

ĆWICZENIE NR 1

ŁĄCZENIE ŚWIATŁOWODÓW METODĄ SPAWANIA W ŁUKU ELEKTRYCZNYM.

PLAN ĆWICZENIA:

1. Przygotowanie telekomunikacyjnych kabli światłowodowych do spawania.
2. Przygotowanie powierzchni czołowych światłowodów do połączeń
3. Określenie wpływu błędów pozycjonowania na poziom mocy optycznej propagowanej między światłowodami (przemieszczenia podłużne i poprzeczne)
4. Wykonywanie połączeń trwałych światłowodów przy pomocy spawarki światłowodowej Fusion Splicer X75.
5. Wykonywanie zabezpieczeń połączeń spawanych różnymi metodami i montaż w mufie światłowodowej.
6. Histogram strat dla światłowodów jednomodowych i wielomodowych

ZAGADNIENIA DO PRZYGOTOWANIA:

1. Rodzaje i budowa kabli optotelekomunikacyjnych.
2. Rodzaje połączeń światłowodów włóknistych.
3. Czynniki wpływające na poziom tłumienia na złączach światłowodowych

Literatura:

1. Wykład
2. Midwinter Światłowody telekomunikacyjne
3. Palais Zarys telekomunikacji światłowodowej
4. Szustakowski Elementy techniki światłowodowej

POŁĄCZENIA ŚWIATŁOWODÓW WŁÓKNISTYCH

w celu połączenia dwu światłowodów należy zapewnić między nimi **kontakt optyczny**; umożliwić przekazywanie mocy optycznej między rdzeniami łączonych światłowodów – **sprzężenie czołowe**.

A. RODZAJE POŁĄCZEŃ MIĘDZY ŚWIATŁOWODAMI:

1. **POŁĄCZENIA STAŁE** : klejone, spawane (stosowane np. podczas montażu długich odcinków linii światłowodowych....)
2. **POŁĄCZENIA ROZŁĄCZNE** : złącza standardów ST, FC, S.C., E2000 (stosowane do podłączeń źródeł światła, detektorów przyrządów pomiarowych w liniach światłowodowych)

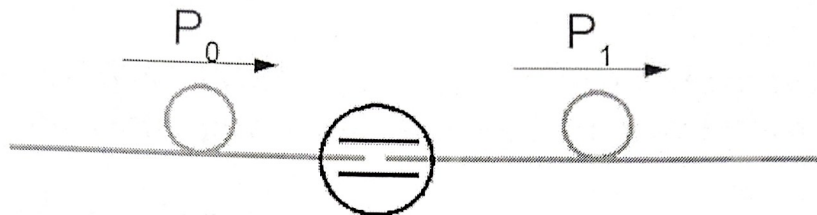
B. WYMAGANIA DOTYCZĄCE JAKOŚCI POWIERZCHNI CZOŁOWYCH ŁĄCZONYCH ŚWIATŁOWODÓW:

1. zwierciadlana płaskość,
2. prostopadłość do osi światłowodów
3. czystość

C. TECHNOLOGIE PRZYGOTOWYWANIA POWIERZCHNI CZOŁOWYCH

1. łupanie światłowodów
2. szlifowanie i polerowanie

STRATY NA ZŁĄCZACH ŚWIATŁOWODOWYCH- DEFINICJA



$$L = 10 \log \frac{P_1 [mW]}{P_0 [mW]}$$

P_0 - moc optyczna mierzona przed złączeniem

P_1 - moc optyczna mierzona za złączeniem

Jednostka strat na złączu [dB]

Moc optyczna w technice światłowodowej określana jest w [dBm]

$$P[\text{dBm}] = 10 \log \left(\frac{P[\text{mW}]}{1\text{mW}} \right)$$

(moc optyczna odniesiona do 1mW mocy wejściowej)

MECHANIZMY STRAT NA ZŁĄCZACH ŚWIATŁOWODOWYCH (Klasyfikacja)

