

# SQ1GQC

## Paweł Sujkowski

"Kable semi-rigid. Problemy wykonania w warsztacie amatora. Teoria i alternatywne podejścia praktyczne."

16 Bydgoskie Spotkanie Mikrofalowe  
„μFale 2016”

- Dlaczego semi-rigid?
- Rodzaje kabli semi-rigid
- Jak to robią profesjonaliści?
- Co dostępne jest dla nas?
- Samodzielnie zaprojektowane i wykonane narzędzia i przyrządy do obróbki kabli
- Prezentacja wybranych fragmentów procesu wykonania

# Dlaczego semi-rigid?

Kable semi-rigid są jednym z rodzajów kabli koncentrycznych. W celu analizy ich właściwości, należy zakwalifikować je do koncentrycznych (współosiowych) linii transmisyjnych.



# Dlaczego semi-rigid?

Kabel semi-rigid zbudowany jest w postaci współosiowo ułożonych w stosunku do siebie: żyły środkowej oraz **pełnego** ekranu, rozdzielonych warstwą izolatora. Stosowane są różne materiały na wykonanie żyły środkowej. Występują kable z żyłą wykonaną z miedzi, stali, aluminium. Zawsze jednak, powierzchnia zewnętrzna pokryta jest cienką warstwą dobrego przewodnika – srebra bądź miedzi.

# Dlaczego semi-rigid?

Analogicznie pełny ekran wykonywany jest też z różnych metali. Występują kable z ekranem miedzianym, aluminiowym, stalowym.

Występują w postaci nie pokrywanej jak i pokrywanej. Na pokrycia stosowana jest cyna bądź srebro.

Izolator wykonany jest zazwyczaj z Teflonu® (PTFE) o różnym stopniu spienienia (zawartości powietrza).

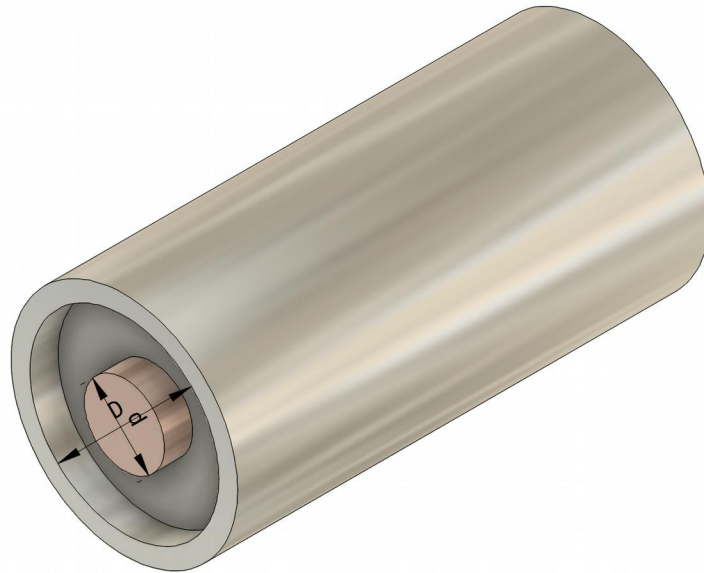
# Dlaczego semi-rigid?

Co wpływa na parametry kabli semi-rigid:

- Wymiary geometryczne
- Przewodność żyły środkowej i ekranu
- Materiał izolatora, jego stratność
- Jakość ekranowania

# Dlaczego semi-rigid?

Wymiary geometryczne



- $d$  – średnica zewnętrzna żyły środkowej
- $D$  – średnica wewnętrzna ekranu

# Dlaczego semi-rigid?

Od wymiarów geometrycznych zależą:

- Impedancja falowa (zależna od  $\frac{D}{d}$ )
- Tłumienie (większe wymiary => mniejsze tłumienie)
- Maksymalna częstotliwość pracy (związana z modami propagacji fali EM w linii transmisyjnej)

Dobór wymiarów jest zawsze kompromisem dla danej aplikacji (konieczność wyśrodkowania pomiędzy wykluczającymi się parametrami).



# Dlaczego semi-rigid?

Lepsza przewodność elektryczna materiałów przewodzących z których wykonane są żyła środkowa i ekran, powoduje zmniejszenie tłumienia. W praktyce stosuje się srebrzenie powierzchni (cienka warstwa wystarczy ze względu na zjawisko naskórkowości) bądź wykonuje się z miedzi.

# Dlaczego semi-rigid?

Jako izolator zazwyczaj stosowany jest Teflon® (PTFE). Idealem było by zastosowanie próżni bądź suchego powietrza, jednak wymogi mechaniczne to utrudniają.

Pełny ekran jest cechą charakterystyczną semi-rigid. Idealne ekranowanie jest powodem przewagi nad innymi rodzajami kabli szczególnie w zakresie mikrofalowym, powoduje jednak trudności w zastosowaniu tego rodzaju kabli.

