

Cuestiones de actualidad en el terreno de los acabados permanentes

por el Dr. R. ZEIDLER

II. PARTE

Relaciones entre el efecto wash-and-wear y la resistencia al uso de los textiles de algodón.

La industria textil está muy interesada en el conocimiento de estas relaciones, pues al planificar nuevos artículos desea hallar su realización óptima en la práctica. El resultado óptimo se consigue cuando el efecto «wash-and-wear» se aproxima lo más posible a las condiciones exigidas, sin que la resistencia a la tracción caiga por debajo de un determinado límite. Este límite está condicionado por la duración mínima que ha de presentar el tejido para que pueda competir en el mercado.

El caso ideal se daría si fuera posible mejorar la recuperación al arrugado del algodón sin disminuir su resistencia o alterar negativamente su tacto. Sin embargo, en las investigaciones efectuadas hasta ahora, hemos podido observar que durante un acabado normal las propiedades mecánicas del producto aplicado no se suman a las del algodón, sino que en la celulosa altamente polimerizada se fija por reticulación un determinado estado, que en cuanto a su recuperación al arrugado es favorable y, en cuanto a la resistencia a la tracción, desfavorable. Este estado es muy semejante al del algodón muy seco. Por lo tanto, el problema no se concentra en la búsqueda de un acabado sin pérdida de resistencia, sino en hallar las pérdidas mínimas, sus posibilidades de control y de cálculo anticipado.

El aumento de la recuperación al arrugado no sólo está ligado a una disminución de la resistencia a la tracción, sino también a una disminución de la resistencia a la abrasión, que en muchos casos se manifiesta claramente, y en algunos incluso más que la pérdida de la resistencia a la tracción, en una disminución de los valores determinados de la resistencia al uso del algodón.

Nuestras experiencias permiten reconocer como tendencia general la disminución de la resistencia a la abrasión al aumentar la recuperación al arrugado. Sin embargo también pueden influir en gran manera otros factores, como por ejemplo

- alargamiento a la rotura (en seco y en húmedo)
- flexibilidad («compliance ratio»)
- tensión interna
- resistencia al deslizamiento, resistencia al desgarró general y en particular de las costuras

* Conferencia pronunciada en el mes de Noviembre de 1963 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (Sección Textil) de Tarrasa.

- distribución del agente de acabado en la fibra y en el corte transversal del hilo
- cantidad, tipo y distribución de los aditivos dentro y sobre la fibra.

Todavía no ha sido posible establecer una función de validez universal, que defina la dependencia existente entre la resistencia a la abrasión y estos factores, como lo ha sido para la resistencia a la tracción.

El técnico conoce estas relaciones por su experiencia práctica. Aquí queremos profundizar algo más en estas relaciones, valiéndonos en primer lugar de la Ley general de la reticulación del algodón, que puede enunciarse como sigue:

A una mejora de la recuperación al arrugado en seco o en húmedo de un tejido, por reticulación del algodón, corresponde una pérdida temporal definida de la resistencia. Por reticulación del algodón se entiende la reacción de éste distribuida más o menos uniformemente sobre todo el corte transversal de la fibra, con compuestos reactivos de bajo peso molecular, generalmente soluble en agua. Estos compuestos unen las cadenas de celulosa mecánicamente, por formación de resinas, o estableciendo puentes de valencia-covalente, por ejemplo, agentes reticulantes exentos de resina y tipos reactantes.

La pérdida de resistencia temporal es únicamente la pérdida de resistencia debida a la reticulación o la condicionada por la fijación de un determinado estado de la celulosa. En muchos casos es acompañada de una degradación de la celulosa, lo que conduce a una pérdida permanente de resistencia.

Junto a esta ley general es válida todavía otra segunda ley especial de la reticulación.

A una determinada recuperación al arrugado en seco y en húmedo, la pérdida de resistencia temporal causada por la reticulación es independiente del agente reticulante y del procedimiento empleado, o, expresado de otro modo:

Un grado de reticulación determinado conduce a una determinada pérdida de resistencia, independientemente del producto empleado. Por naturaleza existen apreciables diferencias entre los distintos agentes reticulantes y procedimientos en cuanto a las dificultades prácticas y la reproducción de los resultados. Los tejidos acabados muestran también apreciable diferencias en la resistencia al lavado, al cloro, solidez a la luz, tacto, etc. Los ángulos de arrugado, además de depender del grado de reticulación, varían según el grado de hinchamiento de la celulosa y de fijación de éste estado, como indicaremos más abajo.

