-15°C においても、すべてこの領域には入らないが、8kgm/cm² 以上の完全塑性領域で使用するための温度は割合高くなつたものもあつた。(3)剪断面は切欠脆性を助長するが、ガス切断面は母材よりすぐれた特性を示した。(4)遷移温度による優劣も前の方法によるそれと一致した。(5)外国製高張力鋼と比較すると、ほぼ似た特性を示したが、優秀鋼材よりやや劣るようであつた。(6)溶接棒および溶接技術は優秀であり、溶接部の変質劣化は認められなかつた。(7)切欠感度鈍く、遷移温度の低い高張力鋼の製造においては、適量の金属 Al を残留させ AlN を生成させる必要があろう。(8)本試験に関する限り V ノッチシャルピー試験とほぼ同様の傾向を示した。

本研究は、日本材料試験協会高張力鋼材委員会の研

究の一部として行つたものである。御援助を賜つた委員各位、ならびに御協力下された各社に謝意を表する。

注：一

- 1) G. Ellinger et al., *Welding J.* p. 132-S (1947)
- 2) W. Felix, *ibid.* Feb. p. 105-S (1952)
- 3) C. Offenbauer and K. Koopman, *ibid.* May p. 234-S (1948)
- 4) R. Stout et al., *ibid.* Jun. p. 335-S (1947)
- 5) N. Kahn and E. Imbenbo, *ibid.* Apr. p. 169-S (1948)
- 6) C. Tipper, Report of the proceeding of British Iron and Steel Res. Assoc. Oct. p. 23 (1943)
- 7) R. Weck, *Trans. I.W.* Apr. p. 41 (1948)
- 8) Denkschrift zur Wiederaufbau der Rheinbrücke, Düsseldorf-Neu S. 46 (1950-1951)
- 9) J.A. Rinebolt and W.J. Harris Jr., *Trans. Amer. Soc. Metals* 43, p. 1175 (1951)
- 10) F. Nehl, *Stahl und Eisen* 72, S. 1261-1267 (1952)
- 11) 材料試験, 4, No. 23, p. 293 (1955)

赤外線による繊維の迅速乾燥

第1報 熱線型赤外線によるスフトウの乾燥*

岡 村 勲** 藤 本 枝 太**

The Rapid Drying of Fibers by Infrared Rays,
Part I. Drying of Tow by Infrared Rays.
by

Isao OKAMURA and Shigeta FUJIMOTO (Teikoku Rayon Co.)

The drying methods adopted hithertofore have used the hot air which imparts heat on to the surface of the samples by conduction and convection.

These methods may be briefly called "the extra-heating methods".

In the case of drying by infrared rays, however, heat is transmitted by radiation not only on to the surface of the samples but also directly into the inner part. In comparison with the conventional methods, it may be called "the intra-heating methods".

The infrared rays drying, as expected easily from the drying mechanism, gives much more uniform drying compared with hot air drying and also shorten the drying time due to the higher speed of drying. At the same time a good influences on the physical properties of fibers can be expected owing to the shorter time of the contact with hot air and the heat treatment of the fibers.

From the experiments made with the rayon tow (moisture content of about 180%) of which the total deniers is 290 000 and monofilament denier 1.5, the following excellent results were obtained different from usual methods.

As to the rate of drying, the infrared rays drying method shows 10-15 times higher value than usual methods, so it becomes easily possible to shorten drying time to about 1/50.

Regarding the physical properties of treated fibers, the infrared rays drying shows the higher values about both the ratio of dry and wet strengths (St.W/St.D), and dry and knot strength (St.K/St.D). From this fact it can be presumed that the crystallinity of cellulose can be increased by the heat effect of fibers. (Received October 9, 1956)

* 原稿受付 昭和31年10月9日

** 正員 帝国人造絹糸株式会社

1. 緒 言

従来行われていた繊維の乾燥は、ほとんど大部分が熱風乾燥である。この熱風乾燥の欠点は乾燥に長時間を要することである。この欠点を除くために赤外線による乾燥を研究した。

繊維の乾燥に要する水の蒸発熱は、従来の熱風乾燥においては、主として熱源(電熱または蒸気)によつて暖められた空気を熱の媒体として、伝導または対流によつて与えられていたものであるが、赤外線乾燥においては、まわりの空気を透過し、輻射により直接与えられるものである。したがつて、熱の移動速度が早く、単位時間当りの熱の移動量は後者のほうが遙かに大きい。