# Rodzaje kabli semi-rigid

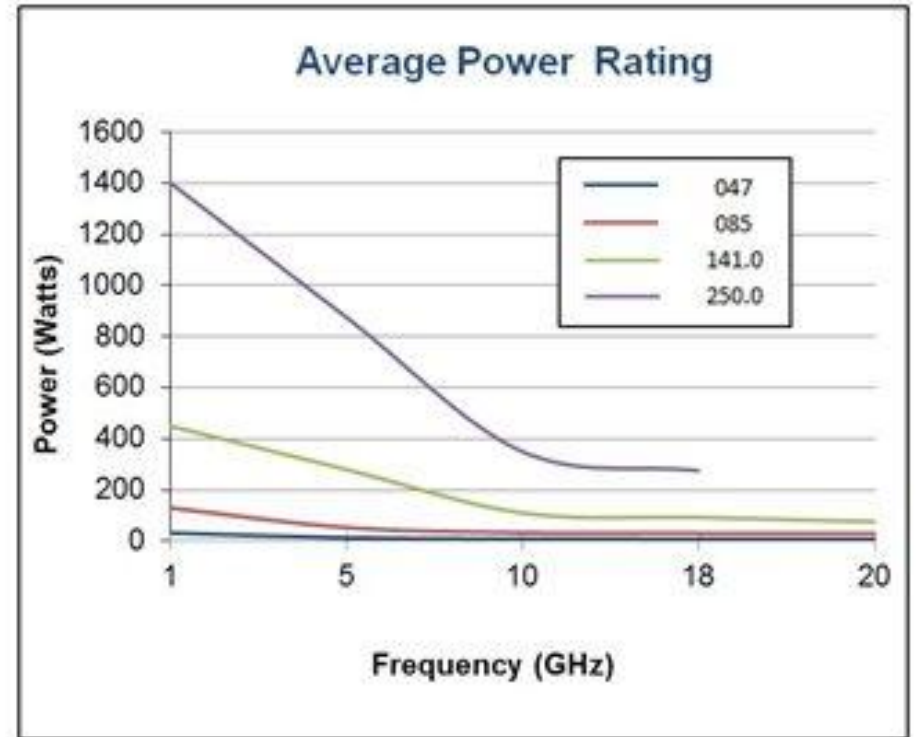
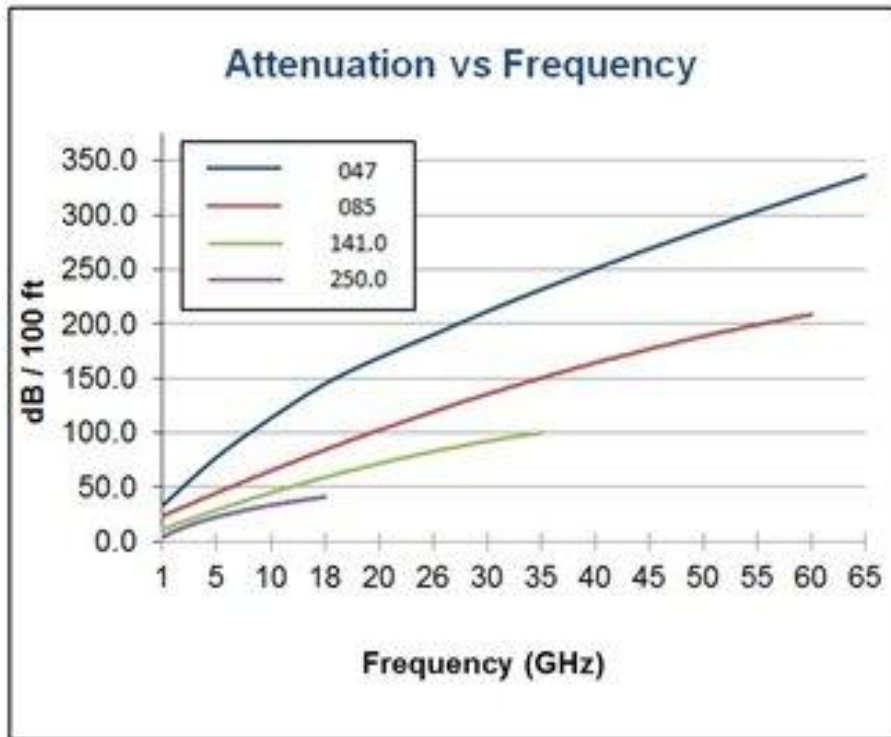
Kable semi-rigid dostarczane są zarówno ze znormalizowaną impedancją falową  $50 \Omega$  jak i innymi ( $25 \Omega$ ,  $75 \Omega$  i inne).

Instytucje normalizacyjne armii USA (jako bez wątplenia spory odbiorca o sporej sile perswazji) przyjęły swoje normy dla tych kabli. Normy te w większości zostały zaadoptowane przez przemysł i stanowią odniesienie.