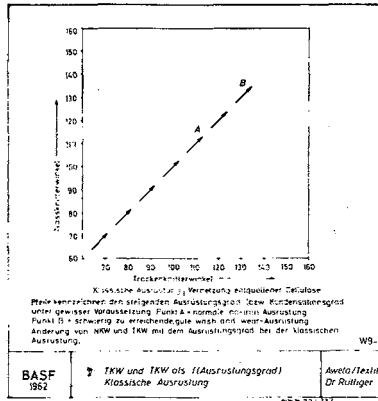
Los tipos de pérdida de resistencia que pueden presentarse durante el acabado son de naturaleza temporal y permanente. La pérdida temporal es debida solamente a la reticulación de la celulosa, como es fácil de demostrar, pues es sabido que al desmontar los acabados se recupera aproximadamente la resistencia inicial. Simultáneamente tiene también lugar una pérdida irreversible de resistencia, la llamada degradación permanente, designada también muchas veces como pérdida o daño por catalizador o ácido, que no puede anularse la ningún modo. Esta degradación permanente se reconoce, por ejemplo, por la disminución del grado medio de polimerización del algodón. Este grado de polimerización se determina generalmente por el método Cuoxam, en el cual es necesario eliminar cuidadosamente el agente de apresto. En el nuevo método del nitrato desarrollado por Agster, no hace falta efectuar el desmontado. El ácido de nitración empleado casi siempre es suficiente para romper los enlaces químicos del agente reticulante.

Si se emplean adecuadamente buenos agentes de acabado no son de temer daños permanentes o, a lo máximo, daños muy pequeños, presentándose única-

mente la pérdida de resistencia temporal paralela a la recuperación al arrugado.

Seguidamente queremos tratar de las aplicaciones de las leyes de reticulación en los distintos procesos de acabado.

En primer lugar, estudiaremos la relación que existe entre la recuperación al arrugado en seco y las pérdidas de resistencia en el acabado clásico. En este proceso, el tejido se impregna con un agente reticulante (formador de resinas o reactivos) y un agente capaz de desprender ácido, se seca y se condensa. Por lo tanto, la reticulación tiene lugar en el tejido seco sin hinchar, elevándose el ángulo de recuperación al arrugado en seco con cantidades de substancia y grado de condensación crecientes. Casi paralelamente al ángulo de arrugado en seco aumenta también el ángulo de arrugado en húmedo.



Representación de los ángulos de arrugado en seco y en húmedo en funciones del grado de acabado. Acabado clásico

Del procedimiento de medida depende el que los ángulos de arrugado en seco y en húmedo sean iguales. Midiendo los ángulos de arrugado en seco según la norma DIN y los del arrugado en húmedo según Tootal, los últimos son algo menores. También es posible que con las distintas variantes del método Tootal se midan valores más elevados para el ángulo de arrugado en húmedo. A la misma causa se debe que valorando de acuerdo a las gráficas del «test» Monsanto, los valores «Drip-Dry» sean ligeramente superiores a los valores «Spin-Dry». Este tipo de acabado se ha introducido muy bien en la práctica, disponiendo cada taller de acabados de alta calidad de las máquinas correspondientes.

Para poder calcular anticipadamente, dentro de ciertos límites, o controlar las pérdidas de resistencia debidas al acabado clásico, se han propuesto varias fórmulas, por ejemplo, la de Nestelberger o la de Aenishaenslin, que pueden aplicarse para ciertos tejidos en zonas relativamente limitadas. Sin embargo, ha resultado muy difícil adaptar estas fórmulas a otras condiciones locales.

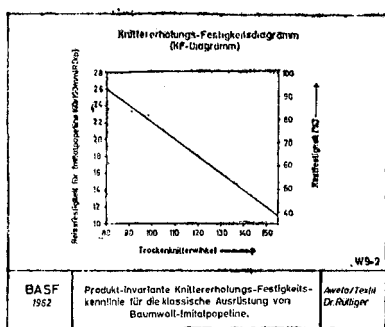
Nuestras experiencias han demostrado que la validez de las relaciones debidas a las leyes de reticulación puede establecerse gráficamente con relativa facilidad para una zona bastante amplia. Para ello hemos empleado un método gráfico, que ha dado buenos resultados tanto en el laboratorio como en la práctica.

En las abscisas se representan los ángulos de arrugado en seco y en las ordenadas, la resistencia a la tracción. Por mediciones de varios millares de tejidos, ha sido posible obtener una serie de puntos relativamente próximos, a través de los cuales hemos trazado una línea, que prácticamente resulta ser una recta. Especialmente en los tejidos imitación de popelín, examinados por nosotros, puede

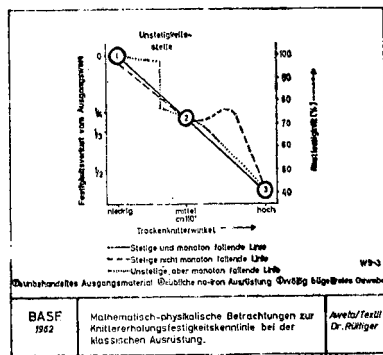
establecerse una regla según la cual es fácil determinar la pendiente de la recta: A una variación del ángulo de arrugado de 10° corresponde una variación de la resistencia de 7 %, aproximadamente. Los porcentajes se refieren al tejido original.

