Nuevos conocimientos en el mecanismo de tintura de fibras acrílicas con colorantes básicos (*)

por el **Dr. Langheinrich**
Jefe del Departamento de Fibras Sintéticas y Celulósicas de la Sección de Aplicación Técnica de Farbenfabriken BAYER

No creo necesario entrar aquí en detalles sobre la importancia de las fibras acrílicas y su constante desarrollo. Todos Vdes. están sin duda perfectamente enterados de estos temas, por lo cual intentaré exponerles otros aspectos relacionados con dichas fibras. Como es sabido, la mayor parte de ellas se tiñen —si es que interesa— con colorantes básicos, cuyas gamas existentes en el mercado son lo suficientemente completas como para satisfacer todas las exigencias de solidez, y dar casi todos los tonos deseados. Sin embargo, la tintura de fibras acrílicas sigue presentando problemas relacionados no tanto con los colorantes por sintetizar o con las exigencias de solidez, sino más bien con las dificultades relacionadas a la igualación, la fijación uniforme de los distintos colorantes en una combinación, la influencia recíproca en la velocidad de tintura de los diferentes colorantes, los efectos de bloqueo, etc.

Hace ya años que efectuamos estudios en este sentido, llegando a una interpretación particular del mecanismo de tintura con colorantes básicos sobre fibra acrílica. Entretanto, numerosos trabajos complementarios de otros autores han confirmado nuestros aciertos, de forma que el cuadro que entonces esbozábamos puede ser considerado ya como comprobado. Ello no obstante, nos pareció necesario, de una parte, aprovechar *aún más* para la práctica, las relaciones *encontradas,* o dicho en otros términos, poner de relieve la importancia que las relaciones físico-químicas tienen para el tintorero, y por otra parte, buscar *nuevas* relaciones que permitan explicar hechos que no podían ser esclarecidos a base de nuestras observaciones anteriores. Este será, pues, el tema de mi conferencia de hoy. Empero, para llegar a una comprensión más profunda del contexto, me parece conveniente recapitular brevemente los hechos ya conocidos.

II. Equilibrio

A tal fin nos atendremos a los conceptos ya conocidos de la química física, y discutiremos todas las cuestiones relativas al *equilibrio tintóreo,* para después entrar en el tema de la velocidad de tintura.

1) Cuando el material de fibra acrílica se tiñe con colorante básico hasta llegar al estado de equilibrio, la cantidad principal de dicho colorante se encuentra en unión inónica tal, que al catión de colorante corresponde un grupo aniónico en la fibra. Estos grupos aniónicos o ácidos pueden provenir, ya sea de los auxiliares de polimerización, en cuyo caso se sitúan en los extremos de cadena, o bien

(*) Conferencia pronunciada en el Salón de Actos de la E. T. S. de Ingenieros Industriales de Tarrasa el día 21 de noviembre de 1967.

de la impolimerización o incorporación adicional de componentes ácidos a la fibra. En todo caso, para un determinado tipo de fibra, el número de grupos aniónicos por gramo de fibra es constante. De esta forma, para una fibra determinada también existe un número fijo máximo de equivalentes básicos que pueden ser ligados. Dicho número es, en el caso del Dralon [R] y del Orlon, de 53 mMol/g de fibra. El valor de saturación «S» de los distintos colorantes se calcula multiplicando este equivalente por el peso molecular del colorante y dividiendo el resultado por el contenido en productos de ajuste en el colorante.

De importancia fundamental y de gran utilidad para la práctica es la circunstancia de que el límite de saturación de la fibra acrílica también es válido para las mezclas de colorante. Esto quiere decir que los porcentajes de cada colorante en las mezclas se comportan aditivamente hasta la saturación de la fibra (Fig. 1).

Número de cationes del colorante < Número de aniones de la fibra

Oferta de colorante · Constante de colorante < Constante de la fibra

$$p \cdot f < \Sigma$$

$$S \cdot f = \Sigma$$

AFINIDAD DEL POLIACRILONITRILO PARA EL COLORANTE

Fig. 1

Mediante una simple operación de cálculo, podemos encontrar con ayuda de los factores «f» si una receta se encuentra dentro del límite de saturación de la fibra o lo supera.