1. STRATY ZEWNĘTRZNE (niesamoistne – związane z niedokładnościami pozycjonowania włókien światłowodowych)

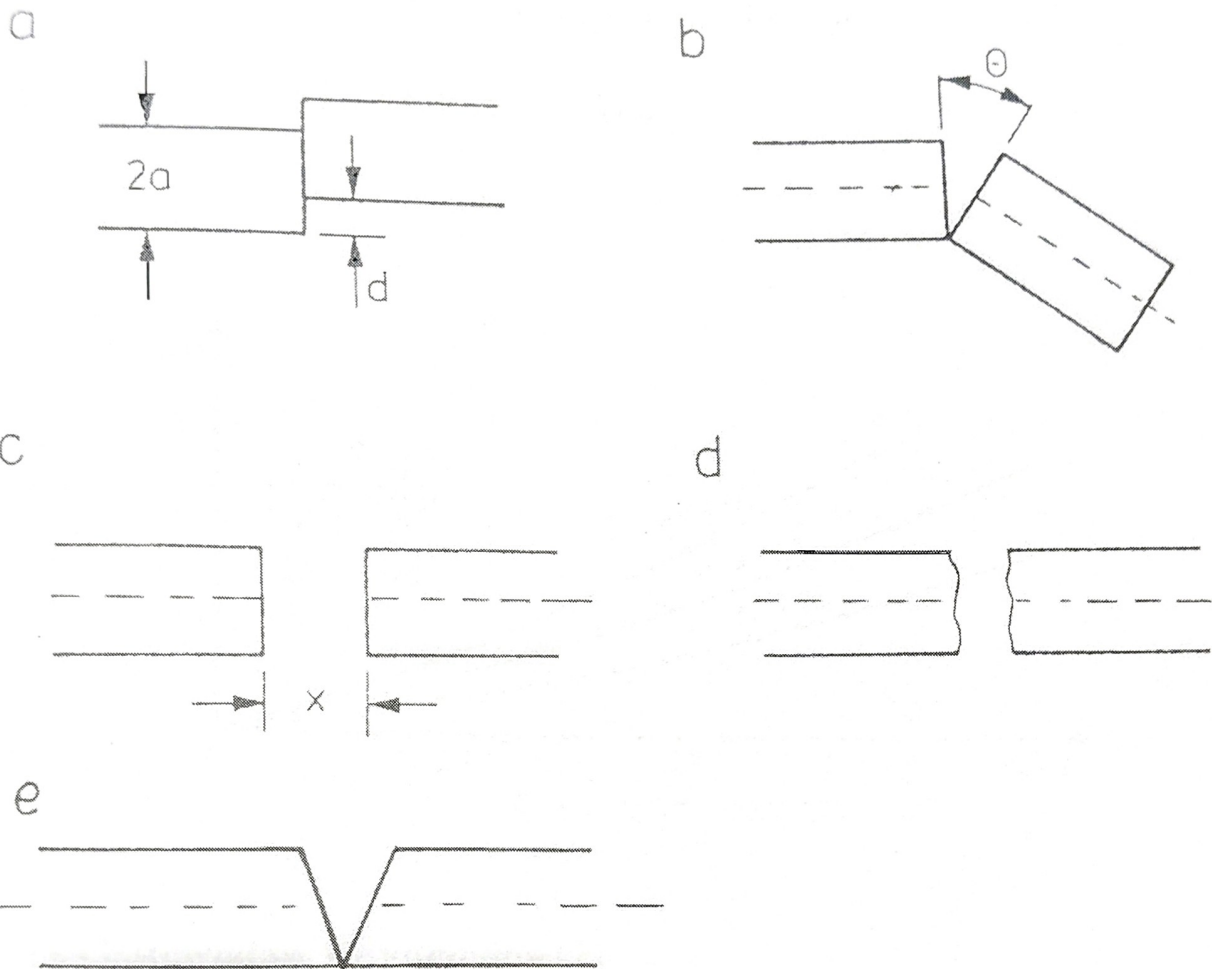
- a) jakość powierzchni łączonych światłowodów
- b) przemieszczenia poprzeczne światłowodów (w kierunkach prostopadłych do osi światłowodów x, y)
- c) rozseparowanie światłowodów wzdłuż osi
- d) przemieszczenia kątowe (kąąt między osiami światłowodów)

2. STRATY WEWNĘTRZNE (samoistne - związane z jakością technologii wykonania włókna)

- a) różnice wymiarów geometrycznych (różnice promieni, rdzeni i płaszczy, łączonych światłowodów)
- b) różnice apertur numerycznych łączonych światłowodów
- c) różnice profilu współczynnika załamania łączonych światłowodów