La seguridad de estos datos depende en gran escala de la dispersión de los errores de medición y de la regularidad de las propiedades dentro de una zona del tejido. La exactitud de las medidas, en el caso de la resistencia a la tracción, es muy grande. En general, los errores son mucho menores que la dispersión de la resistencia en el tejido mismo, debido principalmente a las siguientes causas:

Oscilaciones de la resistencia de los hilados, de la densidad de los hilos y del tisaje, diferente degradación de la celulosa durante el blanqueo, variación del acabado a lo largo y a lo ancho del tejido, oscilaciones de los daños permanentes, etc. Para los ángulos de arrugado, en cambio, se obtienen mediciones mucho menos exactas, de modo que en la práctica se aceptan aún variaciones del ángulo de arrugado de $5 - 10^\circ$.



Recta en función de la resistencia a la tracción y el ángulo de recuperación o arrugado —independiente del producto de acabado—, correspondiente al acabado clásico de una imitación de popelín de algodón



Análisis matemático-físico de la recta presentada en el diagrama del ángulo de recuperación y la resistencia a la tracción correspondiente. Válido para un acabado clásico

Como puede verse claramente en la gráfica, no existen productos «milagrosos». Los nuevos procedimientos que prometen una mejor resistencia mecánica, llevan necesariamente consigo peores ángulos de arrugado y viceversa.

La validez de la ley de reticulación se extiende de los tejidos sin acabar, pasando por los de acabados medio, por ejemplo los artículos «no-iron» en los que se cuentan con pérdidas de resistencia de 25 a 30 %, hasta los tejidos sometidos a un acabado intenso, como son los acabados que no «necesitan plancha», en los cuales se cuenta con una pérdida de resistencia del 50 %. Como se ve, la curva es constante y monótonamente decreciente.

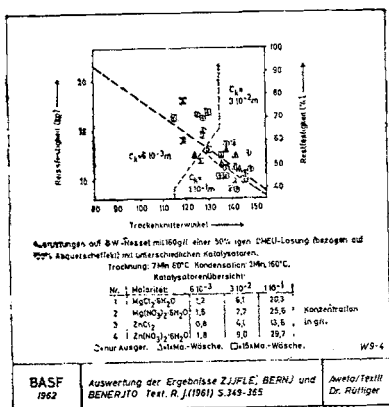
Por lo tanto no existe una zona de acabado privilegiada, en la cual no disminuya correspondientemente la resistencia al aumentar los ángulos de arrugado.

El siguiente diagrama muestra los resultados de los trabajos de Ziifle, Berni y Benerito, demostrando la validez de las leyes.

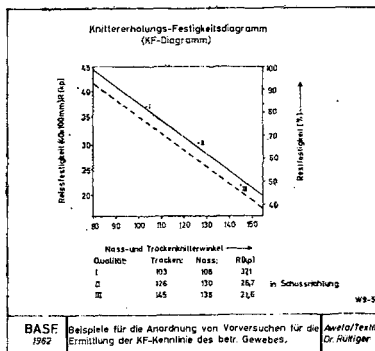
Es interesante observar que de acuerdo con la ley reticulación, no existen diferencias entre los diversos catalizadores empleados por estos autores. Queremos indicar todavía que la inclinación de esta línea característica «resistencia-ángulo de arrugado» depende de las condiciones de trabajo y del tipo de tejido.

Al práctico le interesa, en primer lugar, como puede obtener esta recta sin mucho trabajo. Para ello es necesario efectuar, como mínimo, sobre el mismo tejido dos acabados distintos que se diferencien entre sí por el grado de acabado (variación de la cantidad de producto y catalizador). De estas dos muestras se determi-

nan muy cuidadosamente el ángulo de arrugado y la resistencia a la tracción, llevándose los valores a un esquema, tal como veremos a continuación.



Interpretación de los resultados obtenidos por Ziifle, Berni y Benerito (Textilrundschau 1961, págs. 349-365)



Ejemplos de representación gráfica de ensayos previos para determinar la recta o línea característica «resistencia a la tracción - ángulo de arrugado» de un tejido

Dada la dispersión o fluctuación de los valores y la imposibilidad de trabajar con exactitud estadística con dos mediciones, es conveniente trazar una paralela a la recta que une los dos puntos. Estas rectas representan bastante bien las desviaciones sistemáticas, que como es sabido difieren de una fábrica a otra. Para poder determinar con mayor exactitud la primera línea, es necesario efectuar otros ensayos, variando las cantidades de agente de acabado y de catalizador, así como las condiciones de condensación. De este modo se obtienen otros valores, con los cuales es posible corregir la recta trazada en primer lugar tanto en su posición como dirección. Se obtiene así una línea característica resistencia-ángulo de arrugado de la cual puede deducirse inmediatamente la resistencia correspondiente a cualquier grado o intensidad de acabado.