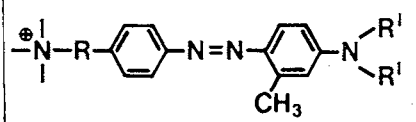
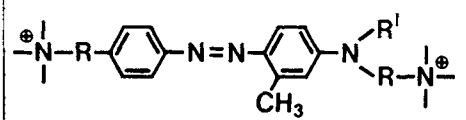
2) En nuestros trabajos anteriores supusimos, aparte del enlace iónico del colorante, también un estado de enlace que llamamos «enlace de disolución». Se ha comprobado por las isotermas de absorción, que la cantidad total de colorante absorbido era siempre algo más alta que la exigida por el equivalente de enlace. Un argumento decisivo para la hipótesis de semejante estado lo tenemos, con ciertas restricciones, en las diferencias de tono y de solidez a la luz que se manifiestan entre las tinturas por foulardado o estampados vaporizados y aquellos fijados a ebullición. Sólo mediante una ebullición de veinte minutos se obtiene la tonalidad definitiva y la máxima solidez a la luz. Por este motivo suponemos que el colorante emprende su camino hacia los grupos aniónicos a través del substrato «poliacrilonitrilo», en una especie de estado disuelto (para lo cual existen explicaciones teóricas) y que una pequeña porción del mismo permanece en este estado cuando no se fija en baño hirviente.

Contra tal hipótesis ha expuesto Rosenbaum en este último tiempo razones que hacen imaginar otro mecanismo de difusión. Sin embargo, los siguientes ensayos nos hacen pensar que nuestra teoría de la existencia de una disolución en estado sólido intermedia del colorante en el poliacrilonitrilo no es errónea.

a) También el poliacrilonitrilo, que no contiene grupos ácidos, presenta cierta absorción de colorante.

b) Como ya se ha dicho, se producen diferencias de solidez entre las tinturas foulardadas que sólo han sido fijadas por vaporizado y aquellas que se fijaron por ebullición en agua. Por consiguiente, durante el proceso de ebullición en agua debe haber tenido lugar una modificación del enlace.

c) La difusión de colorantes que contienen varios grupos amonio cuaternarios sería inimaginable si se parte de la hipótesis de que la misma no se produce a través de un estado de disolución, sino solamente a través de enlaces iónicos. El experimento muestra, sin embargo, que también los colorantes básicos polivalentes pueden difundirse, si bien más lentamente. Además, puede fijarse una cantidad más elevada de colorante que la que corresponde al equivalente de la fibra (Fig. 2).

Colorante	Grupos de amonio cuaternarios por molécula	S	V
	1	1	1
	2	0,78	0,27

FIJACIÓN DE COLORANTES CATIÓNICOS MONOVALENTES Y BIVALENTES A 100°C

Fig. 2

3) **Afinidad**

La magnitud que determina la posición de equilibrio es la afinidad entre la fibra y el colorante. La afinidad es proporcional al logaritmo del cociente entre las actividades del colorante en la fibra y en el baño:

$$\Delta\mu = \mu_o + RT \ln \frac{a_{ba}}{a_{fi}}$$

Cuanto mayor es, en estado de equilibrio, la concentración del colorante sobre la fibra y cuanto menor es la cantidad del colorante en el baño, tanto mayor será la afinidad.

La afinidad tiene un significado fundamental para algunos importantes procesos en la tintura. Como es sabido, si bien el agotamiento de los baños con colorantes básicos es generalmente muy alto, no llega a ser del cien por ciento. Como se desprende de la definición de afinidad, esto es una consecuencia de dicha magnitud, cuyo conocimiento permite indicar el agotamiento del baño en el estado de equilibrio para cada colorante. Además, la afinidad desempeña un papel primordial en las reacciones de desplazamiento o de bloqueo, que a veces se producen de forma muy desagradable en la práctica en la tintura de fibra acrílica.

