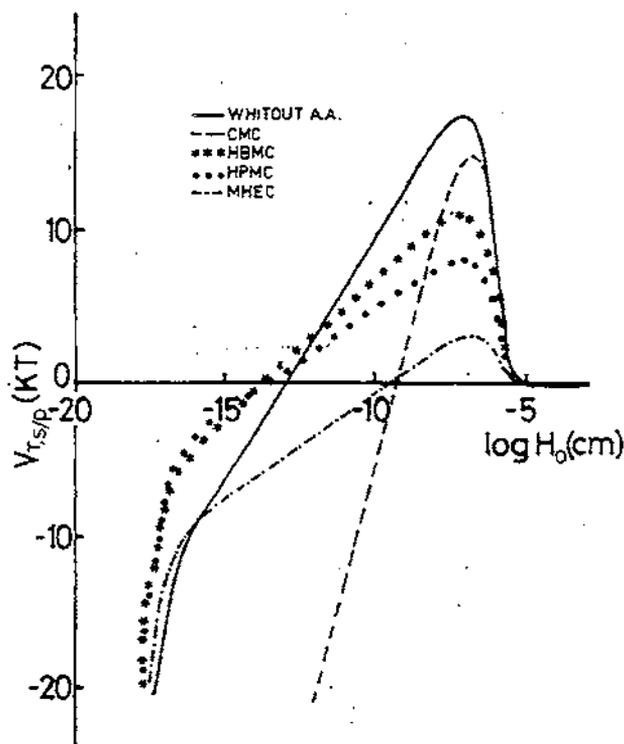


Fig. 1. Logaritmo de la energía potencial total V_{TSP} en función de la distancia para la interacción entre el negro de humo y tejido de poliéster en la proporción de DBSS: Triton X-100 de 1:0, sin y con los agentes de antirredeposición (CMC, MHEC, HPMC y HBMC) a 0.04 g.l⁻¹, además de 0.015 g.l⁻¹ de NTA.

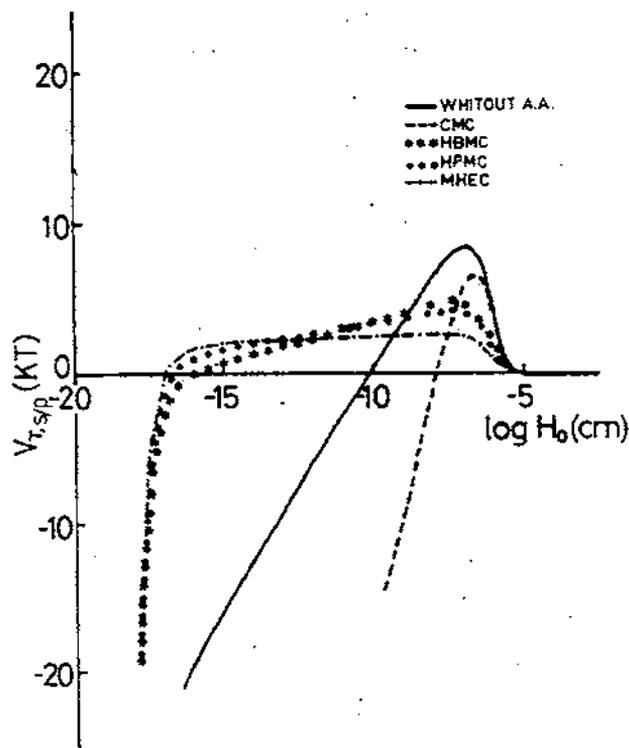


Fig. 2. Idem a lo indicado en la Figura 1 para la proporción de DBSS: Triton X-100 de 0.6:0.4.

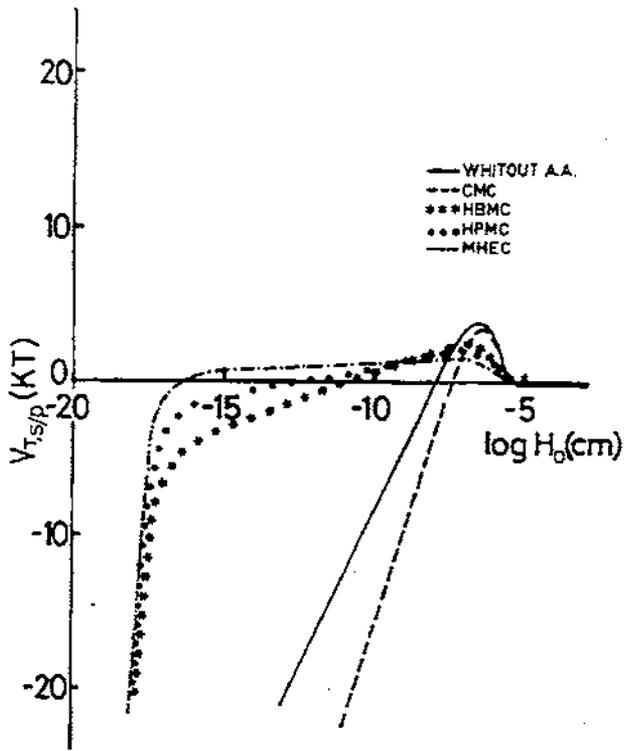


Fig. 3. Idem a lo indicado en la Figura 1 para la proporción de DBSS: Triton X-100 de 0.2:0.8.