La línea característica resistencia-ángulo de arrugado presta también muy buenos servicios durante los trabajos de rutina. Tan pronto como la posición de la línea característica esté asegurada por unas 200 medidas exactas, pueden considerarse como errores de medida todos los puntos que se desvíen apreciablemente de ella. Únicamente los puntos que se hallan por debajo de la línea pueden representar daños permanentes.

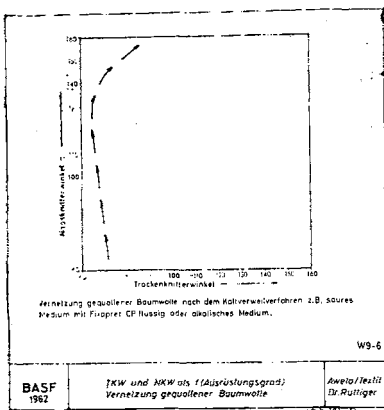
A continuación queremos tratar de la reticulación de la celulosa en estado hinchado y los efectos que se obtienen en este caso. La celulosa en estado seco ocupa menos espacio y presenta otras propiedades mecánicas que en estado húmedo o hinchada. Como agentes hinchantes, de acción catalítica simultánea, se han acreditado en la práctica el hidróxido sódico y los ácidos minerales fuertes, por ejemplo ácido clorhídrico. Muchos técnicos son de la opinión equivocada de que la reticulación con álcalis como catalizadores, conduce a daños menores que empleando ácidos especialmente si se trata del extendido procedimiento de reposo en frío durante varias horas. No obstante, según nuestras experiencias resulta, que empleando ácidos como agentes de acción hinchantes y catalítica junto a un compuesto N-metilólico, como es el Fixapret CP líquido, disminuye muy poco la resistencia. Este procedimiento es muy interesante en especial porque se evitan los olores desagradables que ocasionan las concentraciones elevadas de formaldehído. Con los demás agentes reticulantes ensayados por nosotros hasta ahora, la reacción tiene lugar con demasiada lentitud, lo que conduce a un daño perma-

nente de la fibra. En otros casos puede hacer falta una reticulación local excesiva para conseguir un determinado ángulo de arrugado en húmedo, lo que igualmente puede conducir a una pérdida innecesaria de resistencia. Como estos acabados se efectúan en un baño homogéneo de una sola fase, no es de esperar que se formen irregularidades distribuidas de modo puntiforme sobre el tejido.

Hasta ahora sólo nos ha sido posible obtener bajo condiciones de laboratorio extremas aproximadamente los mismos valores con álcalis como agente hinchante y catalizador, que al reticular con Fixapret CP líquido en medio ácido. Los productos más adecuados en este caso, epíclorhidrina y dicloropropanol, son muy reactivos y no sólo reticulan la celulosa, sino que también la hidrolizan, aproximadamente la mitad, por el hidróxido sódico que se halla sobre el tejido. Por esta razón se trabaja en baños extremadamente cortos. Simultáneamente tienen lugar otras reacciones secundarias, de manera que, por ejemplo, un material de algodón reticulado de este modo puede teñirse con colorantes para acetato. Sin embargo, en la práctica las pérdidas de resistencia son también relativamente grandes al trabajar de esta manera.

Tratados según estos dos procedimientos, los tejidos presentan buenos ángulos de arrugado en húmedo y ángulo de arrugado en seco muy bajos.

Además, los tejidos pueden teñirse fácilmente y admiten igualmente muy bien los blanqueadores ópticos del baño de lavado. El poder de retención del agua (hinchamiento) es aproximadamente el mismo que el del material de partida, de manera que estos tejidos son agradables de llevar en tiempo caluroso, pero se arrugan con rapidez.



Ángulo de arrugado en seco y en húmedo en función del grado de acabado. Reticulación en el algodón hinchado

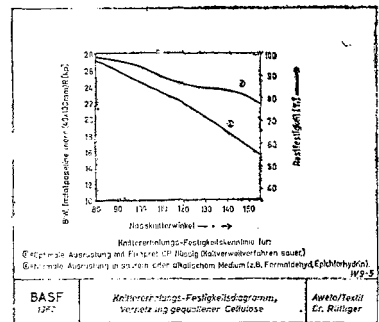


Diagrama correspondiente al ángulo de recuperación o arrugado y la resistencia a la tracción correspondiente. Reticulación en celulosa hinchada

Los tejidos sólo resultan completamente lisos si se mojan a fondo otra vez antes de que se sequen y se alisan con la mano los pliegues más marcados. Cuando los tejidos se centrifugan (Spin-Dry), una vez secos conservan una parte de las arrugas producidas en la centrifuga.

Nuestros trabajos se han extendido también a estudiar la línea característica de resistencia-ángulo de arrugado de la celulosa reticulada en estado hinchado.

