

Wzmacnianie szkła

1. Szkło wewnętrznie naprężone ma lepsze właściwości mechaniczne: zewnętrzna powierzchnia zostaje ściśnięta, wewnętrzna - rozciągnięta;

Wzmacnianie szkła

- Jak to się robi:
 - Szkło ogrzewa się do temperatury około T_g
 - Ochładza się w powietrzu lub oleju
 - Powierzchnia ochładza się szybciej niż części wewnętrzne
 - Gdy wewnętrzne części się ochładzają do temperatury pokojowej, powierzchnia już jest zimna i sztywna. Rozmiary nie mogą się dopasować: wewnątrz jest rozciągane przez powierzchnię, a powierzchnia ściskana przez wewnątrz.

Wzmacnianie szkła

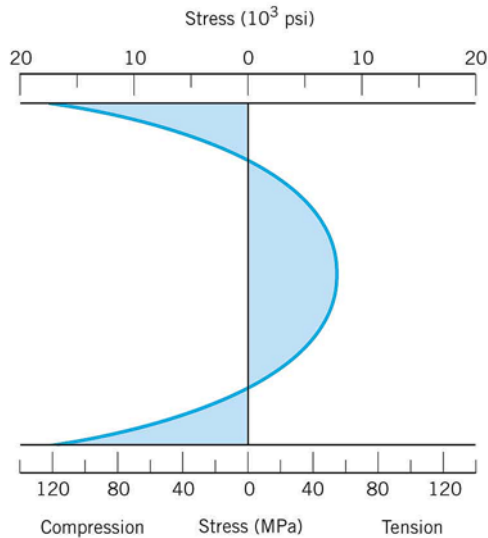
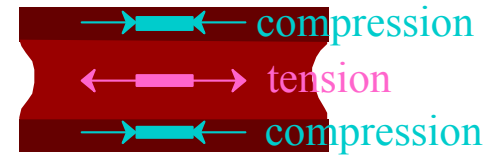
before cooling



