

Atilio Eduardo Reggiani

Área de Fibras Ópticas

Departamento de Componentes e Materiais

e

Max Antonio Ramos Lucas

Área de Fios e Cabos

Departamento de Redes

CPqD/Telebrás

13085 - Campinas - SP

SUMÁRIO

Fibras ópticas monomodo com revestimento primário fotocurável (acrilato) foram avaliadas quanto ao acréscimo de atenuação por microcurvaturas causadas por forças externas. Esse efeito é importante para os processos de cabeaçõ de fibras ópticas. Foram utilizados revestimentos com diferentes propriedades mecânicas e dimensionais.

INTRODUÇÃO

Existem centenas de quilômetros de cabos ópticos instalados no Brasil operando com fibras multimodo com revestimento primário de silicone curado termicamente. Este tipo de revestimento obriga os fabricantes de cabo a aplicar nas fibras um revestimento secundário em náilon para protegê-la mecanicamente durante a instalação e operação dos cabos.

Com o desenvolvimento de resinas fotocuráveis (acrilatos), que melhoram a resistência mecânica e aumentam a velocidade de produção das fibras (1,2), surgem alternativas diferentes das usadas com silicone possibilitando a utilização destas fibras dentro de tubos na forma "loose", sem o revestimento secundário solidário. Outro aspecto vantajoso é a menor dimensão (250.µm) dos fotocuráveis, resultando num maior índice de compactação das fibras dentro do cabo. Estima-se uma redução de custos maior que 50% em materiais e máquinas/hora necessários na fabricação.

Por estas razões, dentre outras, as resinas fotocuráveis devem, a curto prazo, substituir no Brasil a tecnologia dos materiais curados termicamente, principalmente para fibras monomodo, fato este que já ocorreu em outros países, iniciando uma nova fase de modelos de cabos ópticos (3), com várias fibras soltas dentro de um tubo com posterior reunião de tubos em

torno do elemento de tração e finalmente a colocação da capa.

Dentro deste cenário tecnológico discute-se a necessidade de adaptar ou alterar outros produtos que compõem a arquitetura da rede óptica, o que levou à reavaliação da terminação dos cabos ópticos na central usando o mesmo cabo da rede externa para a rede interna. O resultado da análise realizada mostrou a possibilidade de utilizar-se o cabo externo, o que nos levou a iniciar o desenvolvimento do cabo interno.

Dentre as várias características exigidas para o cabo interno, a que mais afeta a fibra é a necessidade de um revestimento que permita o manuseio típico do ambiente de uma central sem danificar a fibra. É desejável que o revestimento seja aderente à fibra e mantenha as dimensões típicas de 900.µm de diâmetro externo.

Estão sendo avaliadas duas alternativas de processo de fabricação de revestimentos aderentes. A primeira consiste em re-recobrir a fibra com materiais também fotocuráveis, num processo semelhante ao utilizado durante a aplicação do revestimento primário sobre a fibra. A segunda alternativa consiste da extrusão de uma camada de náilon sobre a fibra óptica com revestimento primário apropriado.

Esta última alternativa permite a utilização dos métodos tradicionais de cabeaçõ de fibras ópticas, mas pode introduzir tensões laterais não-homogêneas as quais, se não absorvidas pelo revestimento primário, levam a microcurvaturas na região central da fibra e conseqüente aumento na atenuação.

Desta forma, este trabalho discute alternativas de revestimento primário apropriado para a colocação de náilon aderente sobre fibra óptica monomodo, sem

que este processo provoque aumento de atenuação.

MODELO TEÓRICO

O efeito do contato do revestimento secundário extrudado sobre fibras ópticas foi analisado por Gloge (4) que considerou a situação ilustrada na Figura 1.

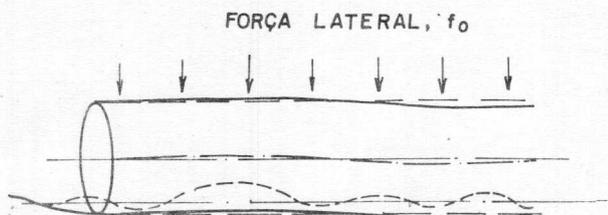


FIG.1 - Vista ampliada de deformação da fibra pressionada contra superfície rugosa por uma força lateral uniforme.