En el diagrama correspondiente se han trazado dos líneas características, representando la línea superior aproximadamente el grado óptimo que es posible alcanzar con la técnica actual. La segunda línea reproduce los valores de la reticulación en húmedo, que se obtienen cuando se trabaja según los procedimientos corrientes en la práctica, independientemente de si se emplean agentes

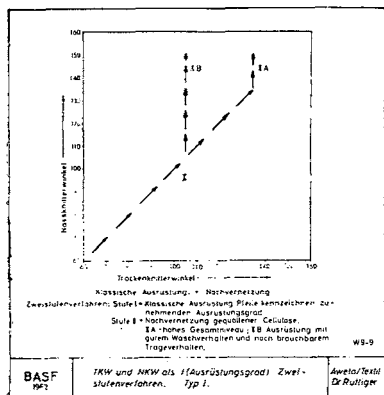
hinchantes ácidos o alcalinos. No es posible determinar con exactitud si existe una verdadera relación entre los efectos y el tipo o constitución del agente de reticulación, pues puede ser que durante la reticulación en medio ácido no se dañe la fibra a causa de la velocidad de reacción relativamente elevada del Fixapret CP líquido. Tampoco se puede determinar si en medio alcalino la reticulación, fuertemente exotérmica, (por ej.: hidrólisis de epíclorhidrina) tiene lugar en zonas relativamente limitadas de la fibra y que estas zonas sean precisamente los puntos más débiles de la cadena al determinar la resistencia.

Para la determinación de la línea características se precisa una serie de puntos, que se consiguen del modo más sencillo dejando actuar los reactivos arriba citados sobre la celulosa en estado de la menor tensión posible, variando el período de reacción, por ejemplo, entre 5 y 60 minutos. A continuación se mide la resistencia a la tracción y el ángulo de arrugado en húmedo, obteniéndose sobre el diagrama una serie de puntos que se pueden unir mediante una línea.

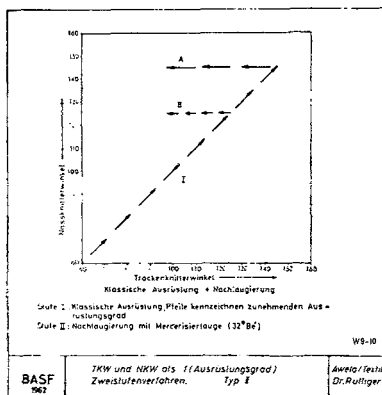
En la mayoría de los casos, los clientes rechazan los tejidos que se arrugan mucho al usarlos, de modo que el fabricante está obligado a volver a usar los sistemas de acabado clásicos o mejor el ángulo de arrugado en seco en un segundo proceso de trabajo. A continuación estudiaremos con más detalle estas relaciones.

Hasta ahora hemos discutido dos situaciones extremas: Primero, los tejidos que se reticulan según los procedimientos clásicos en estado seco y que presentan más o menos los mismos ángulos de arrugado en seco que en húmedo, y en segundo lugar, los tejidos que se reticulan en estado húmedo y cuyos ángulos de arrugado en húmedo son buenos mientras que los ángulos de arrugado en seco son bajos.

Son importantes para la industria textil los procedimientos que permiten obtener ángulos de arrugado en húmedo relativamente grandes y elevar el ángulo de arrugado en seco sólo en la medida de que lo exige el uso del artículo, mejorando así su aspecto y consiguiendo que el tejido una vez seco quede completamente liso, aun después de centrifugarlo. Los procedimientos más corrientes y a la vez más seguros son los procesos a dos fases, en los cuales se efectúa primeramente el acabado clásico y después se hincha, reticulándose eventualmente en forma posterior o a la inversa. Durante el acabado clásico puede influirse además sobre la relación entre el ángulo de arrugado en seco y en húmedo, añadiendo sustancias reguladoras del hinchamiento, ajustando la humedad del aire durante la condensación y mediante un tratamiento posterior con álcalis, de modo que no haga falta trabajar en dos fases, sistema mucho más complicado.



Ángulos de arrugado en seco y en húmedo en función del grado de acabado. Procedimiento en dos fases. Tipo I



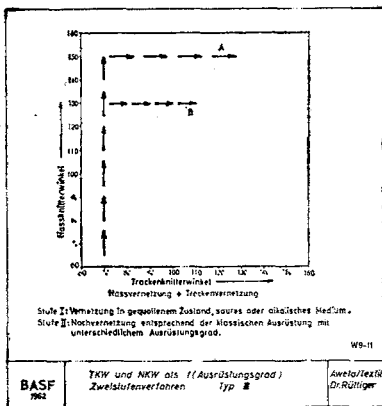
Ángulos de arrugado en seco y en húmedo en función del grado de acabado. Procedimiento en dos fases. Tipo II

En las siguientes figuras hemos caracterizado algunos procedimientos en dos fases empleados en la actualidad, clasificándolos según el resultado del acabado obtenido.