3. STRATY ODBICIOWE – Fresnela – połączenia rozłączne, STRATY ROZPROSZENIOWE – połączenia stałe (spawane, klejone)

CZYNNIKI ZEWNĘTRZNE WPLYWAJĄCE NA STRATY MOCY OPTYCZNEJ NA ZŁĄCZACH ŚWIATŁOWODOWYCH



a) przesunięcie w kierunkach poprzecznych względem osi światłowodów

b) przemieszczenie kątowe osi łączonych światłowodów

c) przesunięcie wzdłuż osi światłowodów (przerwa między światłowodami)

d) jakość powierzchni czołowych (nierówności powierzchni czołowych i pochylenie kątowe powierzchni czołowych)

e) odchylenie kątowe powierzchni czołowych

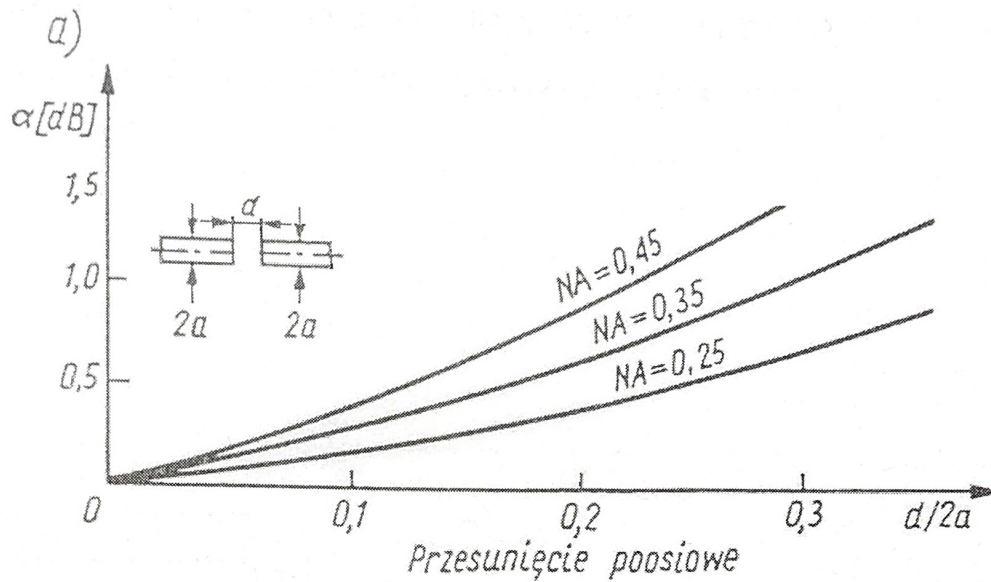
ROZSEPAROWANIE WZDŁUŻ OSI ŚWIATŁOWODÓW

Czynnik mający znaczenie w połączeniach rozdzielnych.

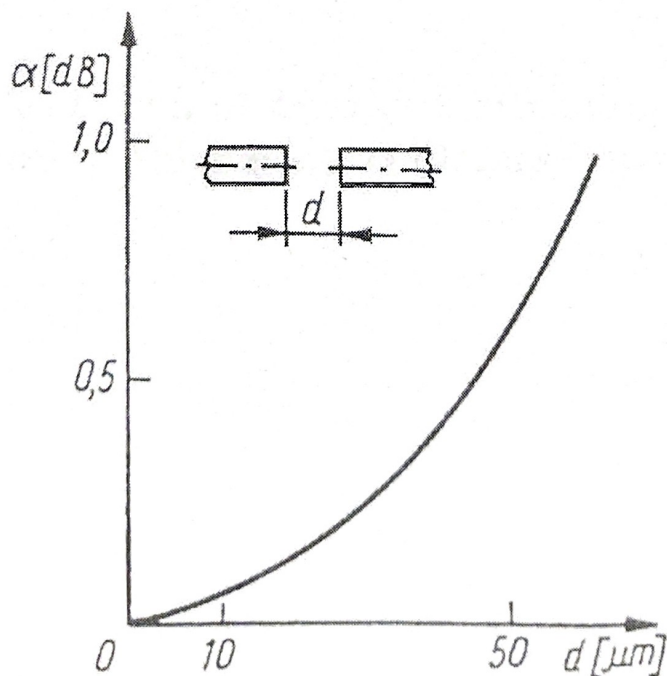
Straty te związane są z rozbieżnością kątową wiązki optycznej wychodzącej ze światłowodu, którą określa wielkość apertury numerycznej.

