

# PROSTOWANIE PŁOMIENIOWE BEZUDAROWE

Proces spawania



Zasadnicza wada: odkształcenia spawalnicze gotowej konstrukcji.

Odkształcenia spawalnicze



Skutek występowania sił skurczowych powstających w wyniku nierównomiernego rozkładu temperatury w złączy spawanym.

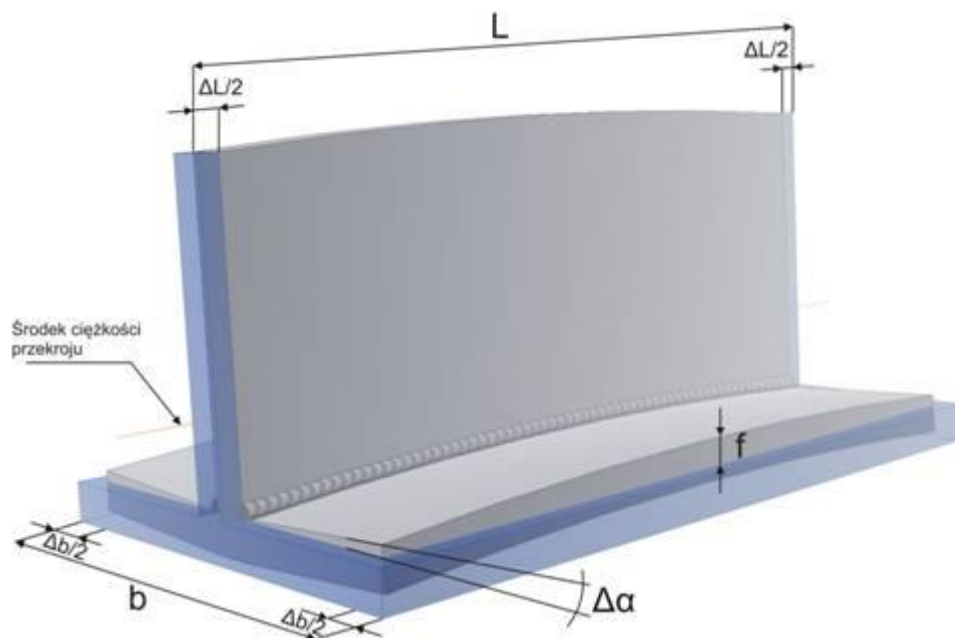
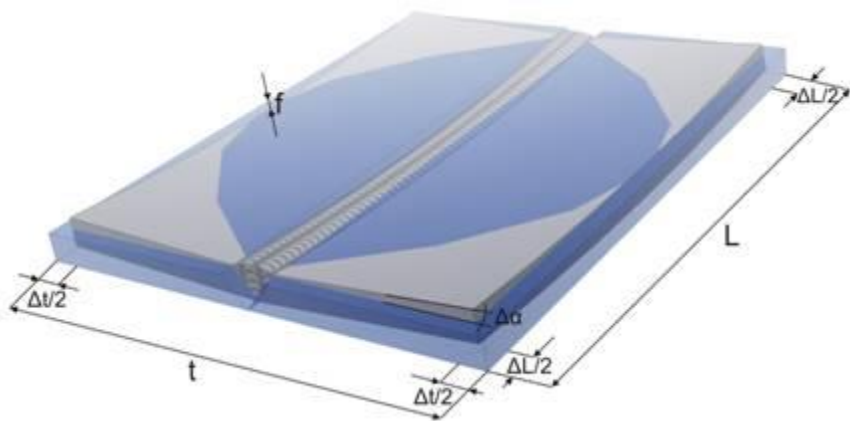
Skurcz spawalniczy



Ze względu na wielkość i charakter konstrukcji kadłubowych stanowi poważny problem zarówno dla projektantów, jaki i wykonawców.

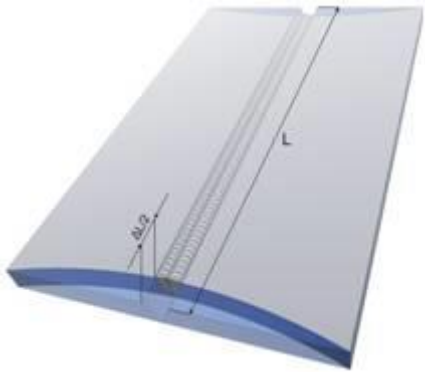
Problem występowania odkształceń spawalniczych powinien być, obiektem szczególnego zainteresowania wszystkich osób mających wpływ na efekt końcowy, jakim jest statek zaczynając od konstruktora a na wykonującej projekt stoczni kończąc.

Pojęciem **ODKSZTAŁCEŃ SPAWALNICZYCH** określa się zmiany wymiarów i kształtu elementów konstrukcji, które wystąpiły na skutek cyklu cieplnego spawania.