# Rodzaje kabli semi-rigid

- RG401, średnica zewnętrzna 0,250"/6,35 mm, częstotliwość odcięcia 19 Ghz
- **RG402**, średnica zewnętrzna 0,141"/3,58 mm, częstotliwość odcięcia 34 Ghz
- **RG405**, średnica zewnętrzna 0,0865"/2,20 mm, częstotliwość odcięcia 61 Ghz
- średnica zewnętrzna 0,047"/1,14 mm, częstotliwość odcięcia 109 Ghz
- średnica zewnętrzna 0,034"/0,86 mm, częstotliwość odcięcia 155 Ghz

# Rodzaje kabli semi-rigid



# Jak to robią profesjonaliści?

Najbardziej znani wytwórcy maszyn i urządzeń służących do wytwarzania gotowych kabli semi-rigid mają swoje siedziby w USA.

- Seven Associates

<http://www.sevenassociates.com/>

- Florida RS Technology

<http://flrst.com/>

- Winton Machine

<http://www.wintonmachine.com>

- American Beauty Tools

<http://www.americanbeautytools.com>

# Jak to robią profesjonaliści?

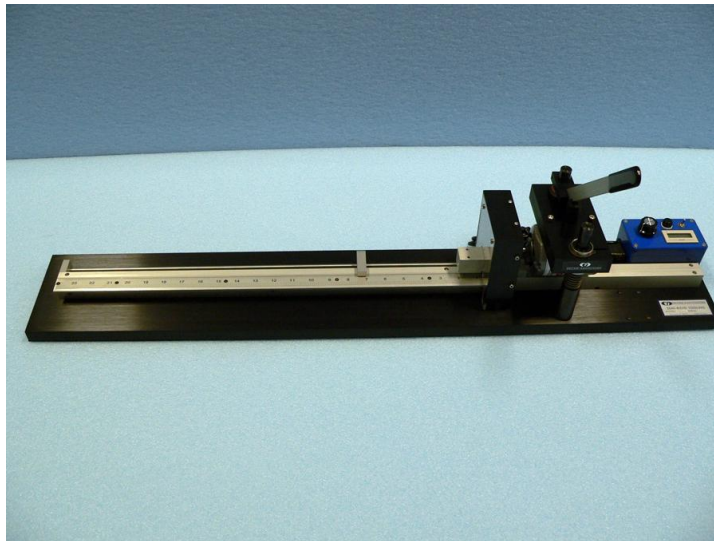
Proces wytworzenia kabla semi-rigid składa się z następujących operacji:

1. Cutting (przycięcie na wymaganą długość)
2. Stripping/triming (odizolowanie końcówki)
3. Pointing (zaostrzenie żyły środkowej)
4. Bending (wygięcie do wymaganego kształtu)
5. Soldering (przylutowanie złącz)
6. Testing (przetestowanie geometryczne i elektryczne)

Szczególne wymagania mogą spowodować konieczność zamiany kolejności niektórych operacji. W szczególności (wg prób Kazika SP7CKH) może zaistnieć potrzeba przeniesienia operacji bendingu na początek procesu.

# Jak to robią profesjonaliści?

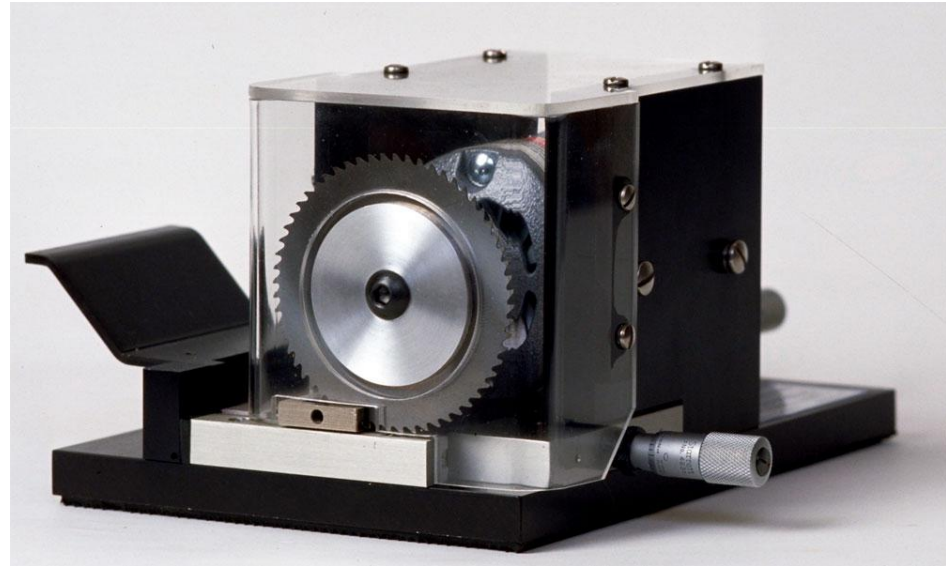
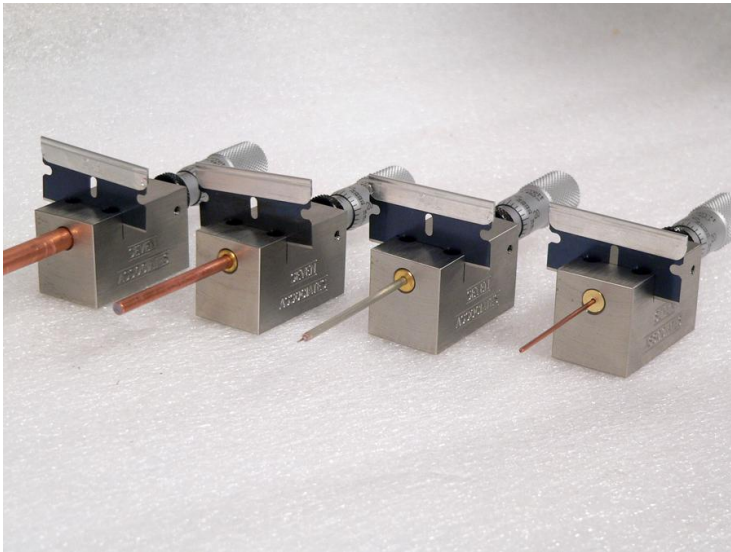
- Cutting