Zależność strat od wartości przesunięcia poosiowego :

a) dla światłowodów wielomodowych



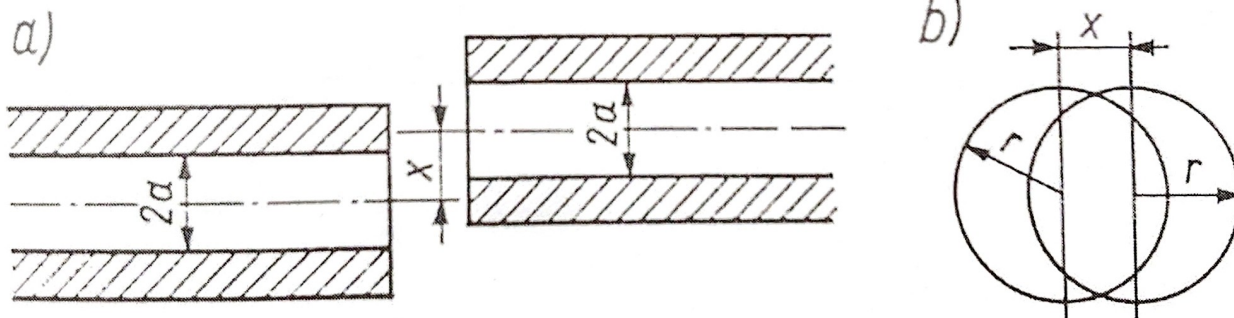
b) dla światłowodów jednomodowych



PRZEMIESZCZENIA POPRZECZNE – RADIALNE