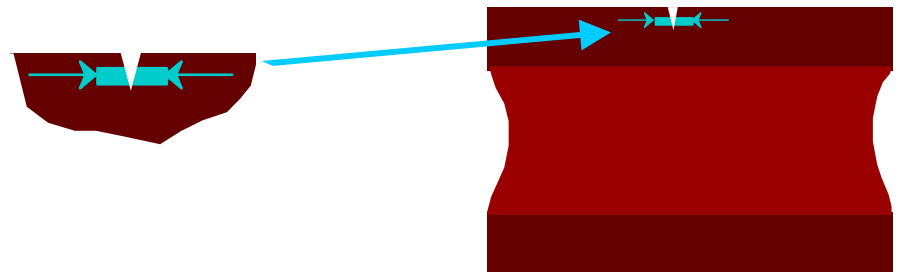
surface cooling



further cooled



Naprężenia hamują rozprzestrzenianie się pęknięcia



Wzmacnianie szkła

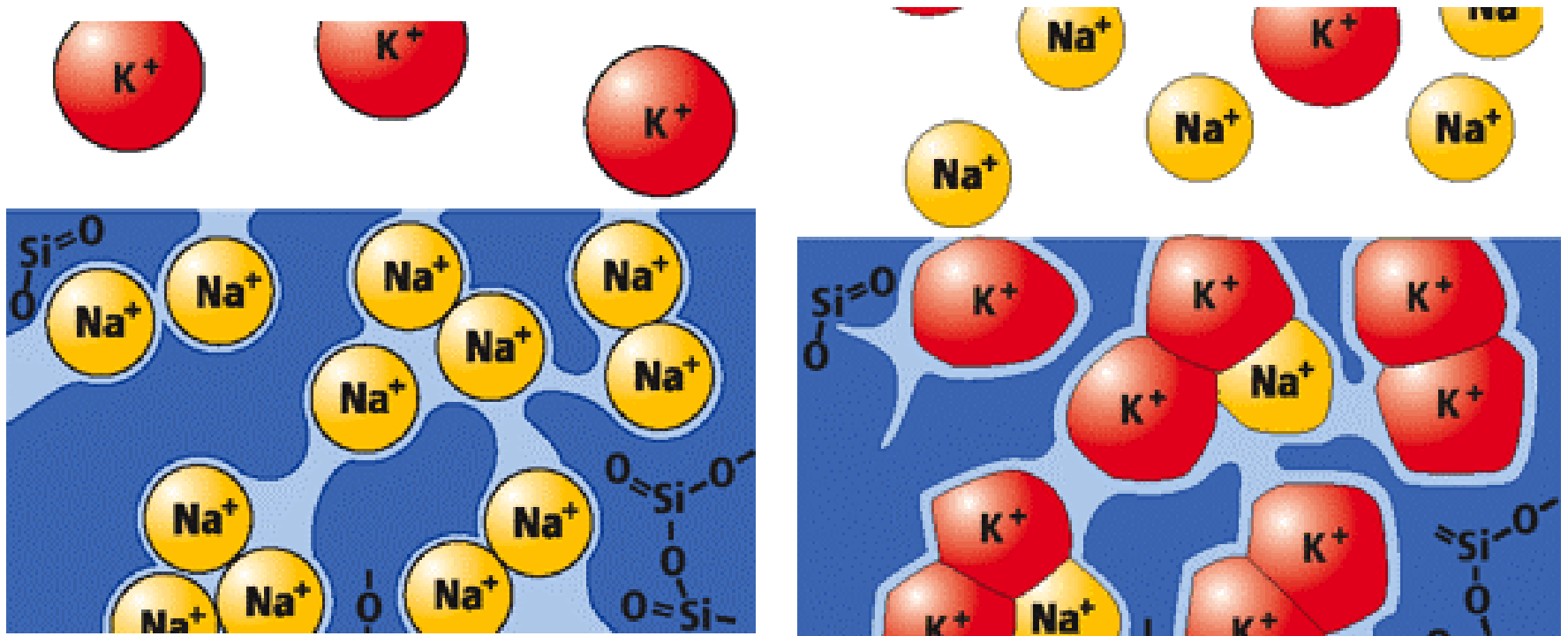
Podobny efekt można uzyskać metodą chemiczną:

Wymiana jonów Na^+ na K^+ na powierzchni. Większe K^+ powodują ściśnięcie zewnętrznej powierzchni.

Wzmacnianie szkła

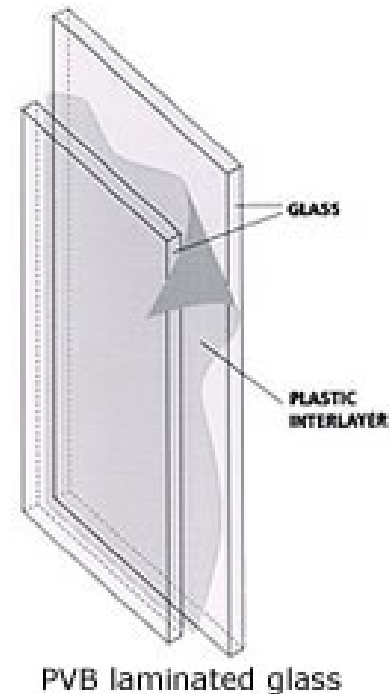
- Szkło umieszcza się w stopionej soli zawierającej jony K^+ (np. KNO_3 przez 12 godzin w $500\text{ }^\circ\text{C}$).
- Dyfuzja powoduje wymianę jonów sodu na K^+

Wzmacnianie szkła



Wzmacnianie szkła

- Laminowanie szkła. Polega na umieszczeniu warstwy polimeru pomiędzy warstwami szkła (minimum dwie).



Wzmacnianie szkła

- Laminowanie szkła. Są dwa sposoby wytwarzania szkła laminowanego:
 - 1. Jak na zdjęciach, czyli umieszczenie polimeru pomiędzy warstwy szkła i sprasowanie całego układu; polimer (PVB ma zazwyczaj grubość 0.38 mm, w szybach samochodowych: 0.76 mm)
 - 2. Wlanie ciekłego polimeru między szyby (1-1.5mm)



Kryształy

- Proces cięcia szkła polega na dociskaniu szklanego przedmiotu do wirującego koła (kamienne lub stalowe). Koło wycina rowki o prostych, ostrych krawędziach. Dzięki temu szkło jest bardziej połyskujące (więcej powierzchni odbijających światło).
- Najlepszy efekt otrzymuje się w szkłe zawierającym dużo tlenku ołowiu.
- „wynalezione” przez George’a Ravenscrofta (Anglia, około 1676).

Butelki

- Szklane butelki wytwarzano w czasach przed-Rzymskich, używając techniki owijania stopionego szkła wokół formy z gliny i trawy.
- Rzymianie wynaleźli dmuchanie szkła i wytwarzali szklane butelki w wielkich ilościach.