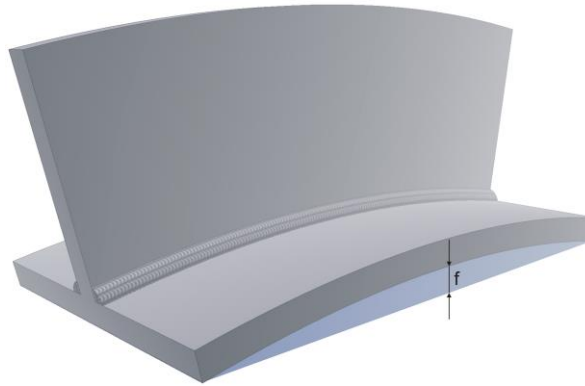


# RODZAJE ODKSZTAŁCEŃ

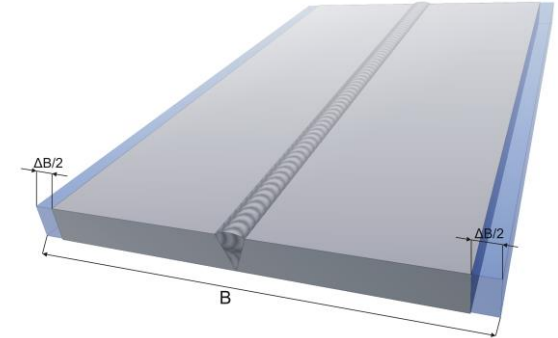
**Odkształcenie wzdlużne**



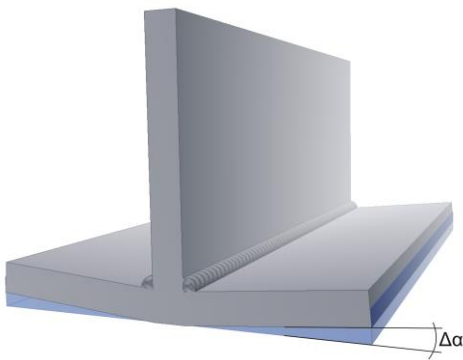
**Wygięcie**



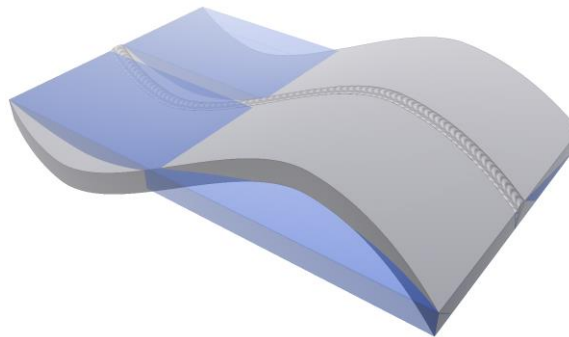
**Odkształcenie poprzeczne**



**Odkształcenie kątowe.**



**Utrata stateczności.**



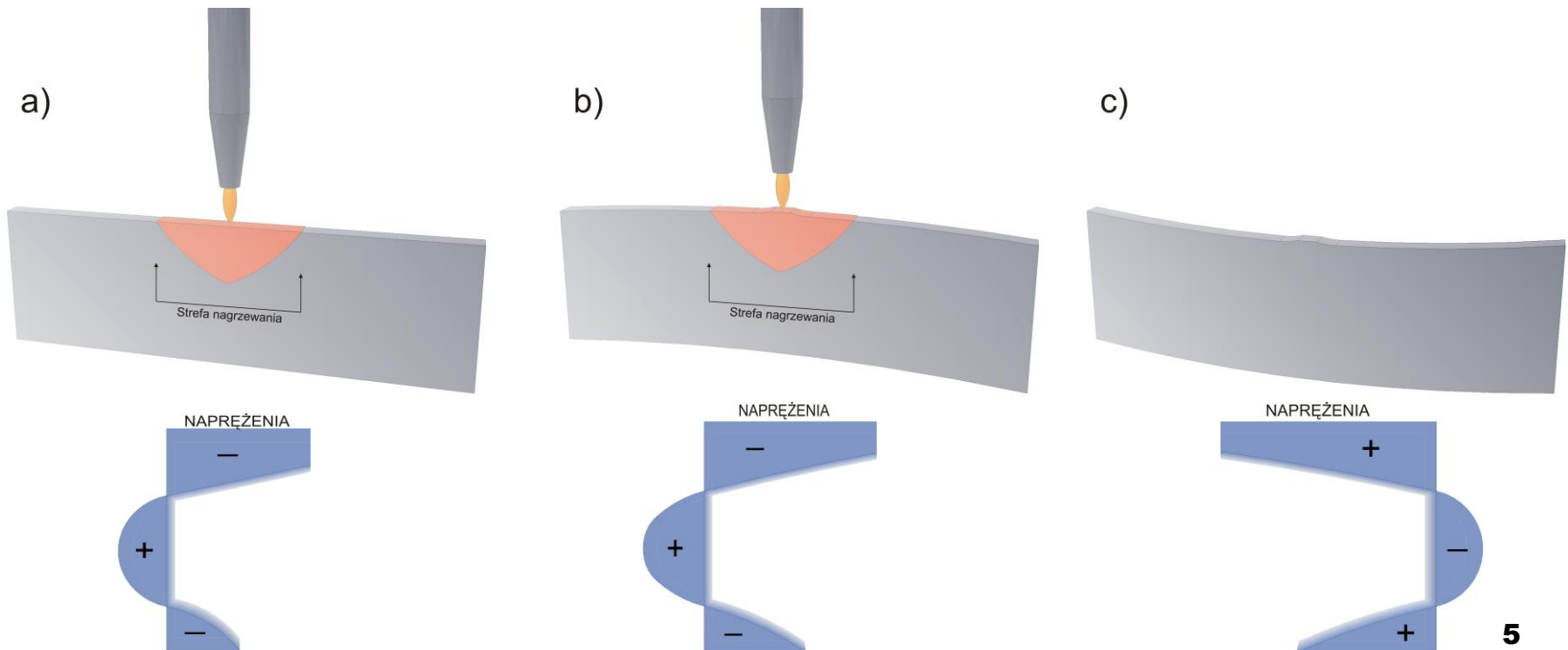
**Skręcenie**

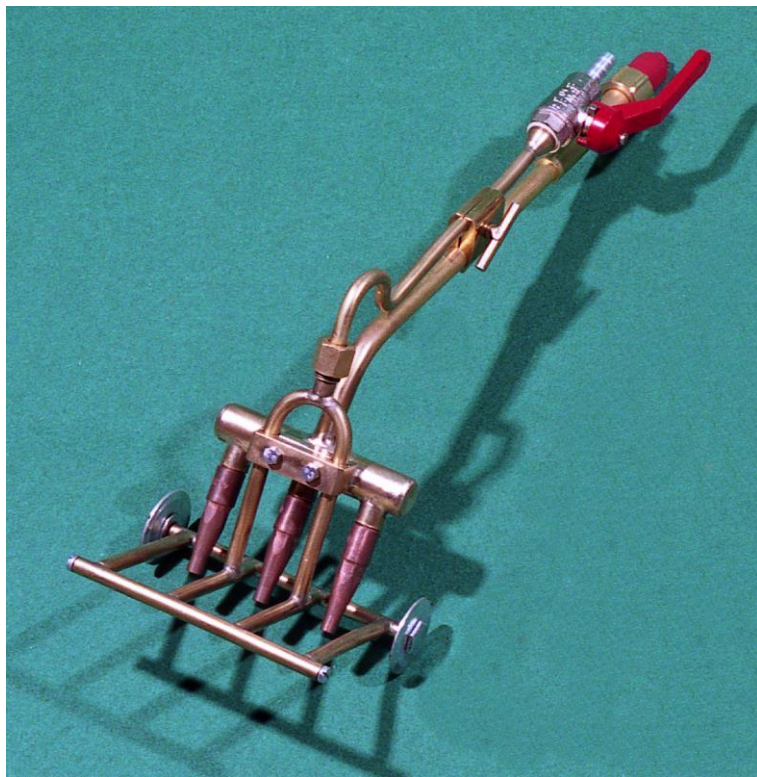


# USUWANIE ODKSZTAŁCEŃ

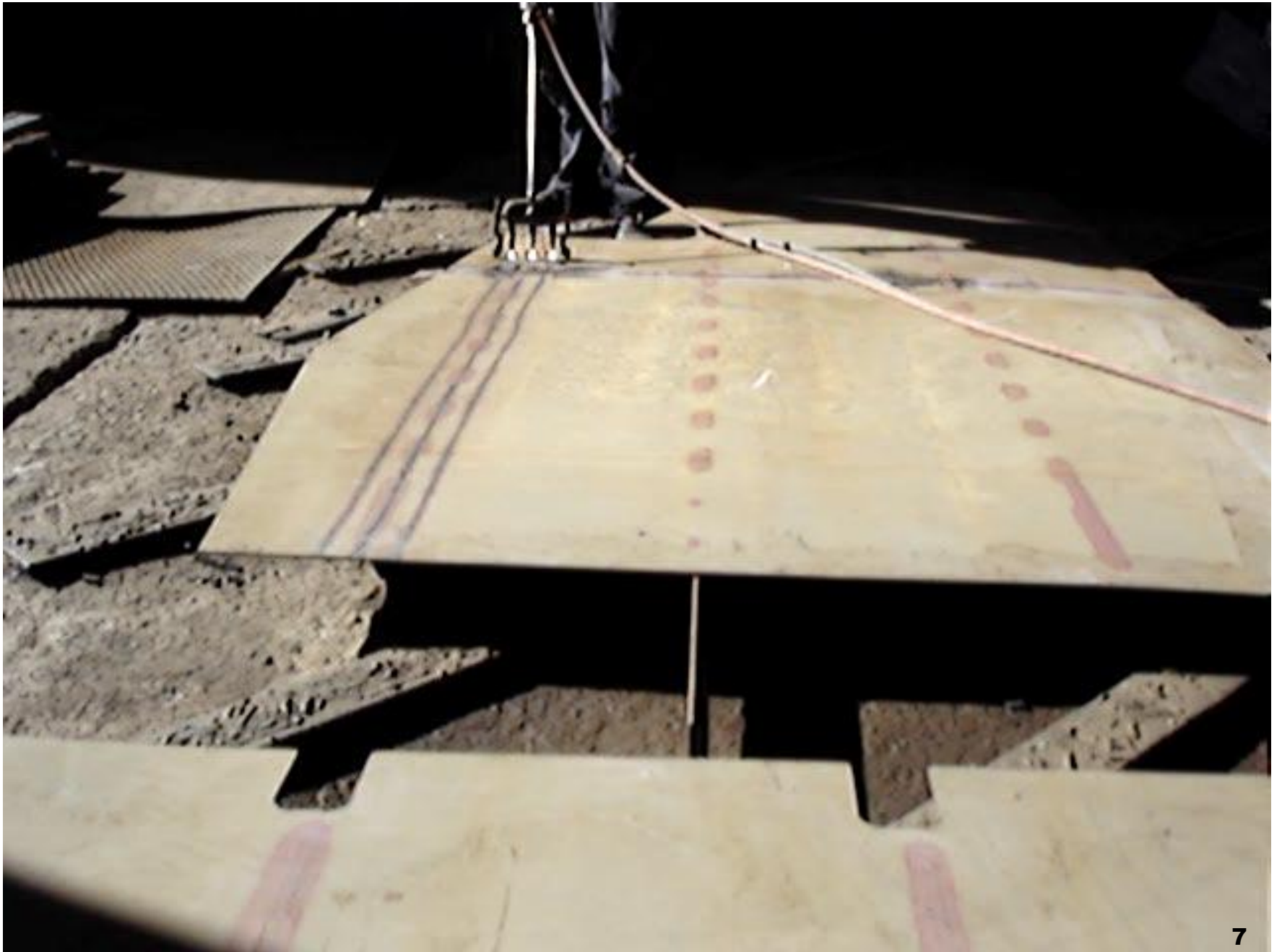
- Niedopuszczalne odkształcenia elementu po spawaniu, obniżające własności eksploatacyjne wyrobu i przyczyniające się do odrzucenia go jako nie nadającego się do dalszego użytkowania lub przerobu.
- Prostowanie płomieniowe ma na celu skorygowanie kształtu w taki sposób, aby wyrób końcowy spełniał narzucone wymagania projektowe.

## MECHANIZM PROSTOWANIA PŁOMIENIOWEGO









## USUWANIE ODKSZTAŁCEŃ BLACH CIENKICH

- Trudności wykonawcze rosnące wraz ze spadkiem grubości blachy.
- Występowanie zjawiska utraty stateczności blachy w rejonie nagrzania wynikające z niekorzystnych proporcji pomiędzy szerokością obszaru nagrzania a grubością blachy.