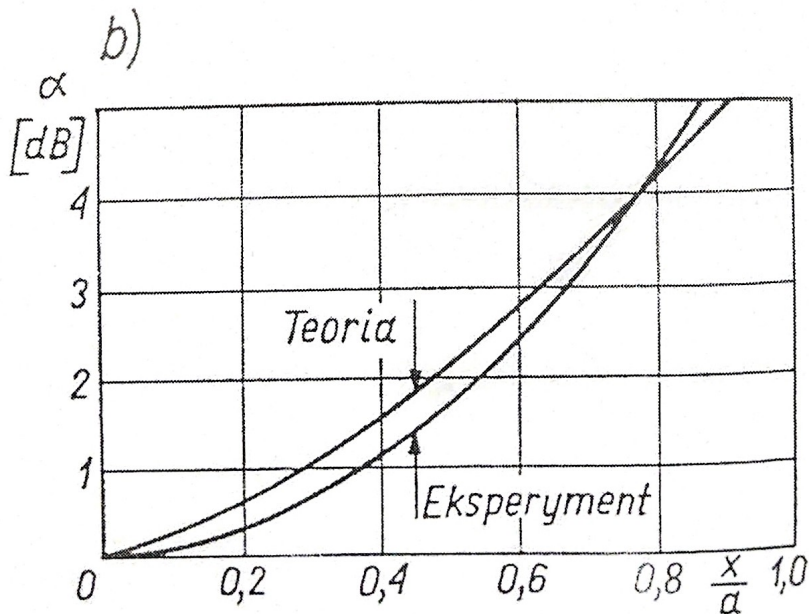
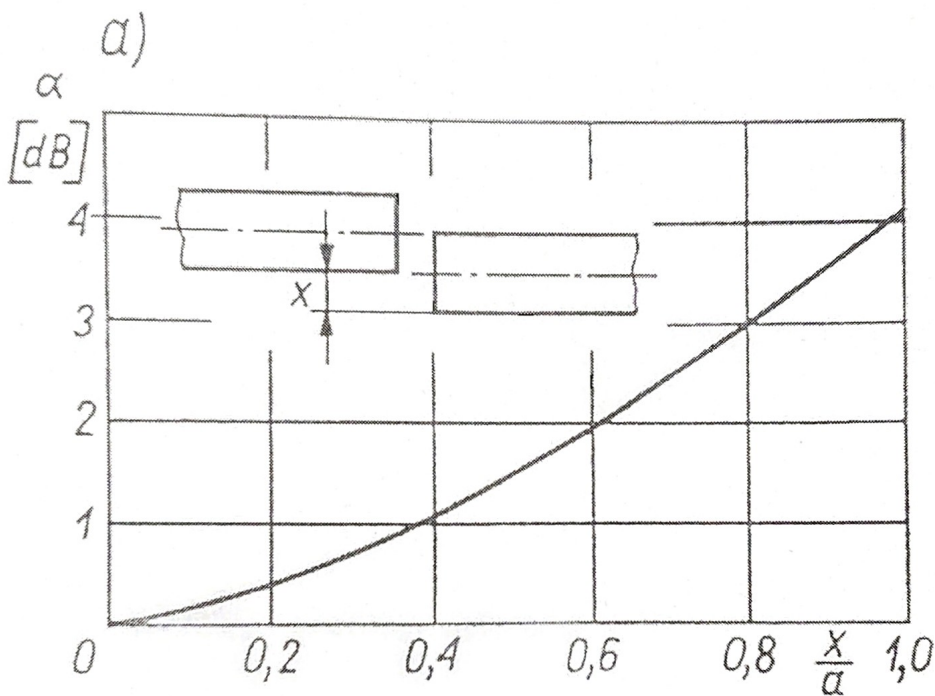
POPZECZNE PRZEMIESZCZENIA ŁĄCZONYCH ŚWIATŁOWODÓW POWODUJĄ ZMNIEJSZENIE POWIERZCHNI WZAJEMNEGO PRZEKRYCIA RDZENI ŚWIATŁOWODÓW.