赤外線乾燥の輻射源としては、古くから種々の試みがあるが、現在実用化しているのは、次の3種類であろう。

- a. ガスパナーによる輻射
- b. 電熱による輻射
- c. 赤外線電球

a. は R.A. Rusca によつてスラッシャーサイジングマシンに応用されたもので、燈用ガスの燃焼による輻射、および高温空気による糊付人絹糸の迅速乾燥に用いられている。

b. は耐熱性の管を内部から電熱で加熱したもので、必要に応じ適当な反射板を備えている。耐熱性の管は金属、硬質硝子、石英硝子などの製品が用いられる。これから得られる輻射線の平均波長は $2\sim 4\mu$ 程度と思われる。

c. は戦後、我国において最も普及した赤外線乾燥用熱源で、その原理からみれば、普通の電球のフィラメントに特に低い電圧を与えるように設計されたもので、さらにフィラメントの位置および形状に注意し、内面に反射用鍍金膜のある電球で、使用硝子も赤外線透過のよい耐熱ガラスを使用している。輻射線の最大エネ

ルギーの波長は 1.1μ 程度で、 2μ 以上の輻射線は硝子で吸収されて外部には出ていないようである。

熱の移動は伝導、または対流の場合は両者の温度差に比例するが、輻射による場合は絶対温度の4乗の差に比例するといわれている。したがつて、熱源は温度の高いほうがよいが、その材質、取付方法、または対照物の焦損する恐れなどから、それぞれ適当な温度に抑えなければならない。また、赤外線が繊維または水分に吸収される割合は、その波長により異なると思われるので、吸収率のよい波長を選ぶことも必要である。したがつて、使用目的および対照物の種類によつて輻射源に適当なものを選ばなければならない。以下、第1～3報において、それぞれについて行つた実験結果を報告する。

2. 乾燥機の構造

直径10mm、長さ1200mmの耐熱性のFe-Cr系の管の内部に螺旋形のニクロム線を適当な耐熱性絶縁物とともに封入したものを輻射源とし、これに内面ニッケル鍍金(輻射線の反射率は90%以上)した鉄板を樋状に曲げたものを背面に置き、輻射線を一方方向に集中照射するようにしたものである。その配置をFig.1に示す。反射鏡の曲面を拋物線面として、焦点に相当する位置に熱源を固定すれば、比較的均一な照射が得られる。ニクロム線は200V-7Aで加熱すれば、輻射源の表面温度は約 600°C くらいになる。この輻射装置の2箇所をFig.1に示すように上下に向い合せて水平に約100mmの間隔を置いて固定する。両輻射装置の中央に適当な硝子棒数本を水平に置き、この上を連続したスフトウ(staple fiber tow)を流す。したがつて、トウは上下両面から照射される。スフトウは単糸1.5 den.で、総デニールは290,000 den.のものである。これは脱水ローラを経てきた直後のもので、水分約180%(絶乾繊維に対する水の量で以下この方法で表わす)である。これは見掛けの厚さ約1.5mm、幅約80

Fig. 1. Schematic diagram of a drying apparatus.

mmのテープ状を維持するから、そのまま両輻射装置の間を一定速度で水平に移動させる。乾燥の終つたトウはその一定長を切り取り、常法により水分を測定し、乾燥により蒸発した水の量を計測する。予備実験の結果、このまゝの装置では乾燥が進むとき、トウが焦げる恐れがあるが、側方より小型扇風機で送風すれば、水分約5%以下にならない限り焦げる恐れのないことがわかつた。以下の実験はすべてこの扇風機で送風しながら乾燥を行つた。

3. 実験結果

(a) 乾燥の状態

輻射装置は200V-7Aに設計してあるが、電圧を変えた場合の乾燥速度の変化の状態をFig.2に示す。加熱装置の有効長は1200mmで、トウの加熱(照射)時間はトウの移動速度により調節した。電圧の高くなるほど輻射エネルギーは急激に増大($e=QT^4$)し、また、最大輻射エネルギーの波長は短くなり($\lambda_m=P/T$)、乾燥速度に大きな影響を及ぼす。この乾燥速度と水分との関係はFig.3に示されるように、いずれの電圧においても恒率乾燥、減率乾燥第1段、および第2段の型式を示すことは従来の乾燥法と同様である。

恒率乾燥における乾燥速度は電圧の高いほど大きい

Fig. 2. Relation between moisture content and drying time.

Fig. 3. Relation between drying rate and moisture content.

Table 1. Difference of drying rate.