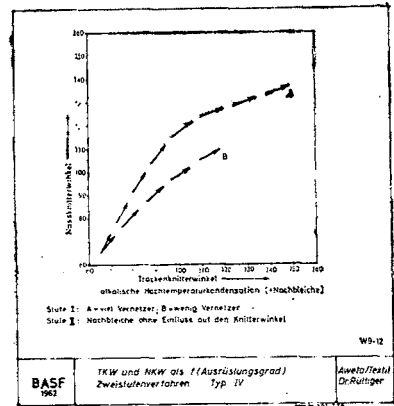
Citemos en primer lugar el tipo I, procedimiento en el cual se regula el ángulo de arrugado en seco, eligiendo adecuadamente compuestos N-metilólicos. En una segunda etapa se hincha la celulosa, ya reticulada inicialmente en la primera, y se reticula otra vez en este estado. Para ello se emplea generalmente una base fuerte (hidróxido sódico) como agente hinchante y catalizador de la reacción con la celulosa. Se trabaja de este modo en los procedimientos Belfast y Teb-X-Cel.

En el segundo tipo se obtienen primeramente ángulos de arrugado en seco y en húmedo suficientemente elevados mediante un acabado clásico. En una segunda etapa se reduce otra vez el ángulo de arrugado en seco, de modo que no sea inferior a 110-90°C., manteniéndose el elevado ángulo de arrugado en húmedo. Esto es fácil de conseguir mediante un tratamiento alcalino.

Otro procedimiento de dos fases consiste en reticular primero la celulosa hinchada, obteniéndose así ángulos de arrugado en húmedo bastante elevados, y mejorar el ángulo de arrugado en seco, según el método clásico, en una segunda etapa. También en este caso puede regularse bastante bien la recuperación al arrugado de tejidos secos y húmedos dentro de ciertos límites, eligiendo adecuadamente el grado de reticulación correspondiente a cada fase.



Ángulos de arrugado en seco y en húmedo en función del grado de acabado. Procedimiento en dos fases. Tipo III

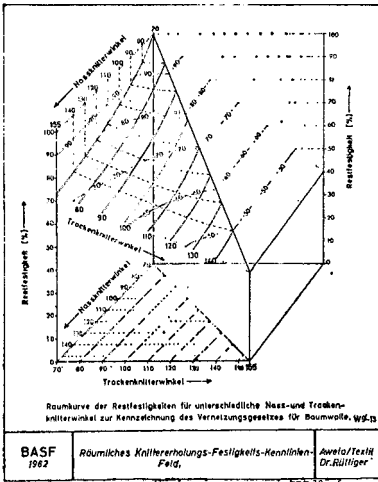


Ángulos de arrugado en seco y en húmedo en función del grado de acabado. Procedimiento en dos fases. Tipo IV

Los procedimientos del siguiente tipo no se incluyen necesariamente entre los sistemas a dos fases, pues en ellos se obtiene la relación deseada de ángulos de arrugado en seco y en húmedo ya en la primera etapa. Se trata aquí de una reticulación con dimetilolacetona o dihidroxiethylsulfona, que para su reacción con la celulosa necesitan catalizadores alcalinos y temperaturas relativamente elevadas. Paralelamente a la reticulación de la celulosa se presenta un amarilleamiento, que hay que eliminar en la segunda fase mediante un blanqueo. Se representan aquí los ángulos de arrugado en seco y en húmedo que se obtienen con cantidades variables de producto y condiciones de condensación distintas.

En los procedimientos de acabado modernos descritos hasta ahora, los ángulos de arrugado en húmedo y en seco tienen el mismo valor sólo en casos excepcionales, de modo que las pérdidas de resistencia se tienen que representar para cada conjunto de ángulos de arrugado en húmedo y en seco. Para demostrar la varia-

ción de la resistencia a la tracción, tanto en función del ángulo de arrugado en seco como en función del ángulo de arrugado en húmedo, es necesario recurrir a la representación espacial. La representación tridimensional de la curva se obtiene del modo siguiente: algunas muestras de tejido hinchado se reticulan durante tiempos diferentes, de manera que los ángulos de arrugado en húmedo difieran 10° entre sí. A continuación se reticulan otra vez los mismos tejidos con cantidades crecientes de productos según el procedimiento clásico, obteniéndose entonces tejidos con ángulos de arrugado en húmedo bastante semejantes, mientras que los ángulos de arrugado en seco aumenta claramente. Si para cada tejido de original partida, es decir, a ángulos de arrugado en húmedo constante, se traza la línea característica del ángulo de arrugado en seco y se recortan estas curvas y se superponen en posición vertical se obtiene la siguiente gráfica espacial.