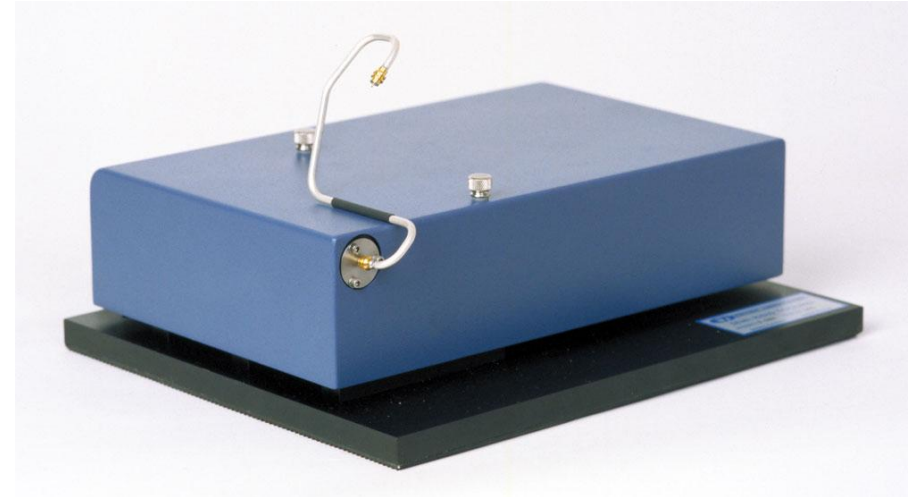
# Jak to robią profesjonaliści?

- Stripping/trimming



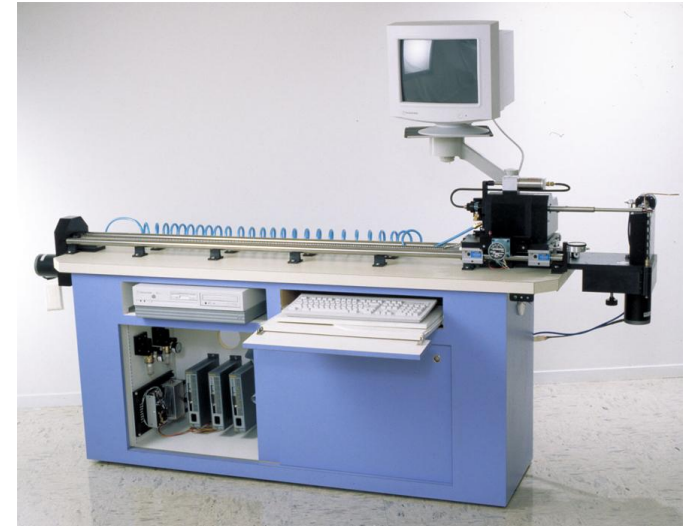
# Jak to robią profesjonaliści?