Drying method	Infra-red	Hot air		
Condition	200V	100°C	85°C	60°C
Constant rate of drying (moisture %/min.)	55.1	3.78	2.70	1.27

値を示すことは当然である。恒率乾燥の限界点はだいたい水分100~120%にあるが、電圧の高いほうが水分の少ないところまで伸びる傾向にある。

赤外線による乾燥の速さは、普通の乾燥に比較して非常に速いといわれているが、これを別に各温度における熱風乾燥の場合と比較すれば、恒率乾燥速度においてTable1に示すような大きな差がみられる。また、乾燥の進行に伴つて乾燥速度は低下するが、その割合は赤外線の場合よりも送風乾燥のほうが大きい。これは送風乾燥においては表面から乾燥が起り、そのためいわゆる hard casing を起し乾燥の妨げとなるに反し、赤外線の場合は、たとえ hard casing を起しても赤外線は内部まで到達するから、それ以後の乾燥も遅れることが少ないことによると思われる。

Fig. 4. Relation between heat efficiency and moisture content.

繊維による赤外線の吸収は非常に少なく、ほとんど全部水分によるとみられる。そのため水分の多いほど熱効率は高い。この状態をFig.4に示す。Fig.4はトウの移動に伴つて水分の減少してゆく状態を各部分別に測定した結果から計算したもので、熱効率(供給電力に対するトウの水分蒸発によつて吸収された熱量の比)は水分とほとんど直線的関係にあることがわかる。このことは前述のように、赤外線の吸収はほとんど水分のみによつて行われることに原因するものとみられる。したがつて、同一赤外線の照射において、水分の多い所は水分の少ない所より赤外線の吸収が多く、それだけ水分の蒸発が多くなり、結局、乾燥の不均一がなくなり、工業的乾燥機としてはきわめて好都合であるといえる。電熱によつて与えられた熱量は、一部はその表面から絶対温度の4乗に比例した有効な輻射線となり、直接トウの乾燥に消費され、また、一部は外気の空気による対流、および伝導から間接に繊維の乾燥を行うが、この場合、装置の関係から

Table 2. Physical data of single fiber.

Drying	Temp (°C)	Den.	St.D (g/d)	St.W (g/d)	St.W./St.D (%)	Elong.D (%)	Elong.W (%)	St.K/St.D (%)
Hot air	100	1.56	2.45	1.43	59	18.2	20.2	66
"	85	1.61	2.60	1.43	55	17.6	19.8	64
"	60	1.59	2.83	1.63	58	17.8	20.1	60
Atmosphere	20	—	—	—	—	—	—	55
Infra-red	—	1.60	2.45	1.63	65	17.0	19.2	65

後者による有効熱量は、前者に比較してきわめて少ない。實際上、繊維の乾燥は輻射のみによつて行われると見做してもさしつかえないであろう。空気による伝導、または対流は繊維の周囲の温度を上昇させ、乾燥の進むに従つて繊維の焦げる恐れがある。送風して周囲の温度を下げることににより繊維の焦げを防ぐことができる。周囲の温度が低下しすぎる場合、赤外線による加熱は空気による冷却により抑えられ、繊維の乾燥はもちろん遅れてくる。

(b) 糸質に対する赤外線乾燥の効果

赤外線による繊維の乾燥は従来の熱風乾燥の場合とすべての条件が違い、また、それだけ糸質にも影響がみられる。比較のために、各乾燥法による単繊維 1.5 den. のトウ 290,000 den. の同一試料からのデータを Table 2 に示す。

各乾燥に要する時間はだいたい熱風乾燥：4～5時間、風乾：4日、赤外線：4～5分であつた。Table 2 においてわかるように、乾燥温度の高くなるに伴つて乾湿強度 St.D, St.W 共に減少の傾向を示す。これは乾燥時において、空気による糸質の酸化が原因と考えられる。赤外線乾燥の場合は、他の乾燥に比較して乾

湿強度比(St.W/St.D)ならびに結節強度比(St.K/St.D)²⁾が大きい。このことは人絹ケーテの高周波乾燥の場合と一致している。これは結局、高温（したがつて短時間）乾燥の特徴とみられ、乾燥時の温度の高いほど吸湿性が低下するもので、これについては、これまで多くの文献がみられる³⁾。すなわち、再生繊維素を高温処理することにより結晶量が増加しているものとみられる。なお、結節強力比の大きいことは迅速な乾燥によつて結晶の成長が抑えられ、生成結晶粒子の微細化を暗示する。

4. 結 論

スフトウの乾燥に赤外線を利用すると乾燥時間を極度に短縮することができる。熱効率にはトウの中の水分の多いほど高く、最高50%程度の値が得られることは注目すべきである。赤外線による乾燥温度が高いことと時間の短いことは、再生繊維素のなんらかの本質的改質を暗示するようである。

注：—

1) R.A. Rusca and G.J. Kyarne, Text. Res. J., 21, 445 (1951)

2) 特許第 200 062 号

3) たとえば、K. Lauer et al. Koll. Z., 116, 28 (1950)