Sabido es que varios colorantes, aplicados en cantidad total superior al valor de saturación de la fibra respectiva, son retenidos en proporción diversa según de qué colorante se trate. Pues bien, se ha comprobado que los colorantes ocupan en proporción a sus afinidades el equivalente disponible de la fibra y que, en conse-

cuencia, las cantidades que quedan en el baño son, más o menos, inversamente proporcionales a las afinidades. A condiciones enteramente análogas cabe atribuir el efecto de los retardantes catiónicos sobre el equilibrio tintóreo de los colorantes básicos. Cuanto mayor es la afinidad de un colorante, tanto menor es el efecto de un retardante catiónico.

La comparación de la afinidad de un colorante básico con la del retardante cationactivo Levegal PAN nos ha servido incluso para definir la afinidad relativa de los colorantes.

Para determinar la afinidad relativa, partimos de lo siguiente: Una cantidad de colorante igual a 0,2 veces de su valor de saturación se tiñe sobre Dralon, hasta el estado de equilibrio, en presencia de una cantidad de Levegal PAN igual a 1,8 veces su valor de saturación. Con ello la oferta en sustancia cationactiva corresponde al doble de la cantidad de saturación.

En caso de igual afinidad del Levegal PAN y del colorante, tendrían que encontrarse en el baño y en la fibra, después de establecerse el equilibrio, cantidades iguales de colorante, a saber, 0,1 por la concentración de saturación. La afinidad relativa viene dada ahora por el cociente entre las concentraciones de colorante en la fibra y el baño.

$$A_r = \frac{C_{fi}}{C_{ba}} \text{ en las condiciones indicadas}$$

Si $A_R > 1$, la afinidad del colorante es mayor que la del Levegal PAN, o viceversa.

Solamente para ofrecerles una idea del orden de magnitud dentro del cual se mueven las afinidades así medidas, les ruego contemplar la presente tabla, en la que el colorante de mínima afinidad de nuestra gama, tiene una A_R de 0,09 (colorante número dieciséis), y el de máxima afinidad una A_R de 5,2 (colorante número once).

En este punto les deseo indicar además de los valores incluidos en esta tabla, el comportamiento de migración M (cantidad de colorante sobre material anteriormente blanco/cantidad de colorante sobre material teñido, después de dos horas a cien grados Celsio; baño 1:100 (uno a cien; diez por ciento de sulfato sódico), que indica la velocidad con que un colorante pasa de un tejido teñido a otro sin teñir. Pues bien, se ha constatado que existe una relación entre la afinidad y la migración, en el sentido de que el poder de migración es tanto menor cuanto mayor es la afinidad, o viceversa (Fig. 3). El colorante anteriormente mencionado, dotado de mínima afinidad, posee un poder de migración de 0,04.

III. Velocidad de tintura

En los capítulos anteriores sólo hemos hablado de magnitudes que tienen que ver con el estado de equilibrio de una tintura, y que, en último caso, provienen de la afinidad. En la práctica, el equilibrio —si es que se establece— se alcanza después de un prolongado tiempo de tintura. Lo que sucede durante este tiempo, es decir con qué velocidad se fijan los colorantes, es de importancia para el resultado de la tintura. Para ello vamos a ocuparnos ahora de las cuestiones cinéticas, o sea, de lo que concierne a la velocidad con que transcurre una reacción, en este caso de la absorción y la fijación del colorante.

En la tintura de fibras acrílicas es de esencial importancia el observar la debida velocidad de tintura, ya que una migración ulterior del colorante, sólo es posible en pequeña escala. El colorante se fija así, en la zona que alcanza primero, y si la velocidad de fijación es muy elevada, existe el peligro de desigualdades en la tintu-

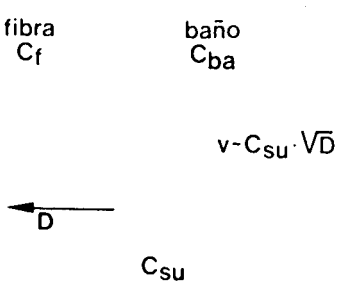
ra. Como además, la velocidad de fijación aumenta muy fuertemente por encima de una determinada temperatura (aproximadamente 85°C), todo paso excesivamente rápido por este intervalo crítico de temperatura trae consigo el riesgo de que, dentro del baño o del material, reinen temperaturas diferentes, las cuales dan lugar a velocidades de fijación distintas, y así a tinturas desiguales.