Szkło w bąbelki

- Technika dekorowania szkła stosowana przez wielu wytwórców szkła.
- Można bąbelki wprowadzać dodając do stopionego szkła związki chemiczne, które reagując wytwarzają bąble.
- Pojedyncze bąble można wprowadzić za pomocą szpikulca.

Szkło fluoryzujące

- Dowolne szkło, które zawiera uran.

Szkło opalizujące

- Szkło, które w tych miejscach, gdzie warstwa szkła jest gruba chłodzi się powoli, dzięki czemu zachodzi krystalizacja i szkło staje się matowe.



Szkło fotochromatyczne

- Szkło fotochromatyczne zawiera AgCl i CuCl . Są one równomiernie rozłożone w objętości szkła.
- Pod wpływem światła zachodzi utlenianie i redukcja AgCl :
- $\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl} + \text{e}^-$
- $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}$



Szkło fotochromatyczne

- Atomy srebra aglomerują tworząc grupy, które absorbują światło i powodują pociemnienie szkła.
- Stopień zaciemnienia zależy od intensywności światła. Proces ten jest bardzo szybki.



Szkło fotochromatyczne

- Aby proces foto-pociemnienia szkła był użyteczny, musi być odwracalny. Obecność CuCl powoduje odwracalność w następujący sposób:
- Atomy Cl utworzone wskutek oświetlenia teraz ulegają redukcji, a srebro utlenianiu
- $\text{Cl} + \text{Cu}^+ \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{Cu}^{2+}$
- $\text{Cu}^{2+} + \text{Ag} \longrightarrow \text{Ag}^+ + \text{Cu}^+$

Witraże

Wytwarzanie witraży prawie się nie zmieniło od 12-go wieku. Witraż składa się z fragmentów kolorowego szkła połączonych w całość za pomocą ołowiu. Szczegóły dodatkowo się maluje, a następnie wypala.

Witraże

Figura
namalowana
na szkłe
(1340)



Początkowo szczegóły twarzy, rąk, stroju i inne były malowane na szkłe tylko czarną i brązową farbą.

Witraże

XV wiek

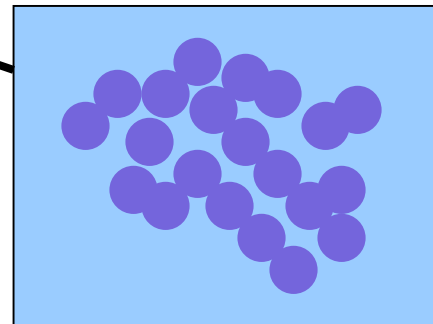
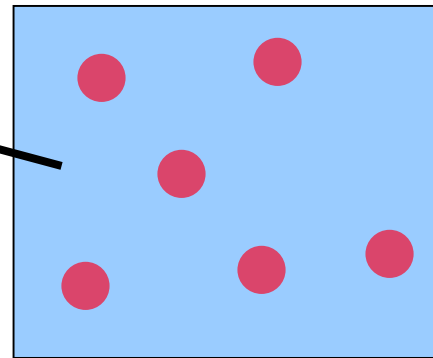


Okolo roku 1300 odkryto żółty barwnik. To umożliwiło barwienie białego szkła na kolor żółty, niebieskiego na zielony i było bardzo pomocne w barwieniu włosów, koron i aureol.



Średniowieczny witraż

Szkło pokryte złotem -
kolor zależy od tego jak
blisko siebie są
nanocząsteczki złota