Representación gráfica espacial del campo de líneas trazadas en función del ángulo de arrugado y la resistencia a la tracción correspondiente

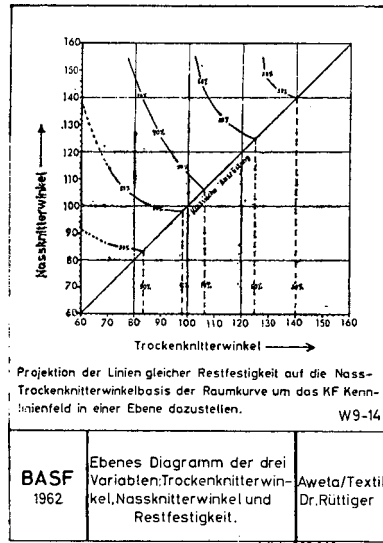


Diagrama que representa en un solo plano las tres variables (ángulo de arrugado en seco, ángulo de arrugado en húmedo y resistencia a la tracción)

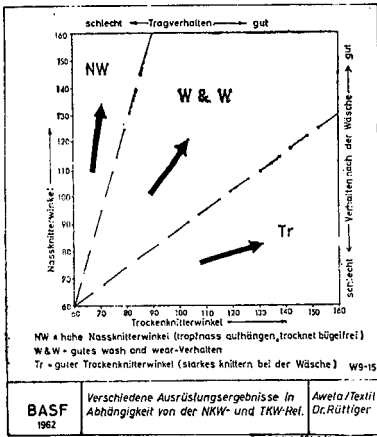
También es posible considerar la gráfica espacial como una superficie plana en la cual las coordenadas están curvadas.

Igualmente puede reproducirse la dependencia entre las tres magnitudes, ángulo de arrugado en seco, ángulo de arrugado en húmedo y la resistencia a la tracción, por haces de curvas en un sistema de coordenadas rectangular. De acuerdo a los diagramas sencillos de resistencia y recuperación al arrugado, el diagrama tridimensional depende también del tejido, de modo que la forma de la curva es característica para el algodón, pudiéndose sin embargo desplazar algo la posición de los distintos valores.

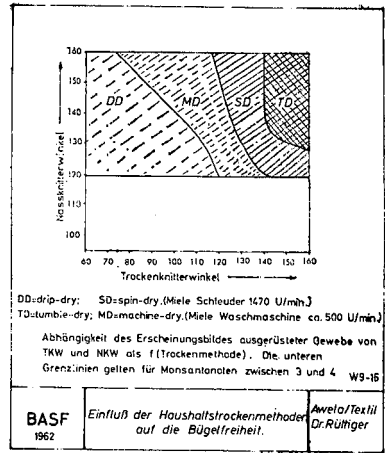
¿Qué conclusiones prácticas podemos obtener analizando estas curvas? Se pueden diferenciar tres zonas que no muestran límites bien definidos.

Analicemos en primer lugar la zona del ángulo de arrugado en seco (TR). Un aumento de la recuperación al arrugado en esta zona mejora principalmente las propiedades de uso, mientras que los tejidos se arrugan mucho durante el lavado, de modo que no facilitan los trabajos del ama de casa. Dadas las exigencias actuales, este tipo de acabado no es interesante para artículos blancos de algodón, de manera que podemos prescindir de su discusión.

La zona caracterizada con WW, wash-and-wear, es la más importante para el lavado textil. Se obtienen aquí tejidos que tanto durante el uso como durante el lavado tienden a arrugarse muy poco, por lo que su aspecto es siempre muy liso. Generalmente no hace falta planchar estos tejidos.



Distintos resultados del acabado en dependencia de la relación entre el ángulo de arrugado en húmedo y el ángulo de arrugado en seco



Influencia de los métodos de secado doméstico sobre el grado de recuperación de un tejido

La tercera zona, de ángulos de arrugado en húmedo elevados (NW), caracteriza los tejidos que únicamente presentan buen comportamiento durante el lavado, es decir, tejidos que alisados en mojado, con la mano, se secan completamente libres de arrugas, sin necesidad de plancharlos. Mientras que las prendas de vestir de tejidos comprendidos en las zonas TR y W-W se alisan por acción del calor del cuerpo, si se han arrugado por cualquier circunstancia, los tejidos de la zona NW presentan arrugas ya al cabo de poco tiempo de usarlas. Por lo tanto, los tejidos de este último tipo representan exclusivamente una comodidad para el ama de casa.

Otro punto de vista del cual todavía no podemos tratar, es la instalación técnica necesaria para conseguir el aumento del ángulo de arrugado en húmedo, pues aunque el aumento deseado sea escaso generalmente se tiene que operar según un sistema a dos fases.

Una serie de técnicos no admiten la medición del ángulo de arrugado para la determinación del comportamiento wash-and-wear y se rige únicamente según la prueba gráfica Monsanto o el grado de arrugado del tejido después de lavado y secado.

El grado de arrugado del tejido depende mucho del procedimiento de secado. Seguidamente hemos intentado representar las relaciones existentes entre los ángulos de arrugado en húmedo y en seco por una parte y, por otra, las distintas condiciones de secado.

Los límites se han trazado con cierta libertad, ya que no son tan definidas, dependiendo además del tipo de tejido. Estas fronteras corresponden aproximadamente a la valoración 4 según Monsanto.

Como ya hemos indicado al principio, la ley de reticulación es independiente del producto, si se trata de agentes de bajo peso molecular. También se ha podido demostrar claramente que es independiente del tipo de procedimiento de acabado.