O autor assumiu que a simulação das microcurvaturas poderia ser caracterizada por uma superfície rugosa com uma periodicidade de imperfeições na presença de uma pressão uniforme P atuando sobre a superfície da fibra. Desta forma a fibra se comportaria como um sólido rígido, contornando cada imperfeição de modo a seguir aproximadamente sua geometria dependendo da pressão lateral aplicada. A equação (1) foi proposta para simular a influência de microcurvaturas em fibras ópticas do tipo degrau.

$$\gamma = \frac{3 \sigma^2 a_c^2}{2\pi \ell^5 \Delta^2 \left(1 + \frac{144 \Delta^4 H^2}{25 a_c^8 D^2}\right) \left(1 + \frac{64 \sigma^4 H^{5/2} D^{3/2}}{255 f_o^4 \ell^{10}}\right)^{1/4}} \quad (1)$$

onde:

γ = acréscimo de atenuação

a_c = diâmetro do núcleo da fibra

Δ = diferença do índice de refração núcleo-casca

σ = desvio padrão das imperfeições na superfície

ℓ = fator de comprimento

f_o = força lateral

H = rigidez dos materiais do revestimento primário

D = módulo de elasticidade equivalente dos revestimentos

A equação mostra que vários parâmetros da fibra e do revestimento primário alteram a susceptibilidade a microcurvaturas. Devido à complexidade dos fatores, principalmente os relacionados ao revestimento

(H e D) e em caso de revestimentos compostos, geralmente os pesquisadores não utilizam modelos teóricos e sim arranjos experimentais para avaliar este efeito. Desta forma, desenvolvemos um arranjo experimental que permite comparar a susceptibilidade a microcurvaturas de vários revestimentos primários.

O principal objetivo deste trabalho está no conhecimento de um projeto apropriado para o revestimento primário e não na análise das características do guia de onda. Deste modo avaliamos o acréscimo de atenuação de fibras extrudadas com diferentes forças em bobina com superfície não regular.

Aplicando-se uma força F na fibra durante o enrolamento, uma força lateral (f_o) pressiona a fibra contra a superfície da bobina e a relação entre as forças é dada por

$$f_o = \frac{F}{R} \quad (2)$$

onde R é o raio da bobina. No nosso experimento, R e a distribuição de irregularidades foram mantidos constantes.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL E RESULTADOS

Fibras monomodo, de comprimento em torno de 1000m, foram fabricadas a partir de uma mesma preforma e revestidas com diferentes revestimentos (acrilatos). As características ópticas e geométricas da fibra são mostradas na Tabela 1.

CARACTERÍSTICAS	A	B	C
Atenuação (dB/km) ($\lambda = 1.28\mu\text{m}$)	0,70	0,70	0,80
Comprimento de onda de corte (μm)	1,17	1,25	1,26
Diâmetro campo modal (μm)	9,61	9,53	9,49
Diâmetro casca (μm)	120	120	120
Diâmetro núcleo (μm)	7	7	7
Diferença índice refração (%)	0,50	0,55	0,57

TABELA 1 - Características ópticas e geométricas das fibras.

O perfil de índice de refração e o Δn foram obtidos da preforma por técnica de interferometria lateral.

A medida de atenuação foi feita usando a técnica de reflectometria óptica (SM OTDR TD-9940, Laser Precision Corp.) em $\lambda = 1.28\mu\text{m}$, com as fibras acondi-

cionadas em bobinas de poliestireno expandido ($\phi=300$ mm) revestidas com espuma de poliuretano (D26, $e=5$ mm).

Foram utilizados três tipos de revestimento primário, um em camada única e dois em camada dupla (Figura 2), cujas dimensões e propriedades mecânicas (5) são mostradas nas Tabelas 2 e 3.