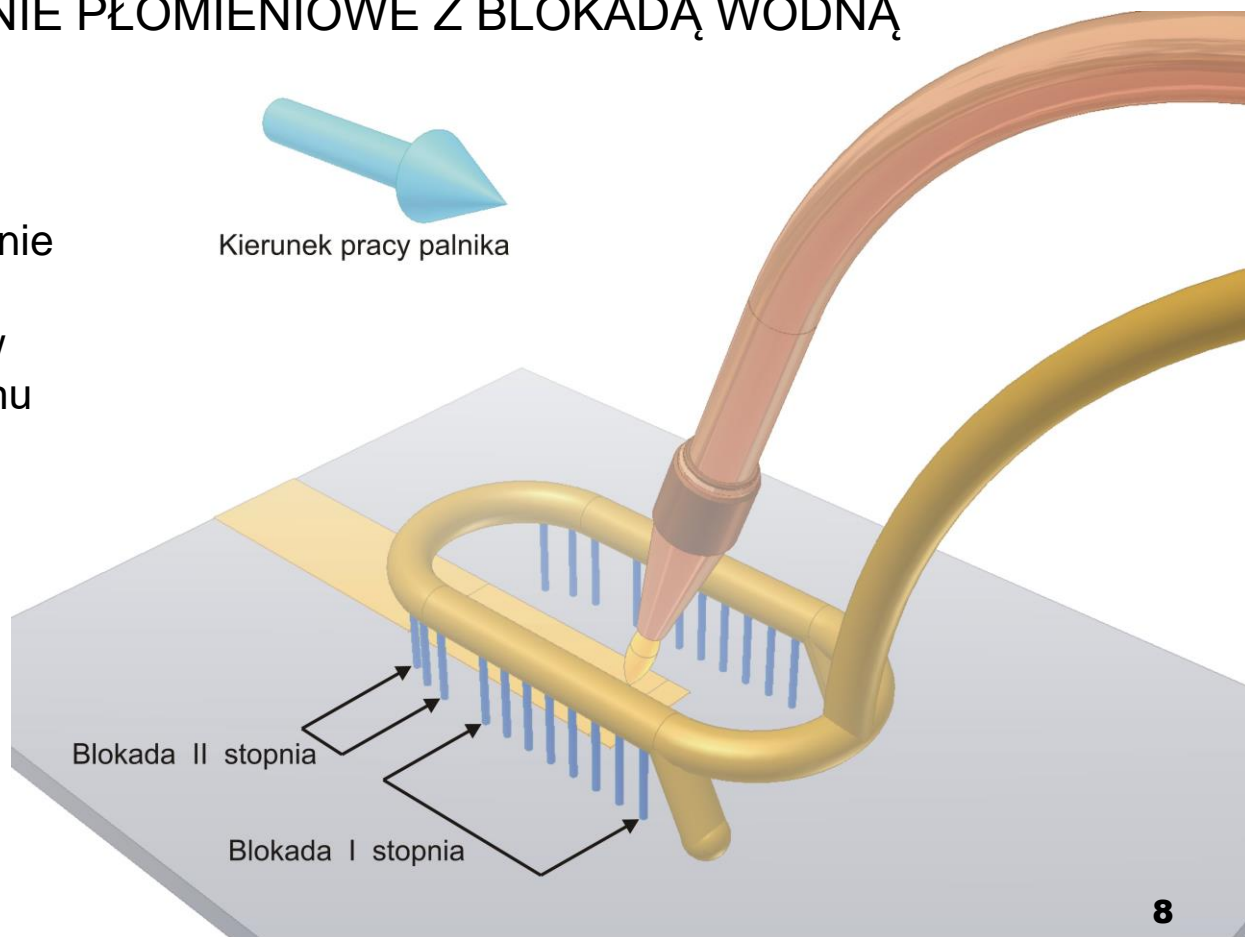
### PROSTOWANIE PŁOMIENIOWE Z BLOKADĄ WODNĄ

#### Blokada I stopnia

Woda chłodzi materiał po obu stronach nagrzewanego pasa nie dopuszczając do rozprzestrzeniania się ciepła w kierunku prostopadłym do ruchu palnika.

#### Blokada II stopnia

zapewnia dodatkowe chłodzenie przyspieszając stygnięcie prostowanych rejonów.





Proces prostowania (kształtowania) płomieniowego wymaga:

Odpowiedniego **oprzyrządowania**: palniki, uchwyty, urządzenia do chłodzenia itp.

**Wiedzy** dotyczącej umiejscowienia źródeł ciepła i miejsc chłodzenia.

**Przyrządów pomiarowych**: przymiary, liniały, struny z uchwytami do nich, szczelinomierze, czujniki itp.

Wielkość odkształcenia wywołanego oddziaływaniem cieplnym zależeć będzie od:

- gatunku materiału (współczynnika rozszerzalności cieplnej)
- grubości materiału
- rodzaju źródła ciepła (typ palnika, rodzaj gazu)
- przyrządów pomocniczych
- doświadczenia operatora (**przede wszystkim !!!**)

## **Podstawowe warunki rozpoczęcia procesu prostowania płomieniowego konstrukcji okrętowych**

**Obiekt przeznaczony do prostowania musi być zakończony konstrukcyjnie.**

Spełnienie tego warunku wymaga zakończenia głównych prac spawalniczych, montażowych, wycięcia wszelkich otworów, wykonania poprawek itp., a w miarę możliwości uzbrojenia konstrukcji w spawane elementy wyposażenia.

**Obiekt przeznaczony do prostowania winien być poddany uprzedniej analizie charakteru i pochodzenia odkształceń.**

Analiza taka często jest połączona z koniecznością określonych lokalnych lub ogólnych pomiarów stanowiących podstawę do opracowania strategii prostowania całej konstrukcji

**Przygotowanie strategii i planów szczegółowych prostowania**

**Analiza sposobów podparcia konstrukcji i przygotowanie niezbędnego oprzyrządowania.**

Spełnieniu tego warunku ma na celu wzrost skuteczności nagrzewania oraz uniknięcie prostowania w warunkach swobodnego zwisu konstrukcji, co na ogół powiększa stan deformacji.