Colorantes Astrazon		Ar	M
Amarillo	7GLL	0,64	0,12
Amarillo oro	RR	3,0	0,04
Anaranjado	3RL	5,2	0,04
Rojo	F3BL	0,09	0,64
Rojo	5BL	0,43	0,14
Azul	5RL	2,0	0,05
Azul	F2R	2,0	0,06
Azul	FGL	0,25	0,17
Azul	BG	0,30	0,23
Azul	5GL	1,5	0,04

PRODIEDADES DE LOS COLORANTES ASTRAZON EN LA TINTURA SOBRE DRALON

Fig. 3

Para conocer mejor las relaciones que hay entre la velocidad de fijación y las magnitudes específicas del colorante, es necesario considerar una vez más, detenidamente el camino que sigue la molécula de colorante en su penetración en la fibra. En la Fig. 4 se indican las tres concentraciones que aquí desempeñan un



CINETICA DE LA TINTURA DE FIBRAS ACRILICAS CON COLORANTES CATIÓNICOS

Fig. 4

papel importante: C_{ba} es la concentración en que se encuentra el colorante en el baño, C_{su} representa la concentración de colorante en la superficie de la fibra, y C_{fi} la concentración de colorante en la fibra, es decir, el colorante que se ha fijado. Se comprenderá fácilmente, que la velocidad de tintura depende de la *difusión,* como también de C_{su}. Como muestra.

$$V = \text{const.} \cdot C_{su} \cdot \sqrt{D}$$

La concentración del baño no entra en esta relación, ya que C_{su} casi no depende de C_{ba} debido a la atracción electroestática por intermedio del potencial seta (ζ). Sólo por debajo de una determinada C_{ba} decrece también C_{su}.

La concentración de colorante en la superficie de la fibra C_{su} depende mucho, sin embargo, de diversos factores algunos de los cuales todavía no han sido totalmente esclarecidos. Factores previos, como el proceso de hilatura de la fibra acrílica, juegan con toda seguridad un papel muy importante. Así, por ejemplo, se sabe que la velocidad de tintura sobre fibra acrílica hilada en mojado (por ejemplo, las de origen japonés) es mucho más elevada que sobre aquellas hiladas en seco. Esto está, sin duda, relacionado con la mayor superficie de las fibras hiladas en mojado, que a su vez conduce a una mayor C_{su} (Fig. 5).

Azul Astrazon FRR

Fibra	S	Oferta de colorante, en relación al peso del material (%)	Porcentaje de colorante adsorbido superficialmente, en relación a la oferta	Velocidad relativa de tintura
Dralon	7,9	0,10	46	1
Exlan DK	8,0	0,10	78	4-5

ADSORBCIÓN SUPERFICIAL (C_{su}) DE COLORANTE ASTRAZON SOBRE DIFERENTES FIBRAS POLIACRÍLICAS.
(T=80°C, RELACIÓN DEL BAÑO 1:20; 3% ÁCIDO ACÉTICO AL 30%)

Fig. 5

La tabla anterior da una idea sobre la magnitud de las concentraciones del colorante sobre la superficie, como también sobre las diferencias que pueden presentarse con las diferentes fibras.

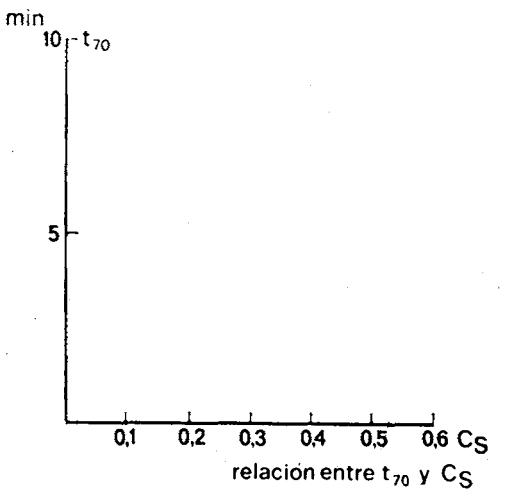
Por otro lado, C_{su} para una fibra determinada y *un* colorante básico determinado, depende también del contenido electrolítico del agua, de la presencia de retardantes catiónicos, como de la presencia de otros colorantes básicos. Sobre todo, este último hecho aclara el fenómeno frecuentemente observado en la práctica, de que la velocidad de fijación de un colorante en las mezclas es totalmente distinta a la del colorante aplicado solo.