- Pointing



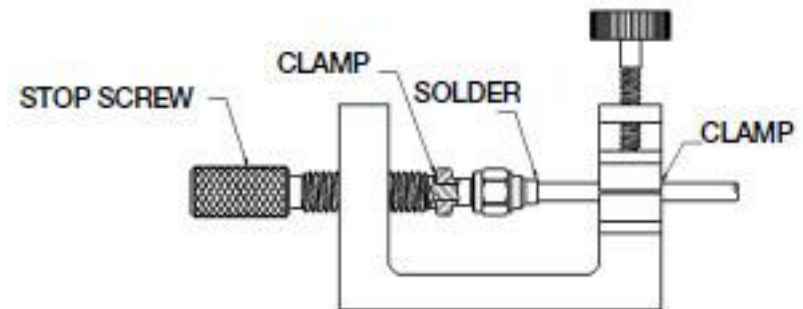
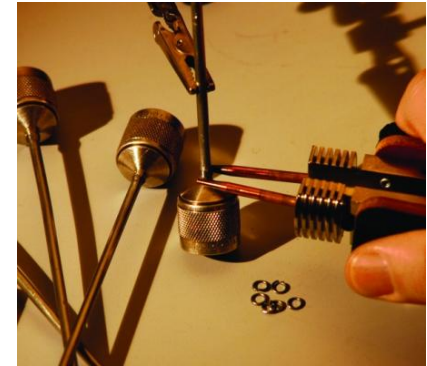
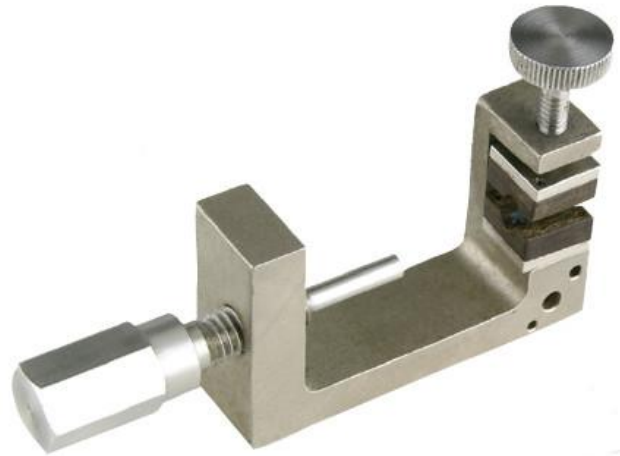
# Jak to robią profesjonaliści?

- Bending



# Jak to robią profesjonaliści?

- Soldering



# Jak to robią profesjonaliści?

- Testing



# Co dostępne jest dla nas?

Mimo groźnie wyglądającej profesjonalnej aparatury możliwe jest w warunkach dobrze wyposażonego warsztatu amatora poprawne wykonanie kabla semi-rigid. Część wyposażenia można pozyskać za pomocą serwisu aukcyjnego [ebay.com](http://ebay.com), część można wykonać samemu.

# Co dostępne jest dla nas?

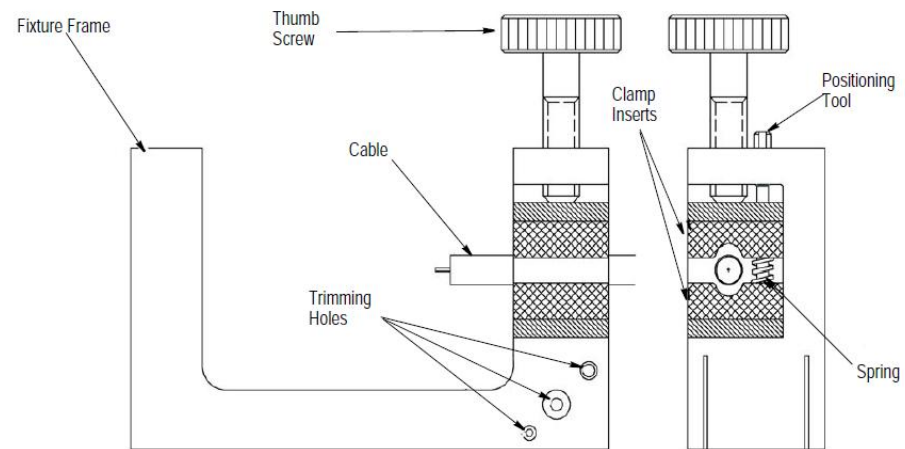
- Cutting



# Co dostępne jest dla nas?

- Stripping/trimming/pointing

Omni Spectra T200-500 (ebay, ~100 USD)