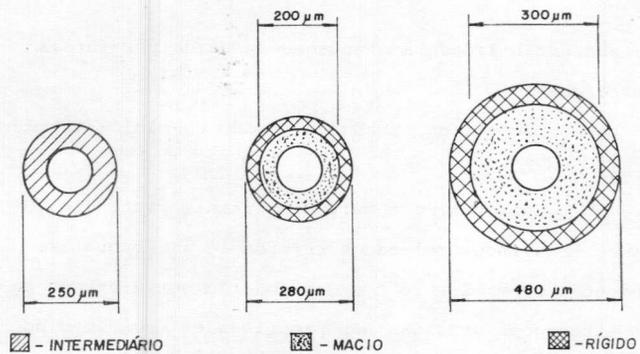


FIG.2 - Revestimento primário em camada simples e dupla.

REVESTIMENTO	FIBRA		
	A	B	C
1º revestimento tipo	intermediário	macio	macio
espessura (μm)	65	40	90
2º revestimento tipo	-	rígido	rígido
espessura (μm)	-	40	90

TABELA 2 - Tipo e dimensões do revestimento primário.

PROPRIEDADES MECÂNICAS	REVESTIMENTO		
	MACIO	INTERMED.	RÍGIDO
Módulo de elasticidade a 2,5% D (MPa)	2,2	34	1000
Deformação na ruptura (%)	125	45	18
Tensão de ruptura (MPa)	1,9	9	38

TABELA 3 - Características mecânicas dos revestimentos utilizados (De Solite Optical Fiber Coating)

Para verificar a susceptibilidade a microcavuras as fibras foram enroladas em bobinas revestidas com tela metálica (malha inglesa 18, ϕ fio=0,3mm, abertura = 1,5mm) usando diferentes forças de enrolamento e caracterizadas quanto à atenuação. O comprimento da fibra em contato com a tela foi de 500m. A seguir

é mostrada uma visão esquemática do arranjo experimental.

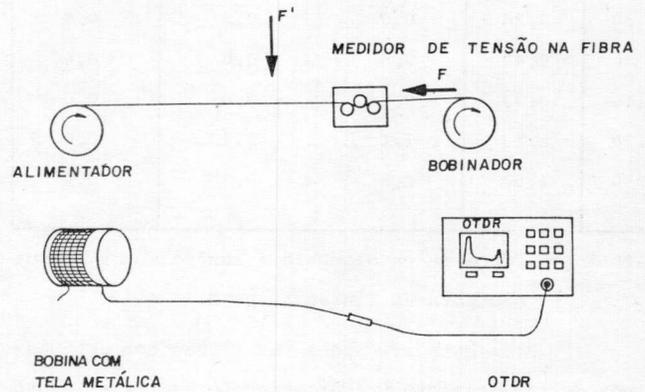


FIG. 3 - Arranjo experimental.

A atenuação das fibras com os três tipos de revestimento foi medida em função da força de enrolamento para 30, 70, 110, 170 e 250 g. O acréscimo de atenuação ($\Delta\alpha$) foi calculado usando como referência a fibra em bobina com espuma de poliuretano de acordo com:

$$\Delta\alpha_F = \left[\begin{array}{l} \text{atenuação média da} \\ \text{fibra em bobina com} \\ \text{tela a } F_g \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{atenuação média da fi-} \\ \text{bra em bobina com espu-} \\ \text{ma a } 30 \text{ g} \end{array} \right]$$

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 4 e na Figura 4.

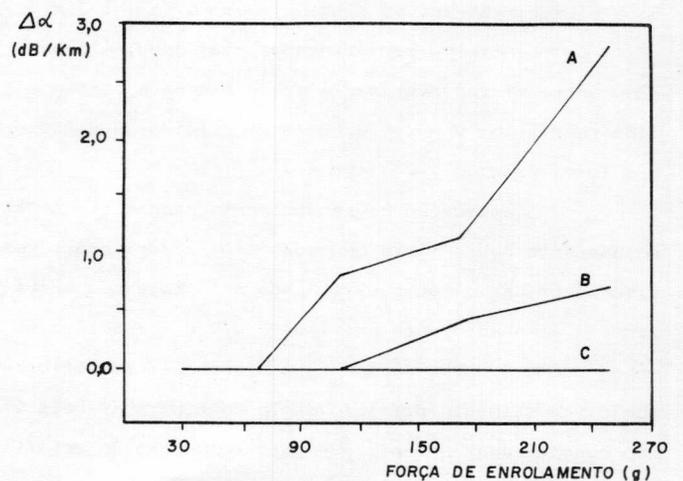


FIGURA 4 - Força de enrolamento e acréscimo de atenuação para as fibras A, B, C.