Witraże

1863



1910



1955



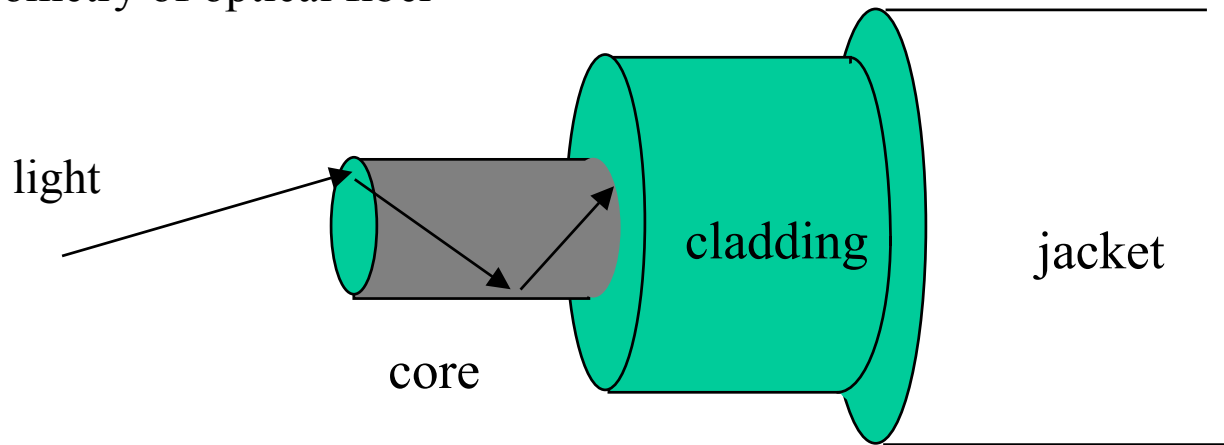
Współczesne witraże praktycznie nie różnią się od dawnych

Włókna optyczne

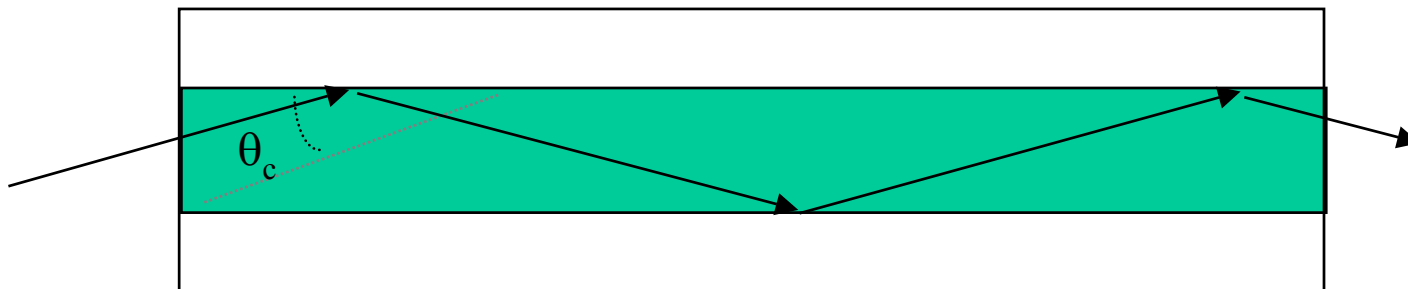
- Włókno optyczne: cienkie i giętkie włókno zdolne do przewodzenia światła. Składa się z bardzo cienkiego rdzenia otoczonego koncentrycznymi warstwami szkła i innych materiałów.
- Szkło musi być **bardzo przezroczyste**

Włókna optyczne

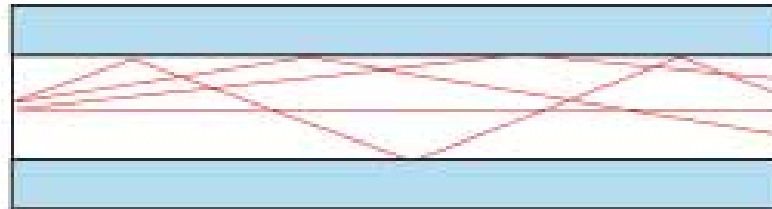
(a) Geometry of optical fiber



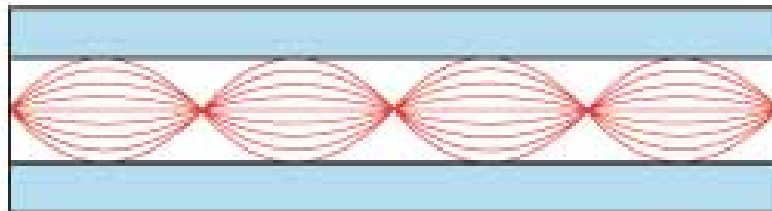
(b) Reflection in optical fiber



Współczynnik załamania może się zmieniać w sposób skokowy bądź stopniowo:



Multimode, Step-index



Multimode, Graded Index



Singlemode

Przezroczystość szkła

- Od 3000 pne Egipcjanie i Fenicjanie zaczęli poszukiwanie sposobów polepszenia przezroczystości szkła.... Przed 1966 osiągnięto pewne plateau w rozwoju przezroczystości;