## **Zasady prostowania konstrukcji okrętowych**

Zasada nagrzewania elementów w kolejności wynikającej z ich sztywności

### **Prostowania rusztu usztywnień**

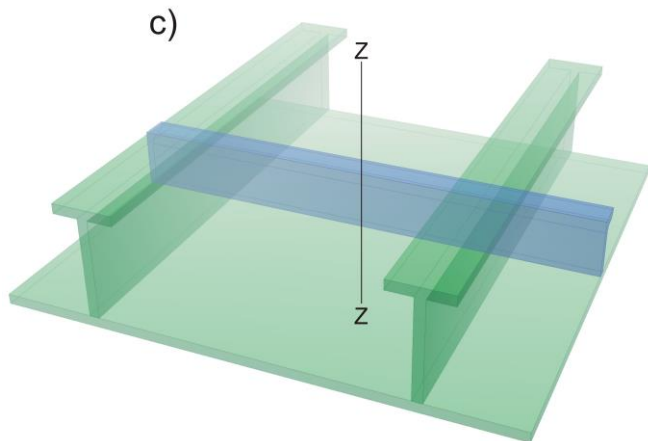
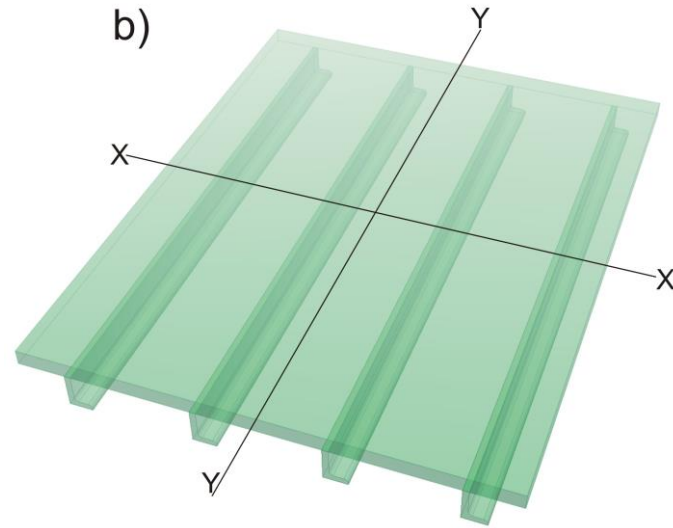
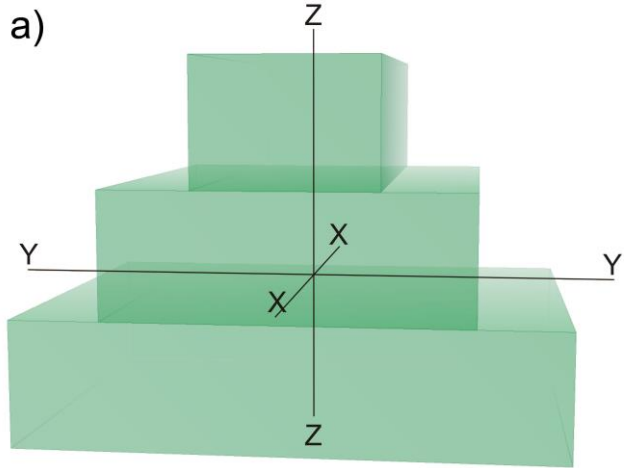
Największe usztywnienia ramowe

Prostowanie pozostałych usztywnień

### **Prostowanie poszycia**

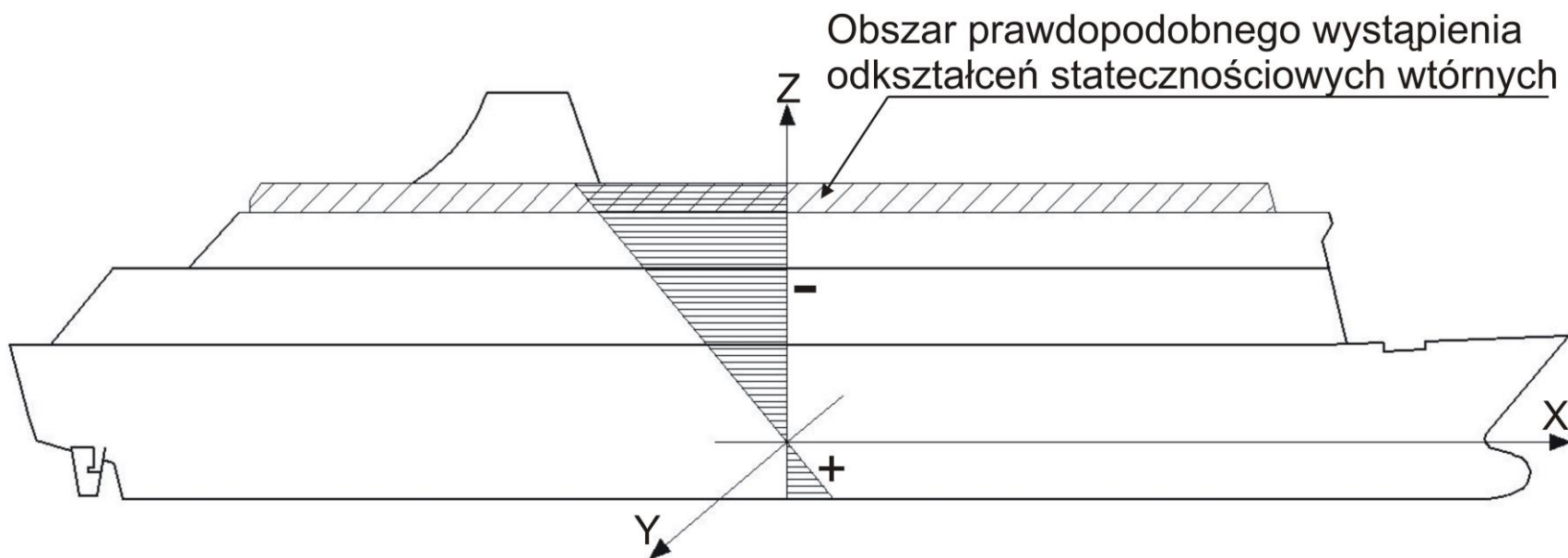
- nagrzewanie poszycia wzdłuż linii przebiegu usztywnień. Nagrzewanie to stosuje się w miarę potrzeby w pierwszej kolejności dla usztywnień ramowych a następnie dla innych usztywnień przebiegających w obszarze pomiędzy usztywnieniami ramowymi.
- nagrzewanie rejonów skrzyżowań spoin czołowych,
- nagrzewanie pozostałych obszarów wzdłuż spoin czołowych,
- nagrzewanie obszarów blach pomiędzy usztywnieniami,
- nagrzewanie krawędzi otworów,
- nagrzewanie krawędzi swobodnych.

Zasada symetrii nagrzewania względem głównych osi prostowanego elementu.



Układ osi wyznaczających symetrię nagrzewania: a) przestrzennego, b) płaskiego (sekcja płaska), c) odcinka usztywnienia.