La resistencia a la tracción que conserva el tejido es una magnitud que depende de los ángulos de arrugado en seco y en húmedo, siendo no obstante independiente del proceso de acabado seguido. Especialmente en los procesos a 2 fases no depende de si primero se aumenta el ángulo de arrugado en seco y después se hincha y reticula posteriormente para aumentar el ángulo de arrugado en húmedo, o si se trabaja del modo inverso, siempre que el tejido no sufra daños permanentes en ninguna de las etapas.

La ley de la reticulación se puede explicar perfectamente si se consideran en conjunto la recuperación al arrugado en húmedo y en seco. Según nuestra opinión, esto no es válido solamente para los procedimientos conocidos hasta hoy sin excepción, sino también para todos los procesos futuros, en los cuales la celulosa se reticula por puentes relativamente cortos. Los nuevos procedimientos únicamente podrán aportar mejoras de estas propiedades, dependientes de los productos.

En lo expuesto hasta ahora, la celulosa se reticula siempre con pequeñas moléculas solubles en agua, en cantidades de aproximadamente 3-5 % referido a pesos moleculares. Durante estas reacciones se fijan estados de la celulosa que presenta ya por naturaleza, causa por la cual las curvas no dependen de los productos empleados. Si observamos la recuperación al arrugado en seco, veremos que se trata de una elasticificación de la celulosa fijada en estado seco y sin hinchar. El aumento de la elasticidad es del tipo de la del acero, caracterizada por la disminución del alargamiento y por la fragilidad, que se manifiesta en el algodón por las pérdidas de resistencia. Cabe preguntarse ahora, si no es posible aumentar la elasticidad en el sentido del caucho, de gran extensibilidad aun sometido a tensiones muy pequeñas. Son conocidos por todos los tejidos con recuperación al arrugado de este tipo, como por ejemplo los artículos recubiertos de caucho, impermeables, etc. Desgraciadamente se pierde en este caso el tacto textil.

La adición de látices de caucho a los baños de acabado de alta calidad no aporta mejoras (pegajosidad, poca estabilidad, poca recuperación al arrugado en cantidades pequeñas). Por esta razón se han creado copolímeros de acrilatos y compuesto N-metilólicos, que son capaces de conferir efectos que se aproximan a los deseados. En este lugar queremos llamar la atención sobre el Perapret HV. Desgraciadamente, el producto todavía no es tan perfecto que se pueda aplicar solo. Como base para una buena recuperación al arrugado es necesario elevar el ángulo de recuperación en seco con un agente reticulante de bajo peso molecular. Después puede aumentar el ángulo de arrugado en seco hasta en unos 10° sin que disminuya la resistencia a la tracción, empleando por ejemplo 40 g/l. de Perapret HV, según el tejido. Es de advertir que el Perapret HV no aumenta la elasticidad o recuperación instantánea. La máxima recuperación al arrugado se presenta sólo al cabo de un cierto tiempo, como mínimo de 5 minutos.

Otra posibilidad de aplicación consiste en sustituir una parte del reticulante de bajo peso molecular por Perapret HV en los tejidos con los que se obtendría una resistencia a la tracción demasiado pequeña con los procedimientos normales. Se consigue así mejorar la resistencia a la tracción conservando el mismo ángulo de arrugado. Sin embargo, la cantidad de Perapret HV en artículos lavables no debe aumentarse discrecionalmente, pues este producto se ablanda algo en agua a más de 70°C., por la acción hinchante del detergente, fijando así parte de la suciedad que flota en el agua. Por último indicaremos que estas dispersiones de plásticos actúan también favorablemente sobre la resistencia a la abrasión, y especialmente al desgarro de las costuras durante la confección. Nuestros esfuerzos se dirigen actualmente a mejorar todavía más este producto, que es el único que per-

mite desviar la curva característica resistencia-ángulo de arrugado hacia las zonas favorables. No obstante, queremos indicar que se trata de una materia extraordinariamente difícil, pues dado el enorme desarrollo de la técnica de copolimerización son posibles innumerables variantes, también en el aspecto coloidal, que se diferencian desde el punto de aplicación técnica.

Estas breves explicaciones han querido mostrar que en el acabado de alta calidad del algodón es válida una ley de reticulación a la cual están sometidos todos los reticulantes de bajo peso molecular y según la cual es posible calcular prácticamente, de antemano, las pérdidas de resistencia. Además, hemos expuesto las propiedades, que independientemente del agente reticulante, satisfacen las exigencias más elevadas y que pueden obtenerse con las marcas Kaurit y Fixapret.

Finalmente quisiéramos mencionar que los conocimientos aquí descritos, son el resultado de los trabajos y discusiones técnicas del grupo especializado en acabados perteneciente al Departamento de Aplicaciones Técnicas I de la BASF.

Informaciones correspondientes han sido publicadas ya en la literatura del ramo, por ejemplo, en la Revista «Melliand» para la industria textil.