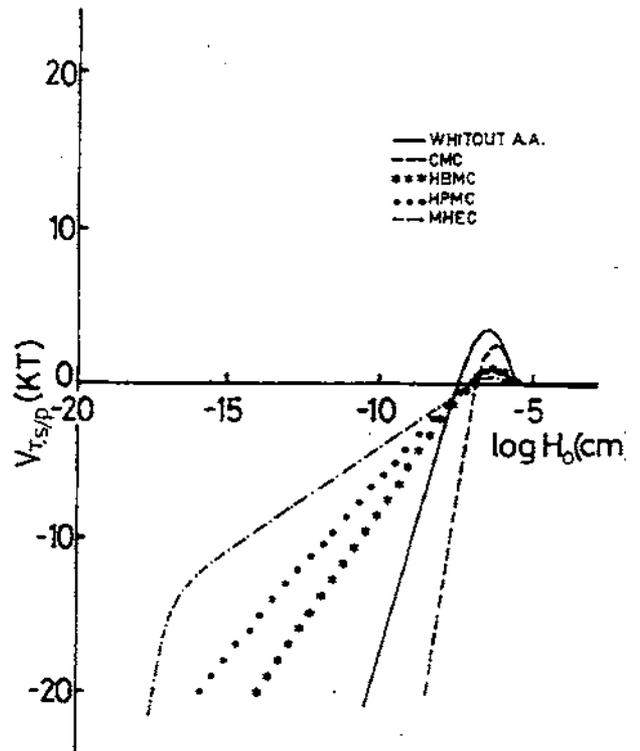


Fig. 5. Idem a lo indicado en la Figura 1 para el tejido de poliéster-algodón y la proporción de DBSS: Triton X-100 de 0.6:0.4.

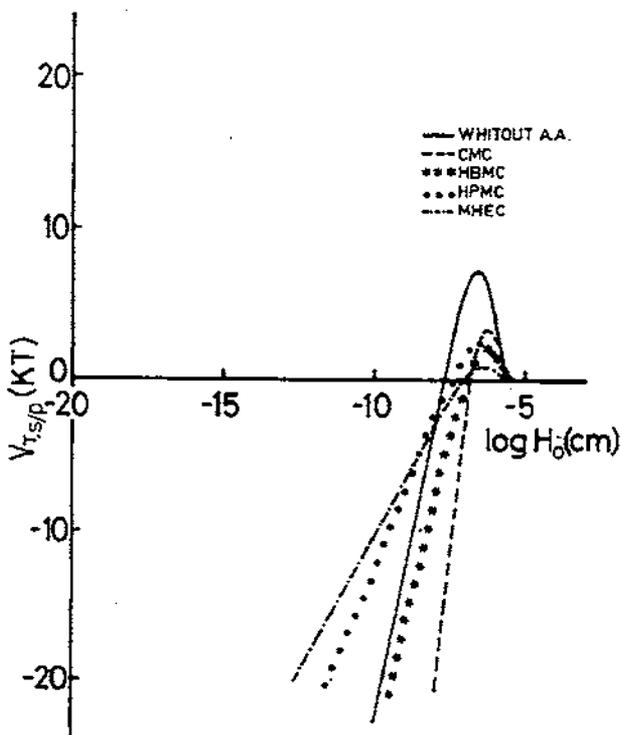


Fig. 4. Idem a lo indicado en la Figura 1 para el tejido de poliéster-algodón y la proporción de DBSS: Triton X-100 de 1:0.