DLA RÓWNOMIERNIEGO ROZKŁADU MOCY OPTYCZNEJ NA POWIERZCHNI CZOŁOWEJ ŚWIATŁOWODU (CO JEST RÓWNOWAŻNE Z PRZYJĘCIEM RÓWNOMIERNIEGO ROZKŁADU MODÓW) STRATY WYNIKAJĄCE Z PRZEMIESZCZENIA POPRZECZNEGO BĘDĄ PROPORCJONALNE DO STOSUNKU POWIERZCHNI PRZEKRYCIA RDZENI DO CAŁEJ POWIERZCHNI PRZEKROJU RDZENIA ($\pi a^2 = \pi r^2$)

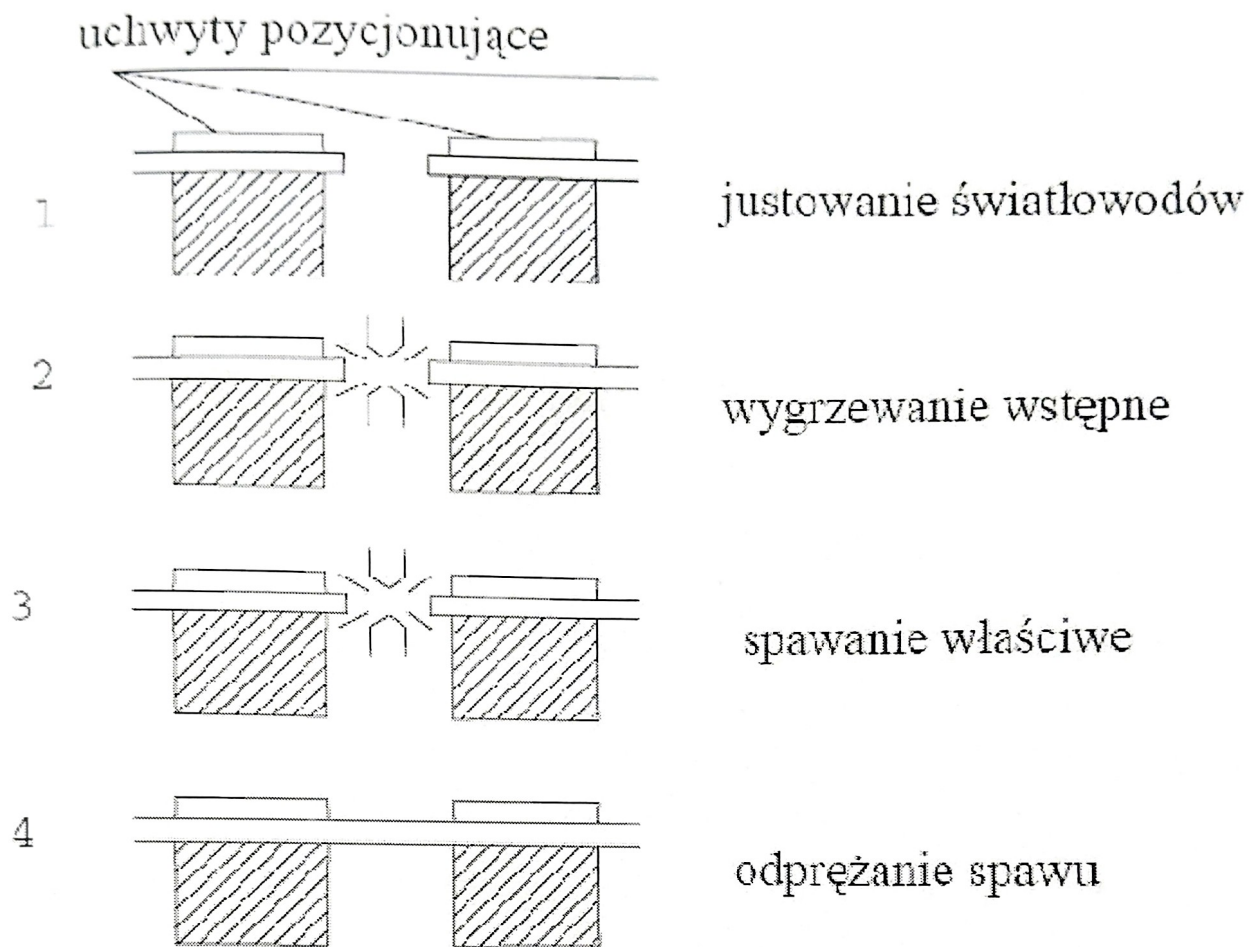


- A) Przesunięcie radialne osi łączonych światłowodów (x)
- B) Zmiana powierzchni przekrycia rdzeni światłowodów

ZALEŻNOŚĆ STRAT W FUNKCJI PRZEMIESZCZENIA
 POPRZECZNEGO DLA ŚWIATŁOWODÓW WIELOMODOWYCH O:
 A) SKOKOWYM, B) GRADIENTOWYM ROZKŁADZIE
 WSPÓŁCZYNNIKA ZAŁAMANIA



ETAPY PROCESU SPAWANIA ŚWIATŁOWODÓW



PARAMETRY ETAPÓW PROCESU SPAWANIA :

- wygrzewanie wstępne:
temperatura 600° - 800° C, czas trwania - pojedyncze sekundy
- wygrzewanie właściwe (spawanie):
temperatura 1600° - 1800° C, czas trwania - ułamek sekundy
- odprężanie :
temperatura 400° - 600° C, czas trwania - pojedyncze sekundy