W szczególnie skrajnych przypadkach rozległych kadłubów i długich ciągłych nadbudówek skutkiem nakładania się znacznych sił technologicznych wywołanych spawaniem i zmasowanym prostowaniem może być pojawienie się wtórnych odkształceń statecznościowych górnych rejonów kadłuba



Zmasowane prostowanie górnych rejonów może doprowadzić do ogólnego wygięcia całego kadłuba (utrata prostoliniowości linii stępki).





## TRANSGARD-PRZEBUDOWA

Stocznia podjęła się pod koniec 2004r. nowego, bardzo trudnego i złożonego wyzwania przebudowy kontenerowca (sto/ro) o nazwie TRANSGARD należącego do armatora z Finlandii.

Dotychczas Stocznia specjalizowała się w przebudowach polegających na przedłużaniu jednostek. Tym razem jednostka po przebudowie zachowa taką samą długość tj. 138,5 m, lecz będzie znacznie wyższa. Przebudowa polega na dobudowaniu dodatkowych pokładów do przewozu samochodów.

Ponad 850 ton stali wbudowanej w formie dodatkowych pokładów samochodowych znacznie zwiększyło możliwości przewozowe jednostki (dodatkowo jednostka może przewieźć 1200 sztuk samochodów osobowych). Sprefabrykowane wcześniej pokłady w formie 6 modułów o łącznej długości 106 m, wykonane z blachy cienkościennej o grubości 5,5 mm zamontowano na jednostce stojącej przy nabrzeżu, bez konieczności jej dokowania. Przy okazji przebudowy Stocznia wymieniła 30 tonową przekładnię redukcyjną, ustawiła na nowo cały główny napęd. Wymieniono 5 km. kabli elektrycznych i ok. 2 km przewodów hydraulicznych oraz pomalowano przeszło 30 000 m kw. powierzchni wybudowanych stalowych konstrukcji.

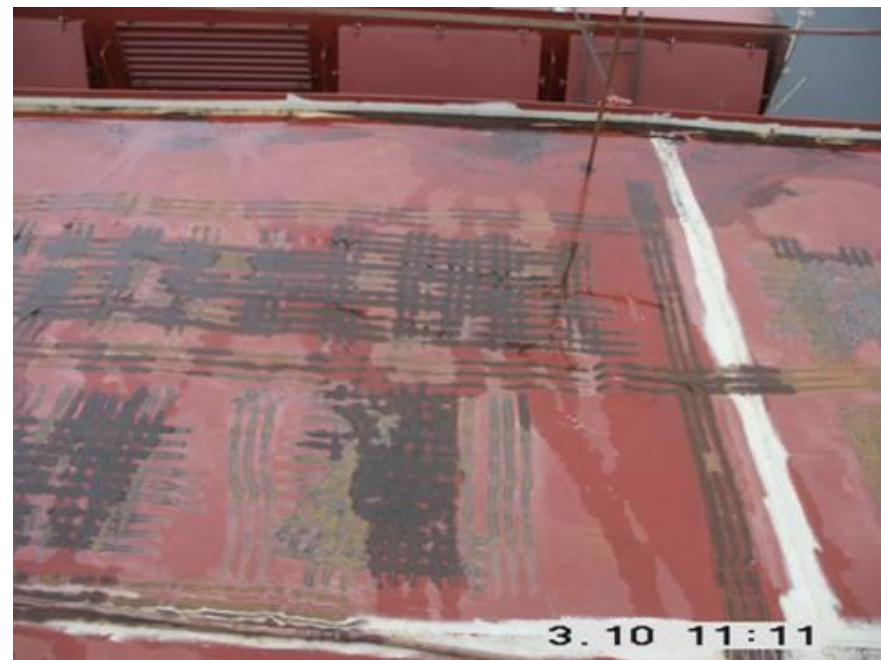
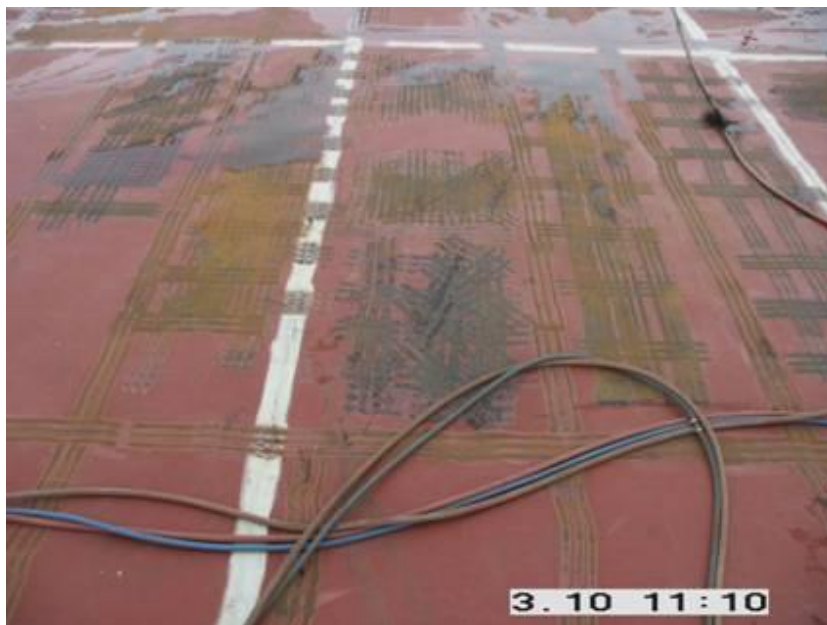
„Nauta” jednostka „TRANSGARD”.



Powodem powstania dużych odkształceń górnych rejonów nadbudówki było nałożenie się sił technologicznych wywołanych nieskoordynowanym spawaniem i prostowaniem poszczególnych bloków nadbudówki.

Na zdjęciu widoczna jest skala deformacji pokładu górnego.





Na zdjęciach widoczne są efekty zmasowanego prostowania konstrukcji, które nie daje wyraźnego zmniejszenia odkształceń, a powoduje jedynie powstanie odkształceń wtórnych rejonów sąsiadujących.