F (g)	fo (g/mm)	$\Delta\alpha$ (dB/km)		
		Fibra A	Fibra B	Fibra C
30	0,20	0,0	0,0	0,0
70	0,47	0,0	0,0	0,0
110	0,73	0,8	0,0	0,0
170	1,13	1,1	0,4	0,0
250	1,67	2,8	0,7	0,0

TABELA 4 - Força de enrolamento e acréscimo de atenuação para as fibras A, B, C.

Após esta avaliação, as fibras com os três tipos de revestimento primário receberam revestimento aderente de náilon (Vestamid L 1640, Hulls).

Com o uso de condições de extrusão de forma a minimizar a tensão do náilon sobre a fibra, isto é, baixa pressão durante a aplicação do náilon sobre a fibra com revestimento primário, não foi detectado acréscimo de atenuação devido à extrusão em nenhuma das fibras.

Por outro lado, com o uso de condições de extrusão de forma a otimizar o acabamento superficial do náilon, foi detectado acréscimo de 0,3 dB/km para a fibra tipo A e nenhum acréscimo para a fibra C.

CONCLUSÕES

O método apresentado permite a avaliação da capacidade do revestimento primário de absorver tensões externas que podem causar acréscimo de atenuação devido a microcurvaturas em fibras monomodo ($\lambda = 1.3\mu\text{m}$).

Dentre os revestimentos avaliados, a proteção contra microcurvaturas é crescente para os tipos A (intermediário, $\varnothing = 250\mu\text{m}$, B (macio/rígido, $\varnothing = 280\mu\text{m}$) e C (macio/rígido, $\varnothing = 480\mu\text{m}$).

A aplicação de revestimento secundário do tipo aderente sobre fibra monomodo ($\lambda = 1.3\mu\text{m}$) com revestimento primário fotocurável pode ser feita sem acréscimo de atenuação para os tipos B e C e com acréscimo menor que 0.5 dB/km para o tipo A. Desta forma, fibras com o revestimento primário duplo do tipo C (Tabela 2) são consideradas apropriadas para colocação do revestimento secundário aderente.

Fibras ópticas com revestimento primário com acrilato intermediário (tipo A) mostram-se com boa performance para entubamento de forma não aderente mas não

são apropriadas para receber revestimento secundário aderente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além dos fatores aqui relatados, existem dois aspectos que serão avaliados na continuidade deste trabalho, usando as fibras com os três tipos de revestimento primário e revestimento secundário aderente:

- a susceptibilidade à atenuação induzida por forças externas,
- o comportamento da atenuação quando em ciclos térmicos.

Este último é muito importante visto que todos os resultados relatados referem-se à temperatura ambiente entre 22 e 28°C e que poderão ser afetados pelas alterações causadas nas propriedades mecânicas do revestimento primário, principalmente para baixas temperaturas.

REFERÊNCIAS

- (1) L.Maldonado, A.E.Reggiani, E.Bittencourt, "Síntese, formulação e aplicação de resinas fotocuráveis para revestimento de fibras ópticas", 2º Encontro sobre Materiais na Indústria Eletrônica e de Telecomunicações, pp. 351-368, julho 1986.
- (2) G.M.Camilo, N.S.Wisnik, R.E.Medrano, "Susceptibilidade à fadiga de fibras ópticas do Sistema Telebrás", Anais do 5º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, pp. 323-326, setembro 1987.
- (3) P.Kaiser, W.T.Anderson, "Fiber Cables for Public Communications: State-of-the-Art Technology and the Future", Journal of Lightwave Technology, vol. LT-4, nº 8, August 1986.
- (4) D.Gloge, "Optical Fibre Packaging and its Influence on Fiber Straightness and Loss", The Bell System Technical Journal, vol. 54, nº 2, Febr. 1975.
- (5) De Solite Optical Fiber Coatings Product Book, De Soto Inc.