Es fácil imaginarse esquemáticamente, que la zona limitada de la superficie de la fibra ha de repartirse, por ejemplo, entre las moléculas de dos clases distintas de colorante. Cada uno de estos dos colorantes tiene, por lo tanto, menos lugar a su disposición, en comparación a cuando es aplicado solo. La C_{su} y con ello la velocidad de fijación absoluta de cada colorante es, pues, en una combinación, más baja que aquélla cuando el colorante es aplicado solo. Es decir, con otras palabras: un colorante básico actúa sobre el otro como si fuera un retardante.

Es muy probable, aunque no del todo claro, que la afinidad de los colorantes depende de la C_{su}. Esta hipótesis es apoyada por la observación, según la cual los colorantes de elevada afinidad para con la fibra son poco influidos por los colorantes acompañantes (o por los retardantes). Todo ello se complica mucho por el hecho de que, con toda seguridad, la afinidad también influye sobre el segundo factor determinante de la velocidad, a saber, el coeficiente de difusión, y ello en forma recíproca. Cuanto mayor es la afinidad, tanto menor es la velocidad de difusión. Todavía no conocemos cual es la relación exacta entre la afinidad y la velocidad de tintura, aunque sí podemos afirmar con certeza que los colorantes de elevada afinidad son poco influenciables en su comportamiento de fijación y que, por otra parte, influyen fuertemente a otros colorantes, es decir los retardan.

Para poder caracterizar el comportamiento de fijación y la posibilidad de combinación de los colorantes, Beckmann empleó hace tiempo dos magnitudes características: t_{70} *(0,5)* y el *parámetro de mezcla* p/t_{70} (0,5) representa el tiempo en que se fija sobre la fibra un setenta por ciento de la cantidad de colorante aplicada en una concentración de baño que representa a la mitad de la cantidad de saturación de dicho colorante.

Esto se comprende fácilmente mediante una representación gráfica (Fig. 6) es la que se observa la dependencia de t_{70} de la concentración C_s que es referida a la concentración de saturación.



Colorante de baja velocidad
Colorante de alta velocidad

Fig. 6

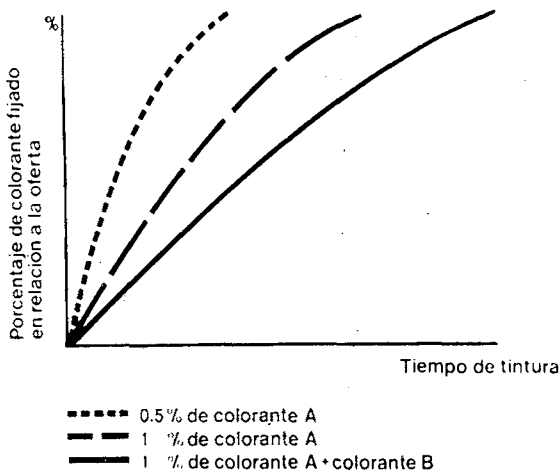
Para los colorantes de fijación rápida, este tiempo hasta el setenta por ciento de agotamiento del baño es corto, es decir la curva asciende lentamente, mientras que para los colorantes de fijación lenta, la curva asciende más rápidamente.

Para mayor facilidad, 0,5 puede utilizarse como índole de un colorante el t_{70} a veces la concentración de saturación, es decir, t_{70} (0,5).

Cuanto mayor es este número, tanto más lentamente se fija el colorante. Esta magnitud debiera ser inversamente proporcional a los coeficientes de difusión, y aporta para el estudio de la velocidad de tintura la parte que está relacionada con el coeficiente de difusión.