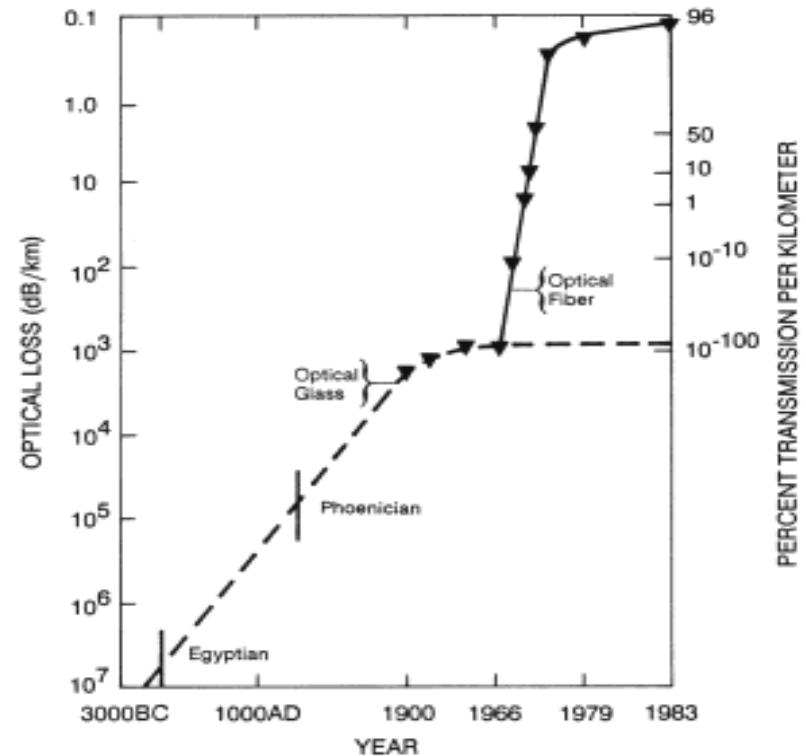


FIGURE 1.5 Historical improvement in glass transparency.

Przezroczystość szkła

- Dopiero prace prowadzone w latach 1970 -1980 (Bell Laboratories) spowodowały, że szkło stało się 10 000 razy bardziej przezroczyste niż w 1966.
- Dzięki temu, włókno może mieć średnicę tylko 0.01 mm.

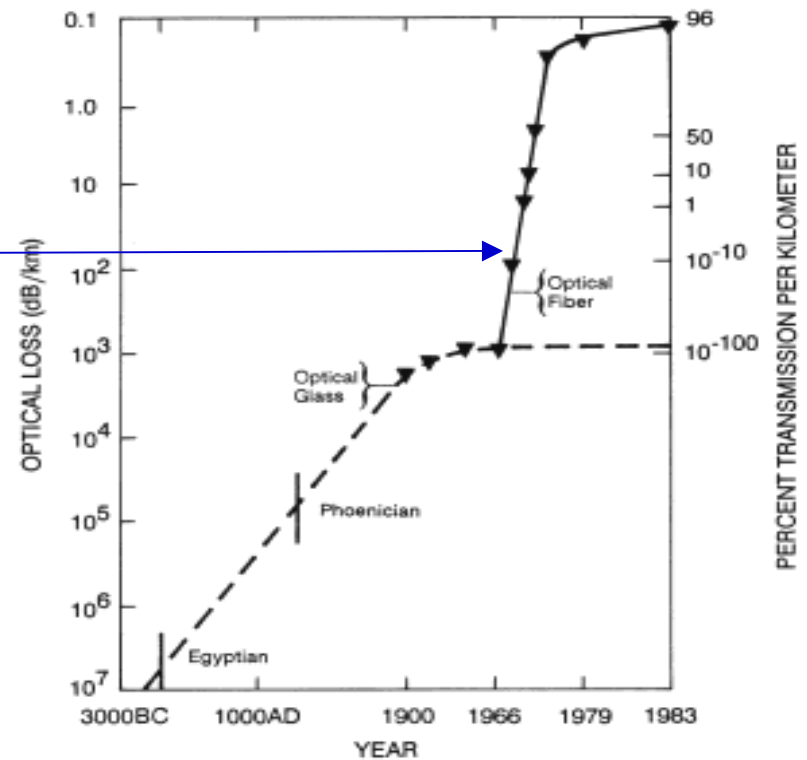


FIGURE 1.5 Historical improvement in glass transparency.