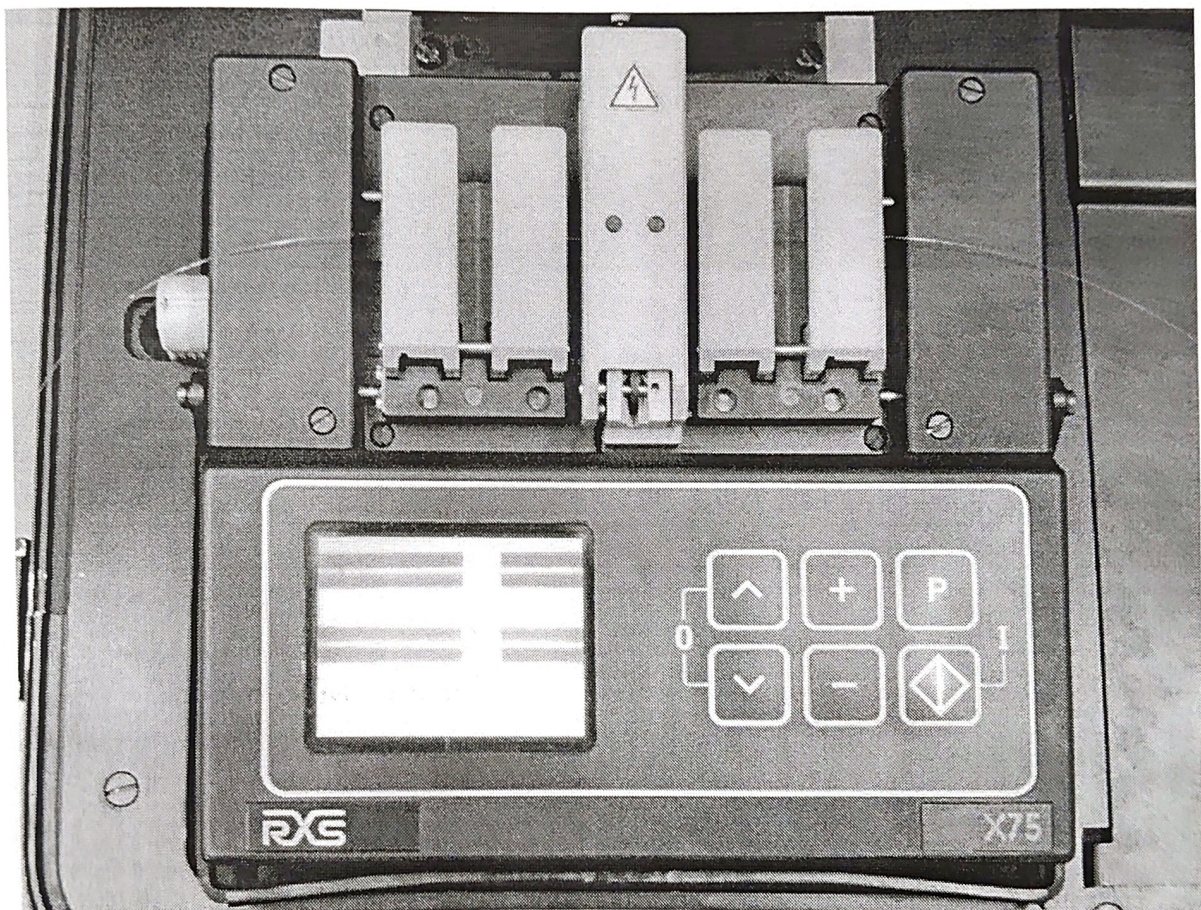
WYKONANY SPAW WYMAGA NAŁOŻENIE ZABEZPIECZENIA W POSTACI: KOSZULKI TERMOKURCZLIWEJ LUB METALOWEGO KLIPSA ZABEZPIECZAJĄCEGO

SPAWARKA ŚWIATŁOWODOWA RXS X75

W celu trwałego połączenia światłowodów szklanych wykonuje się proces ich spawania w łuku elektrycznym przy pomocy specjalistycznego sprzętu - spawarek światłowodowych.

Widoczna na zdjęciu spawarka światłowodowa znajduje się na wyposażeniu laboratorium Optoelektroniki i Techniki Światłowodowej. Przeznaczona jest do łączenia standardowych światłowodów telekomunikacyjnych jedno i wielomodowych, charakteryzujących się średnicą zewnętrzną równą $125 \mu\text{m}$.

Wymiary zewnętrzne spawarki wynoszą odpowiednio $173 \times 185 \times 90$ [mm], natomiast ciężar 1.6 kg.



Spawarka światłowodowa RXS X75.

Spawarka RXS X75 firmy SIEMENS to urządzenie automatyczne, w którym światłowodów pozycjonowane są przez zastosowanie systemu L-PAS (Lens Profile Alignment System). System L-PAS wykorzystującego dwie kamery CCD ustawione względem siebie prostopadłe. Służą one do detekowania położenia końców spawanych światłowodów i wyznaczenia tłumienia wykonanego połączenia spawanego.

Na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym widoczne są dwa obrazy tworzone przez kamery, przez co możliwa jest ocena czystości i prostopadłości powierzchni czołowych przygotowanych do spawania światłowodów (w dwu prostopadłych względem siebie kierunkach). Powiększenie oglądanych światłowodów jest rzędu 50^{\times} .

Dla wykonanego połączenia określana jest wartość tłumienia i można przeprowadzić test wytrzymałości na rozciąganie z siłą około 2.5 N.