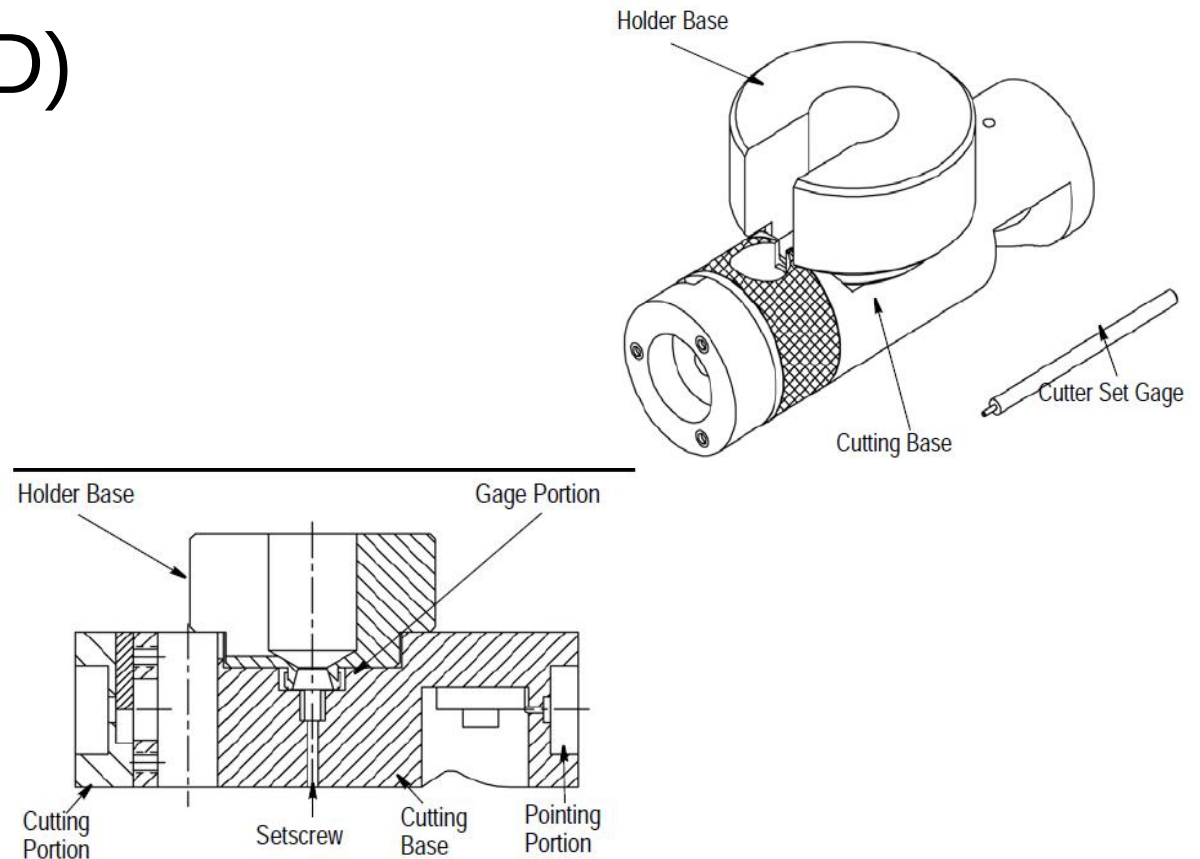


# Co dostępne jest dla nas?

- Stripping/trimming/pointing

TE Connectivity stripping/pointing tool

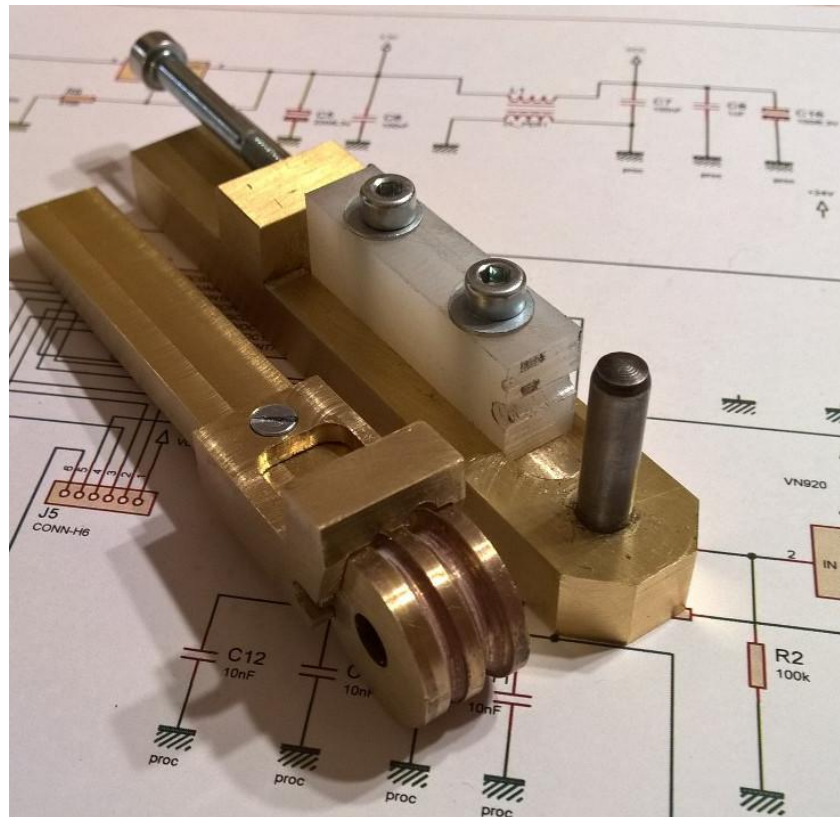
(ebay, ~300 USD)