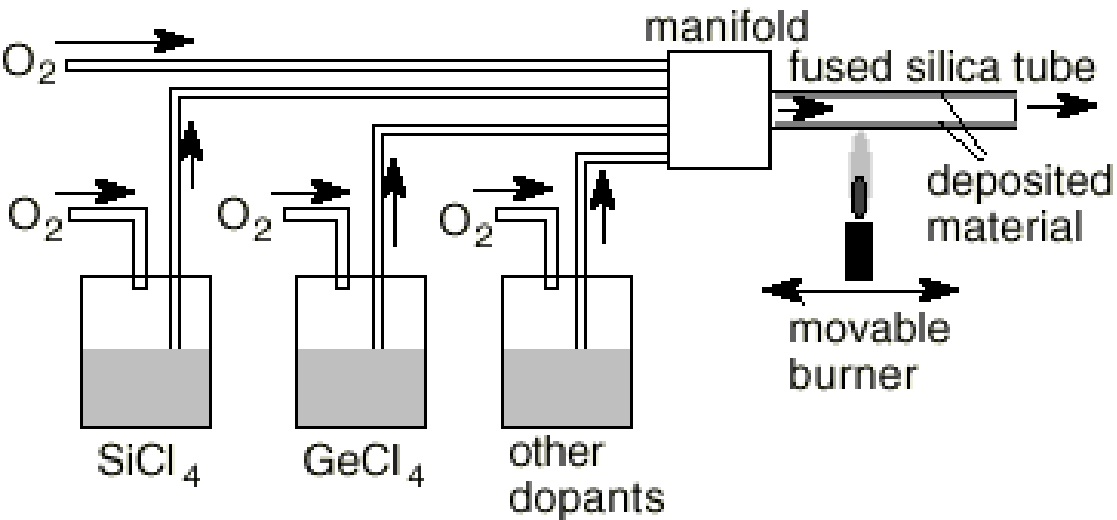
Wytwarzanie

Szkła światłowodowego nie robi się z piasku.