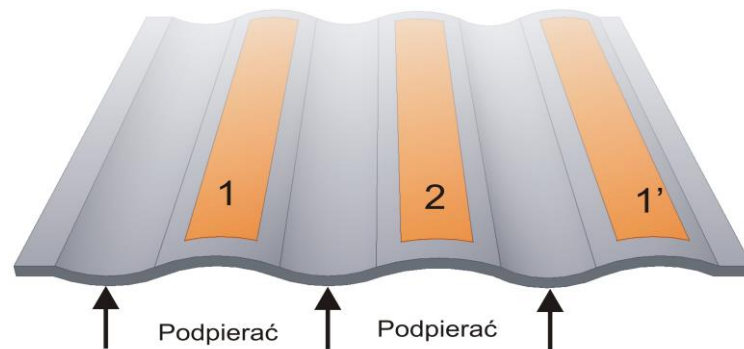
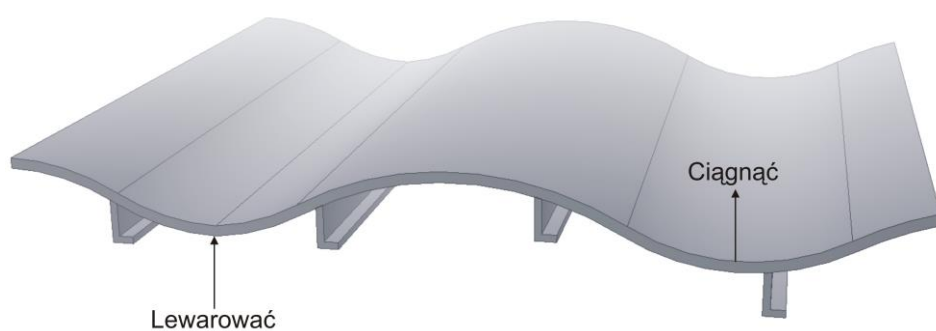


Na zdjęciach widoczne są efekty niezaplanowanego grzania, brak kontroli nad stopniowym zmniejszaniem wielkości odkształceń całości konstrukcji tworzy rejony koncentracji odkształceń wtórnych wymagające dużej ilości grzania.

Zmasowane prostowanie mające na celu doprowadzenie konstrukcji do zamierzonych wymiarów prowadzi do powstania sytuacji jak na zdjęciach, a także może doprowadzić do sytuacji uniemożliwiającej dalsze efektywne prostowanie i kwalifikującej dany rejon do wypalenia i wstawienia wstawki

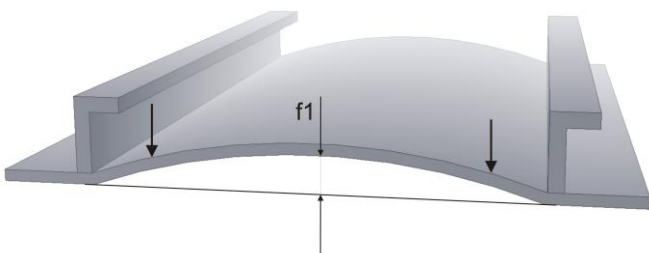


- Zasada nagrzewania odkształcenia od strony wypukłości.
- selektywne wykorzystanie skurczu w obszarach nadmiaru materiału
- wyeliminowanie załamывania się materiału w rejonie uplastycznionym oddziaływaniem ciepła.

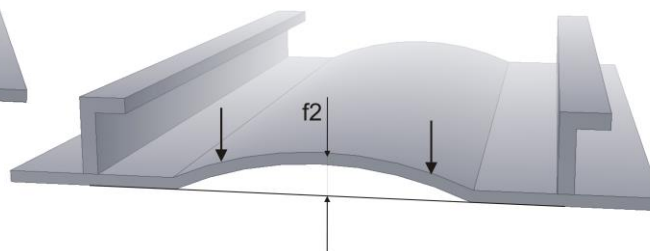


- Zasada stopniowego zmniejszania strzałki wygięcia.

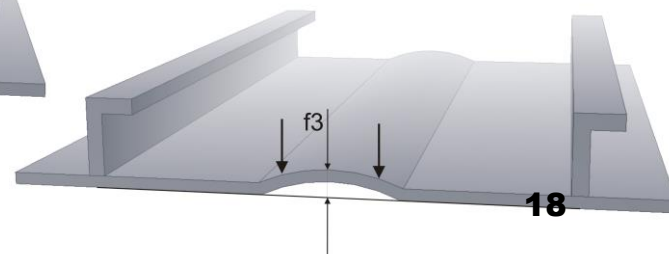
Charakter odkształcenia i lokalizacja pierwszych nagrzań



Charakter odkształcenia po pierwszym nagrzaniu i lokalizacja następnego nagrzania