Pero, como ya hemos visto, para apreciar la posibilidad de combinación de los colorantes básicos, no basta con conocer la velocidad de fijación o las curvas

$t_{70} - C_s$ de los colorantes que participan, sino que se necesita una magnitud que nos indique la influencia causada por los colorantes acompañantes. Precisamente esta magnitud es el parámetro de mezcla «p» introducido por Beckmann (Fig. 7). En la gráfica que aquí mostramos, se ha representado el agotamiento del baño de tintura en función del tiempo (para una determinada temperatura). Se trata, por consiguiente, de una representación de la velocidad *relativa* de tintura, es decir, de la velocidad referida a la concentración de colorante en el faño. Como es



$$C_{SA}(Mix) = C_{SA} + \frac{P_A}{P_B} \cdot C_{SB}$$

VELOCIDAD RELATIVA DE TINTURA

Fig. 7

sabido, esta velocidad relativa depende en alto grado de la concentración en el baño de tintura. Al aumentar la concentración, las curvas ascienden más lentamente. El efecto retardante de un colorante acompañante B sobre un colorante A se manifiesta, por consiguiente, en un ascenso más lento de la curva de fijación para A, exactamente como si A se encontrase en mayor concentración. Esta concentración C_{CSmix}, sin embargo, no puede representarse como suma de las concentraciones aparentes C_{SA} y C_{SB}, sino que obedece a la igualdad:

$$C_{SAmix} = C_{SA} + \left(\frac{P_A}{P_B} \times C_{SB}\right)$$

en la que siempre se aplicaron las concentraciones referidas al valor de saturación.

Los parámetros de mezcla P_A y P_B suministran por lo tanto, información sobre el grado en que la concentración aparente de colorante A, fundamental para el agotamiento del baño, es aumentada por la presencia de colorante B. Si los parámetros de mezcla de ambos colorantes son iguales, la concentración de mezcla se calcula sumando ambas concentraciones aisladas. Los colorantes que en combinación se comportan de modo parecido tienen, por lo tanto, iguales parámetros de mezcla.

Mientras que el referido valor t_{70} (0,5) se encuentra en relación directa con el coeficiente de difusión, los parámetros de mezcla contienen la afinidad de los colorantes como componente esencial. Con ello se ha llegado, tanto experimental-

mente como por vía de cálculo, a magnitudes que contienen en sí a las dos magnitudes esenciales para la velocidad del proceso de tintura, o sea, la afinidad y el coeficiente de difusión.

IV. Aplicaciones prácticas

Las experiencias recogidas tienen diversas aplicaciones. Para nosotros como fabricantes de fibras y colorantes, es de indiscutible importancia conocer lo mejor posible todas estas condiciones, a fin de poder adaptar a las mismas la composición de nuestros productos y para poder dar a nuestra clientela las recomendaciones correctas. Para el práctico, es decir para el tintorero textil, que exige de parte de las casas de colorantes informaciones más amplias a las ofrecidas en los muestrarios, estos resultados serán en todo caso de interés. Yo creo, sin embargo, que se dejan resumir unas cuantas relaciones sencillas, las cuales son rápidamente aplicables por el práctico, y que proporcionan, a su vez, indicaciones valiosas. Es lo que voy a tratar ahora de hacer como punto final de mi disertación.

Conociendo el valor de saturación «s» de una fibra y el factor «f» de un colorante básico, se calcula la concentración de saturación C_s del colorante según la fórmula

$$\frac{S}{f} = C_s$$

En el caso de una combinación de tres colorantes a, b y c, sólo es posible el total agotamiento del baño, cuando la suma de los productos

$$C_1 \times f_1 + C_2 \times f_2 + C_3 \times f_3$$

es menor que el valor de saturación de la fibra. Por consiguiente, la condición para un agotamiento total en el estado de equilibrio es:

$$\sum C \times f < S$$

Cuando la suma de este producto es mayor que el valor de saturación, el lugar disponible en la fibra se reparte entre los diferentes colorantes, conforme a sus afinidades relativas, es decir, que el colorante de mayor afinidad relativa se fija con mayor fuerza que el de afinidad más baja, es decir que «bloquea» a este último. Este fenómeno se manifiesta de modo particularmente desagradable cuando se desea matizar una fibra bastante saturada con un colorante de matizado de afinidad relativamente baja. En tal caso, se constata que el matizado que se desea obtener no es alcanzado, o lo es sólo en baños de concentración elevadísima.