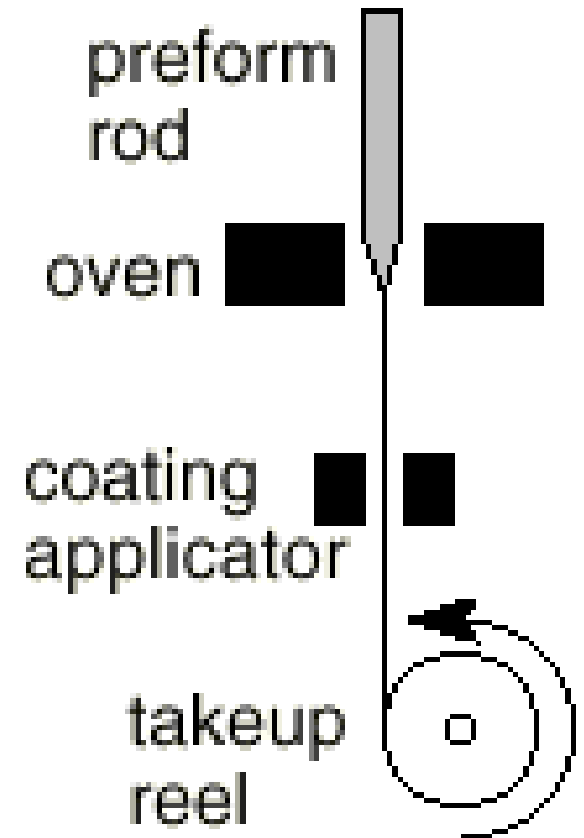


Wytwarzanie

1. wytwarzanie szkła i wstępna obróbka



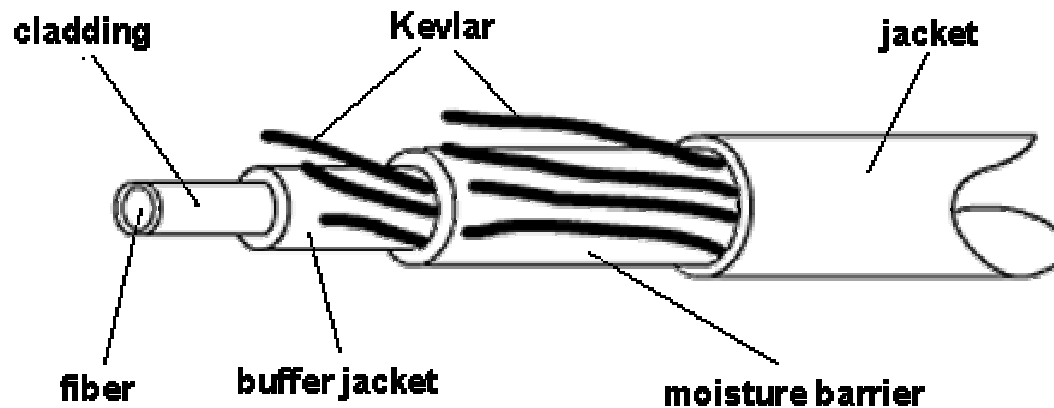
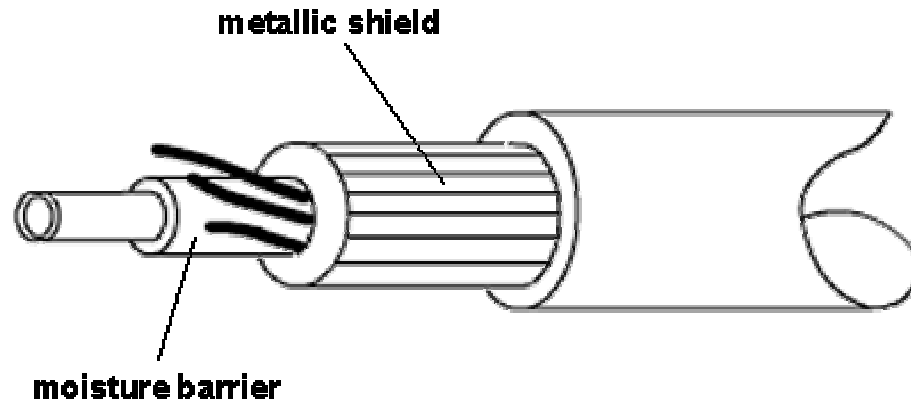
2. Wyciąganie włókna:



Z kolei zmianę współczynnika załamania osiąga się dzięki:

- Dodaniu germanu (też jako czterochlorek). German ma o 18 elektronów więcej niż Si jest domieszką, która zwiększa n , nie zmieniając współczynnika absorpcji.
- Dodatek boru lub fluoru zmniejsza współczynnik załamania.

Na marginesie: inne zaawansowane materiały w światłowodzie:



Szkło metaliczne

Stop amorficzny dwu- lub wieloskładnikowy, w którym metal jest głównym składnikiem, otrzymany przez bardzo szybkie chłodzenie ($10^3 - 10^6$ K/s)

- Produkuje się je najczęściej przez wylanie cienkiej warstwy stopu na szybko odprowadzające ciepło podłoże.
- Można też wylewać stop na wirującą tarczę (90 m/s).
- Po raz pierwszy szkło metaliczne otrzymano w 1960 roku

Szkło metaliczne - własności

TABLE C9.2 SOME PROPERTIES OF THREE GRADES OF METGLAS METALLIC GLASS^a

Property	2605SC	2605CO	2826MB
Physical Properties			
Density (kg m ⁻³)	7300	7560	8020
Crystallization temperature ^b (°C)	480	430	410
Resistivity (10 ⁻⁸ Ω·m)	125	130	160
Mechanical Properties (as cast)			
Ultimate tensile strength (GPa)	>0.70	>1.50	1.38
Vickers hardness (GPa)	10.30	10.00	10.50
Magnetic Properties (as cast)			
Saturation magnetization (T)	1.61	1.75	0.88
Coercive force (A m ⁻¹)	6.37	6.37	7.96
Magnetic Properties (field-annealed)			
Saturation magnetization (T)	1.61	1.75	0.88
Coercive force (A m ⁻¹)	4.78	3.98	<1.19
Curie temperature (°C)	370	415	353

^a2605SC is Fe₈₁B_{13.5}Si_{3.5}C₂; 2605CO is Fe₆₇Co₁₈B₁₄Si; 2826MB is Fe₄₀Ni₃₈Mo₄B₁₈.

^b20°C min⁻¹ heating rate.

Source: Allied Chemical, Morristown, New Jersey.