# Co dostępne jest dla nas?

- Bending

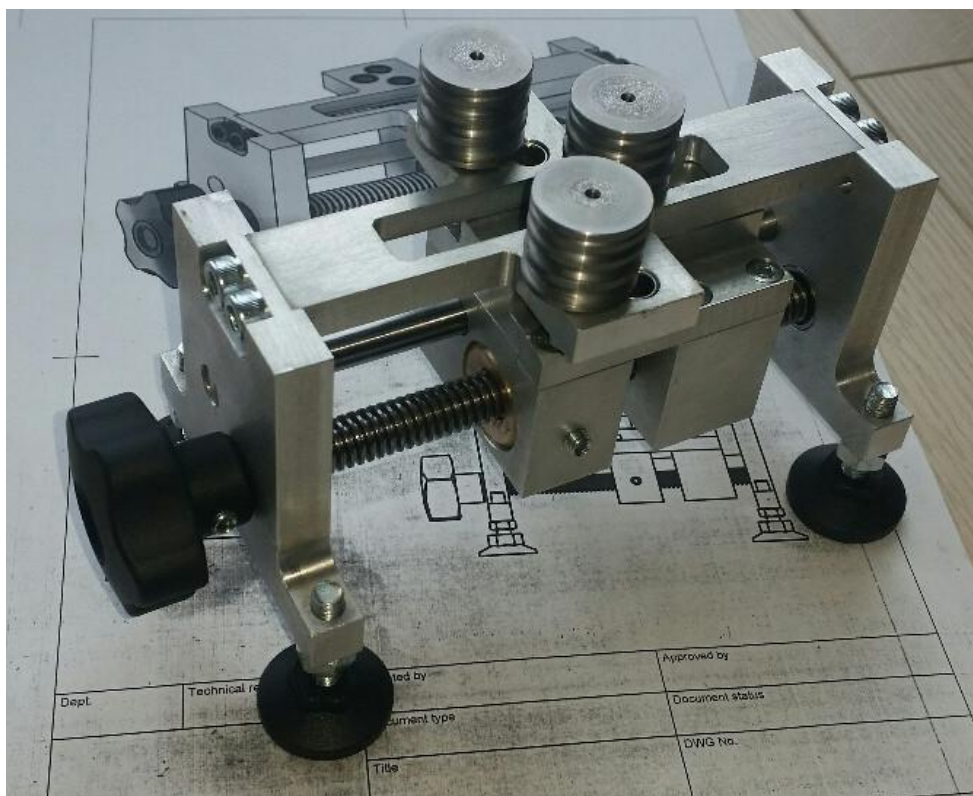
Giętarka według Kazika SP7CKH



# Co dostępne jest dla nas?

- Bending

Giętarka według Pawła SQ1GQC



# Co dostępne jest dla nas?

- Soldering

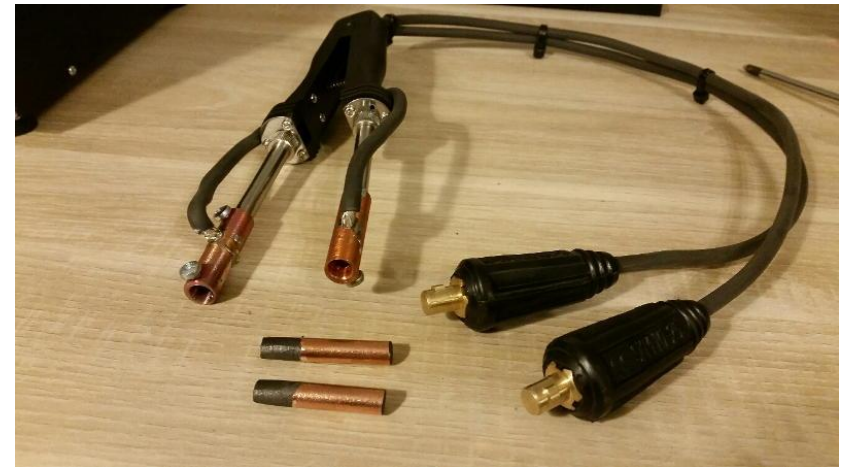
Szczypce do lutowania rezystancyjnego według Kazika SP7CKH