Aquí es conveniente recurrir a los servicios de la tabla de afinidades relativas. Otro tanto sucede cuando se desea saber algo sobre el comportamiento de migración. Por ser la afinidad inversamente proporcional al poder de migración, basta con seleccionar colorantes de baja afinidad cuando se necesita un buen comportamiento de migración, como es el caso, por ejemplo, en la tintura de matices claros, sobre todo cuando se tiñe y se encoge materiales «high bulk» a un solo baño.

Para obtener información sobre la velocidad de fijación de un colorante en aplicación sola, se prestan los valores t_{70} (0,5). Estos valores indican el tiempo en que el baño de tintura se agota hasta el 70 por ciento, cuando se parte de la mitad de la concentración de saturación. Si estos valores son grandes, se trata de un colorante de fijación lenta, y si son pequeños, de un colorante de fijación rápida.

Como ya hemos visto, las condiciones que rigen en las combinaciones son algo distintas a las que se presentan cuando los colorantes son aplicados solos. Dicho en forma concreta, el agotamiento del baño para un colorante es retrasado por la presencia de otros colorantes. El parámetro de mezcla «p» indica el grado en que un colorante es influenciado por otros colorantes y por el retardante. En último término, la afinidad está integrada en el parámetro de mezcla, y ustedes pueden recurrir también aquí a la tabla de las afinidades relativas (Fig. 8). Los colorantes de fuerte afinidad son poco influidos en su velocidad de fijación por los colorantes acompañantes. Para poder saber si los colorantes se dejan combinar bien, deberán conocerse los valores t_{70} (0,5) y los parámetros de mezcla. Si los colorantes coinciden bastante en ambos valores, es señal de que se dejan combinar bien entre sí, en todas las relaciones de concentración.

Colorantes Astrazon	Ar	M	$t_{70(0,5)}$	P	K
Amarillo 7GLL	0,64	0,12	20	0,54	2
Amarillo oro RR	3,0	0,04	16	0,25	1
Anaranjado 3RL	5,2	0,04	21	0,15	1
Rojo F3BL	0,09	0,64	6	0,90	5
Rojo 5BL	0,43	0,14	21	0,78	2,5
Azul 5RL	2,0	0,05	11	0,40	1
Azul F2R	2,0	0,06	10	0,25	1
Azul FGL	0,25	0,17	22	0,55	5
Azul BG	0,30	0,23	11	0,76	3,5
Azul 5GL	1,5	0,04	29	0,40	2

PROPIEDADES DE LOS COLORANTES ASTRAZON EN LA TINTURA SOBRE DRALON

Fig. 8

La velocidad de fijación de tales combinaciones depende solamente de la cantidad total del colorante y del retardante, y no de la proporción de la mezcla entre los colorantes. La velocidad de fijación para estas combinaciones puede ser calculada más o menos con ayuda de los datos sobre los colorantes y las fibras. Este cálculo es, sin embargo, en la mayoría de los casos muy complicado y más bien innecesario.

Nosotros hemos agrupado los colorantes Astrazon según la posibilidad de combinación, de acuerdo a los criterios anteriormente hechos, en cinco grupos: K-1 hasta K-5. Los colorantes de un mismo grupo se pueden combinar entre sí. Mientras más grande es la diferencia entre los valores «K», tanto más se diferencian las velocidades de fijación de los colorantes combinados, en donde el colorante con el índice «K» más elevado se fija con más lentitud sobre la fibra.

Estos pocos datos sobre las relaciones que existen entre las constantes físicas y los procesos que interesan al tintorero, nos sirven ya para mucho. El número de ejemplos podría, asimismo, multiplicarse considerablemente. No obstante, confío en que, con esta breve ojeada a nuestros trabajos de investigación sobre las leyes que presiden la tintura de fibra acrílica, ustedes dispondrán ya de suficiente materia para, tal vez, resolver en muchos casos los problemas que se les presenten o para explicarse algunos fenómenos que ya conocen de la práctica.