Szkło metaliczne

- W 1990, naukowcy otrzymali szkło metaliczne już nie tylko w postaci cienkiej warstwy (nie mikrometry, tylko centymetry przy szybkościach chłodzenia 100-1 K/s).
Przykłady:

➤ Rodzina Zr-Ti-Cu-Ni-Be BMG otrzymana przez Johnsona i Pekera

➤ Vitreloy 1 : $Zr_{41.2} Ti_{13.8} Cu_{12.5} Ni_{10.0} Be_{22.5}$

Struktura szkła metalicznego (Vitrelloy 1)

- Zbudowane jest z atomów znacznie różniących się między sobą - zmniejsza to tendencją do krystalizacji.

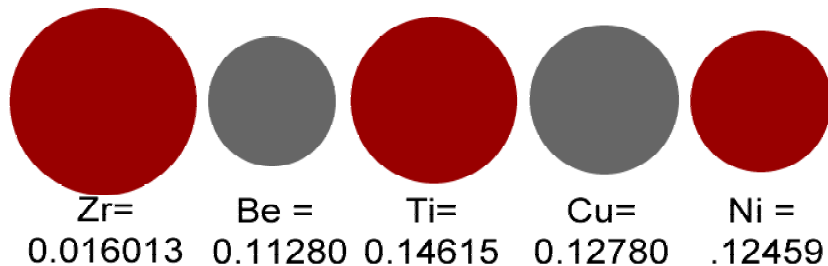
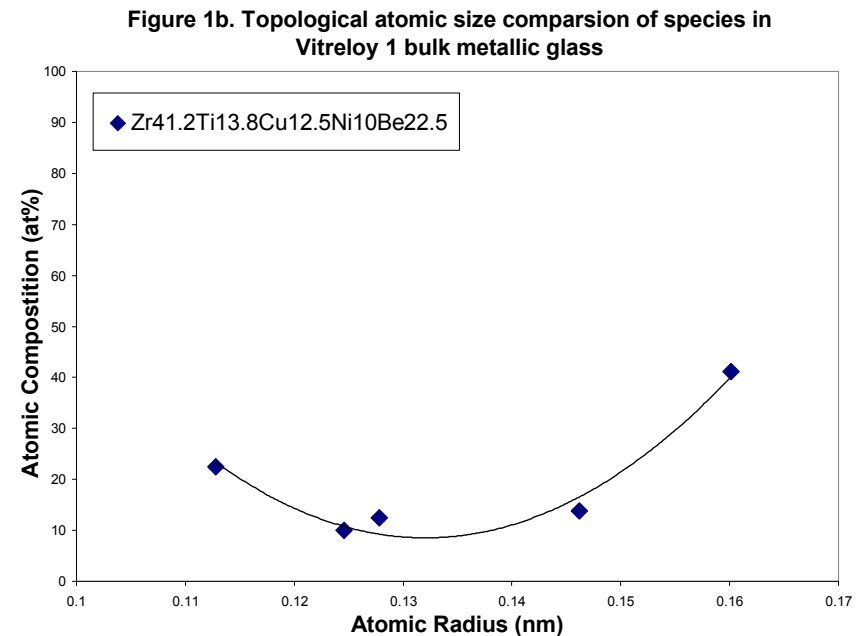


Figure 1a. Atomic size comparison of Vitrelloy 1 BMG species



Właściwości

- Granica odkształcenia sprężystego 2% !



Image courtesy of Liquidmetal golf

Szkło metaliczne - zastosowania

- Głównie - wykorzystujące własności magnetyczne:
 - Rdzenie transformatorów;
 - Głowice magnetyczne;
 - Przetworniki magnetostrykcyjne;
 - Elastyczne ekrany magnetyczne;

Szkło metaliczne - zastosowania

- Wykorzystujące własności fizyczne i mechaniczne
 - Wzmocnienie zbiorników ciśnieniowych;
 - Węże, rury, pasy;
 - „tkaniny” ekranujące przed interferencją;
 - Ostrza;
 - Folia łącząca elementy stalowe i stopy niklu w:
 - Wymiennikach ciepła;
 - Bateriach Ni-Cd;
 - Rozrusznikach serca.

Tworzywa szklano-ceramiczne

- Szkło można skryształizować, wygrzewając je, ale staje się ono wtedy kruche i pęka.
- Dodanie zarodków krystalizacji, takich jak Ag or TiO_2 powoduje, że krystalizowane szkło jest bardzo wytrzymałe i odporne na wysoka temperaturę
- Stosuje się w naczyniach kuchennych, konwerterach katalitycznych itd..