# Co dostępne jest dla nas?

- Soldering

Lutownica rezystancyjna według Pawła  
SQ1GQC



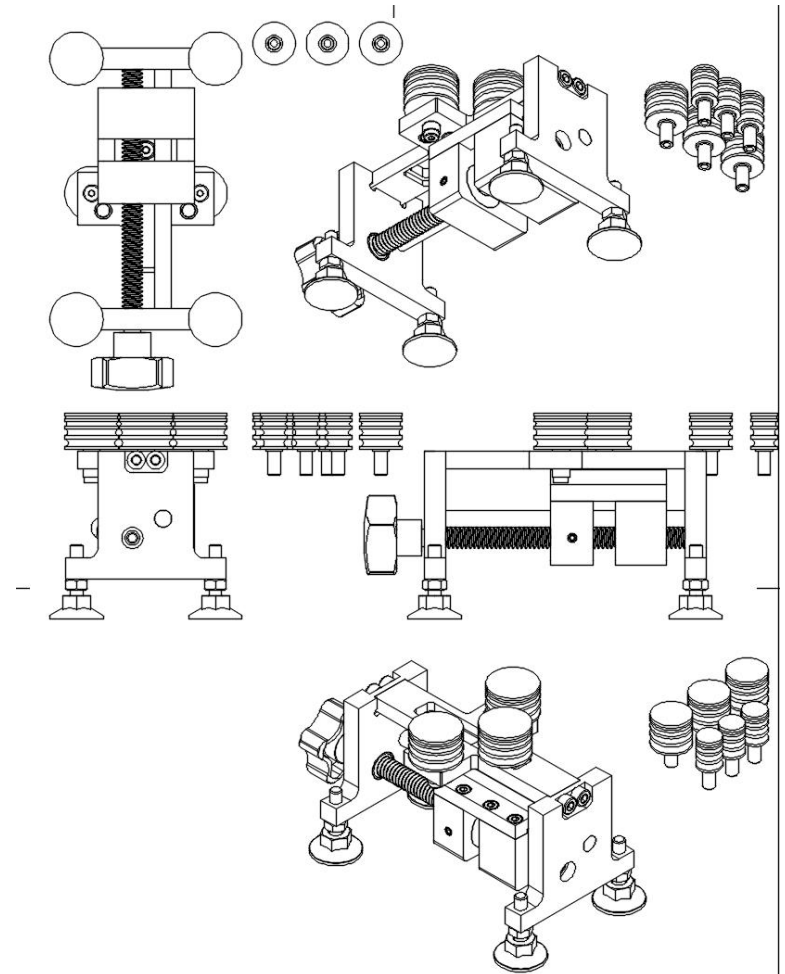
# Samodzielnie zaprojektowane i wykonane narzędzia i przyrządy

Giętarka wykonana na podstawie koncepcji giętarki ze sklepu [www.rfshop.co.uk](http://www.rfshop.co.uk) (~250 GBP za jeden rodzaj giętego kabla)

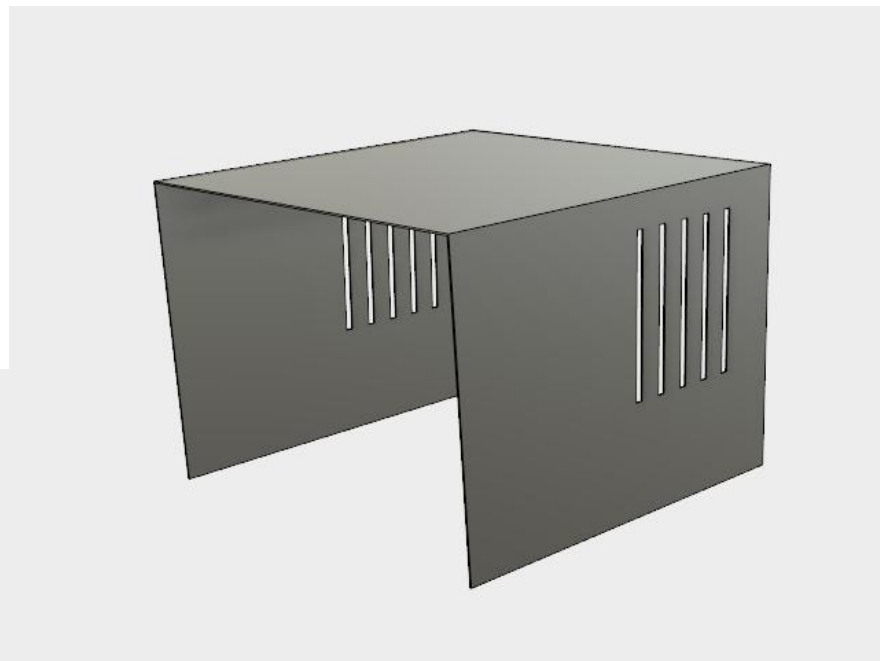


# Samodzielnie zaprojektowane i wykonane narzędzia i przyrządy

Projekt w programie Autodesk Fusion 360



# Samodzielnie zaprojektowane i wykonane narzędzia i przyrządy





# Samodzielnie zaprojektowane i wykonane narzędzia i przyrządy



# Samodzielnie zaprojektowane i wykonane narzędzia i przyrządy

Zasilacz lutownicy według Pawła SQ1GQC

- Autotransformator
- Transformator z kuchenki mikrofalowej 900 W
- Uzwojenie wtórne, przewód silikonowy 10 mm<sup>2</sup>
- Złącza spawalnicze

# Samodzielnie zaprojektowane i wykonane narzędzia i przyrządy

Szczypce lutownicy rezystancyjnej SQ1GQC

- Typowa termopenseta z allegro (~30 PLN)
- Tulejki miedziane
- Elektrody węglowe z pokryciem miedzianym



# Prezentacja wybranych fragmentów procesu wykonania