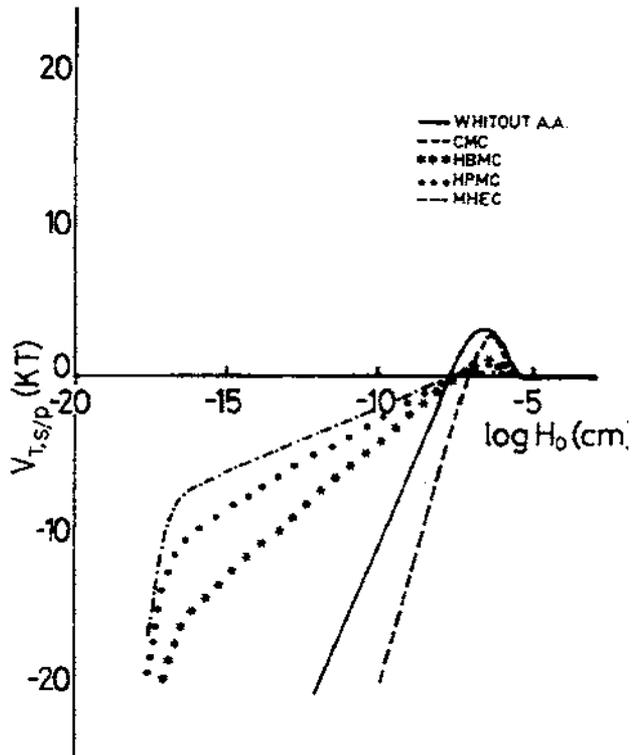


Fig. 6. Idem a lo indicado en la Figura 1 para el tejido de poliéster-algodón y la proporción de DBSS: Triton X-100 de 0.2:0.8.

4. CONCLUSIONES

La energía potencial total entre los sustratos (tejido y negro de humo) fue determinada a partir del potencial zeta del negro de humo y de los tejidos utilizados (PES y PES-CO), en presencia de los tensioactivos DBSS y Triton X-100 y sus mezclas; con y sin los agentes de antirredeposición (CMC, MHEC, HPMC y HBMC) y NTA como coadyuvante. La teoría de la heterocoagulación fue aplicada en orden a establecer una relación entre los resultados y la deposición de suciedad (negro de humo) que fue encontrada en otro trabajo anterior³⁾. Las conclusiones que fueron obtenidas fueron las siguientes:

4.1. El valor máximo de la energía potencial total en términos de distancia entre el negro de humo y el tejido de poliéster fue más elevada que la que se encontró para el tejido de poliéster-algodón en presencia de los citados agentes de antirredeposición.

4.2. El valor máximo de la energía potencial total en términos de distancia entre el negro de humo y el tejido de poliéster y poliéster-algodón, en presencia de las indicadas mezclas de tensioactivos y NTA fue más elevada que los valores obtenidos con estas mezclas de tensioactivos y los agentes de antirredeposición ensayados y el NTA.

4.3. El valor máximo de la energía potencial total alcanzado entre el negro de humo y el tejido de poliéster o bien de poliéster-algodón, para DBSS fue más elevado que los encontrados para sus mezclas con el Triton X-100, este máximo disminuyó al aumentar la concentración de tensioactivo no-iónico en la mezcla con y sin agentes de antirredeposición.

4.4. El más elevado valor de la energía potencial total alcanzado entre todos los agentes de antirredeposición ensayados fue alcanzado para el CMC y el más bajo para el MHEC, mientras que el HBMC y HPMC tuvieron valores intermedios a los anteriores, sin embargo, el valor del HBMC fue, en general, más elevado al del HPMC.

4.5. Las magnitudes de los valores del máximo de la energía potencial total fueron del mismo orden que los correspondientes valores de la deposición de negro de humo sobre los tejidos de poliéster y poliéster-algodón, cuyos resultados fueron mostrados en un trabajo anterior³⁾. Sin embargo, el efecto de la repulsión eléctrica (o menos coagulación entre el negro de humo y el poliéster y el negro de humo y el poliéster-algodón) en este caso no fue el mecanismo más importante para prevenir la deposición de la impureza sobre el tejido, porque los más elevados valores de la energía potencial total estuvieron asociados a elevados valores de deposición entre el tejido y la impureza sólida considerada. Por esta razón, el comportamiento de los agentes de antirredeposición ensayados con el NTA se asoció en estos casos, con otro efecto tal como el efecto estérico entre el sustrato textil y la impureza sólida.

5. AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) del M.E.C., por su apoyo financiero en el Proyecto PA85-0341, en el que se incluyó este trabajo. Igualmente se agradece a la Srta. A. Sallés y la Sra. M. Simó su ayuda en la parte experimental.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Cutler W.G. y Davis R.C. editores, "Detergency. Theory and Test Methods. 1ª parte". Editorial Marcel Dekker Inc. New York, (1972).
2. Carrión Fité F.J., *Tenside Detergents* 21, 3, 128-132, (1984).
3. Carrión Fité F. J. Comunicaciones de las XXI Jornadas del Comité Español de la Detergencia, 21, 307-325, (1990) y *Tenside Surfactants Detergents*, 29, 3, 213-219, (1992).
4. Imamura T., Tokima F., *Nippon Kagaku Kaishi*, 2177-2183, (1972).
5. Loeb A.L., Wiersema P.H., Overbeek J.T.G., "The Electrical Double Layer Around Spherical Colloidal Particles. Editado por MIT Press, Cambridge, M.A., pág. 7, (1961).
6. Kitahara A., *Kagaku No Ryoiki*, 24, 402-409, (1972).

Trabajo recibido en 1993-01-12.

Aceptado en 1993-02-26.