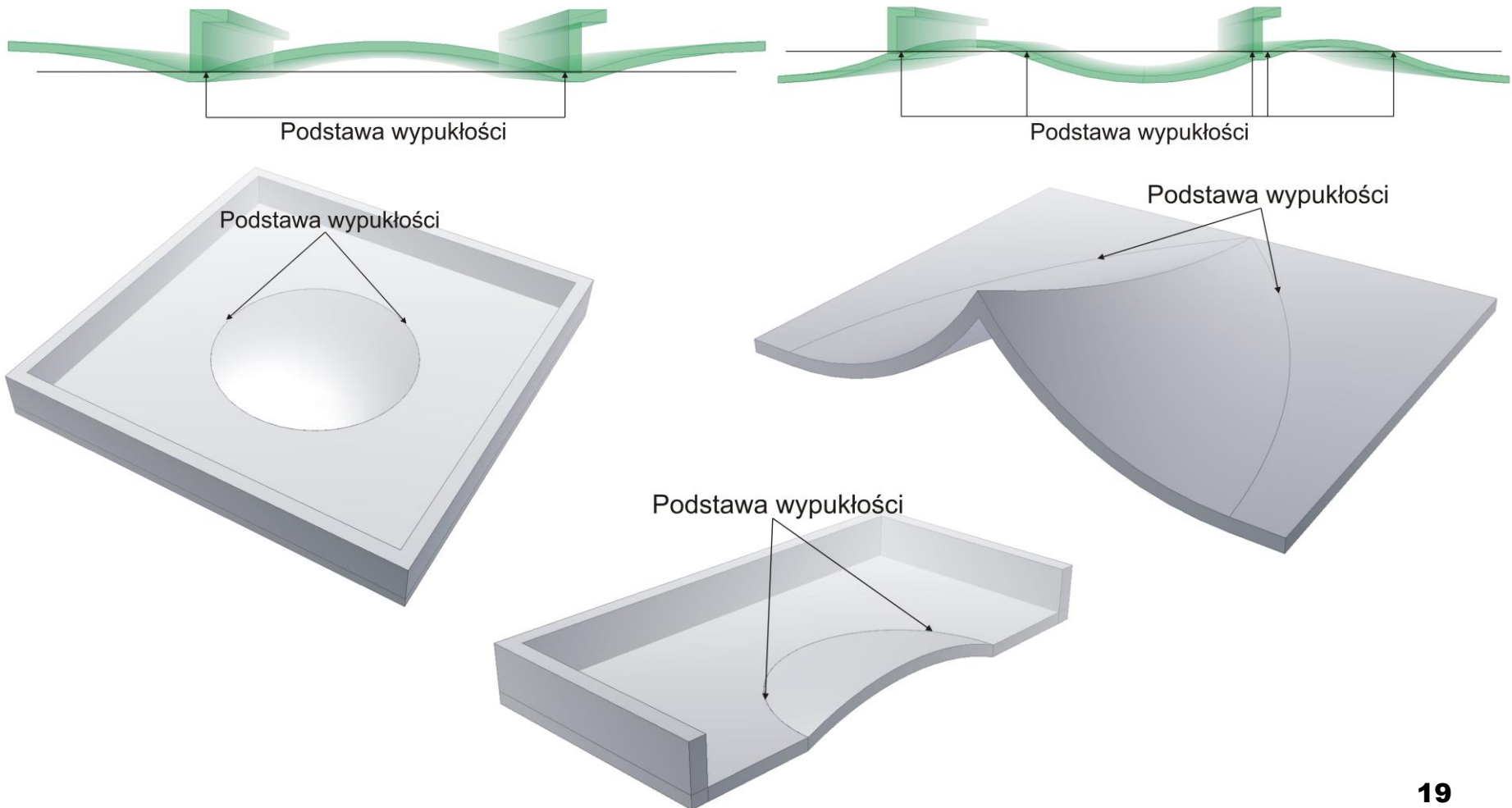


Charakter odkształcenia po drugim nagrzaniu i lokalizacja następnego nagrzania



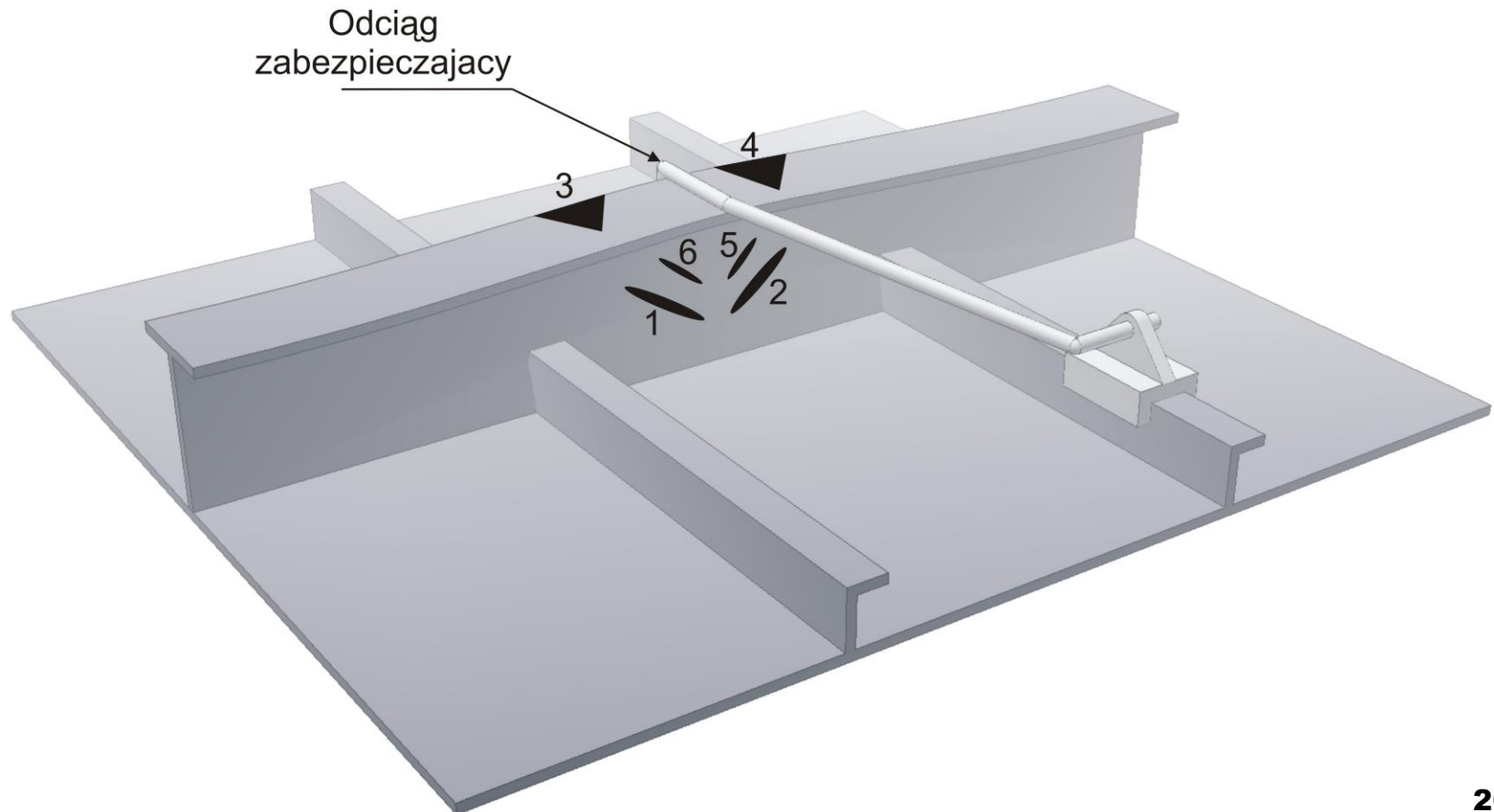


- Zasada nagrzewania zbocza wypukłości równoległe do podstawy wypukłości.
- maksymalne wykorzystanie zróżnicowania sił skurczowych, występującego przy nagrzewaniu pasowym.

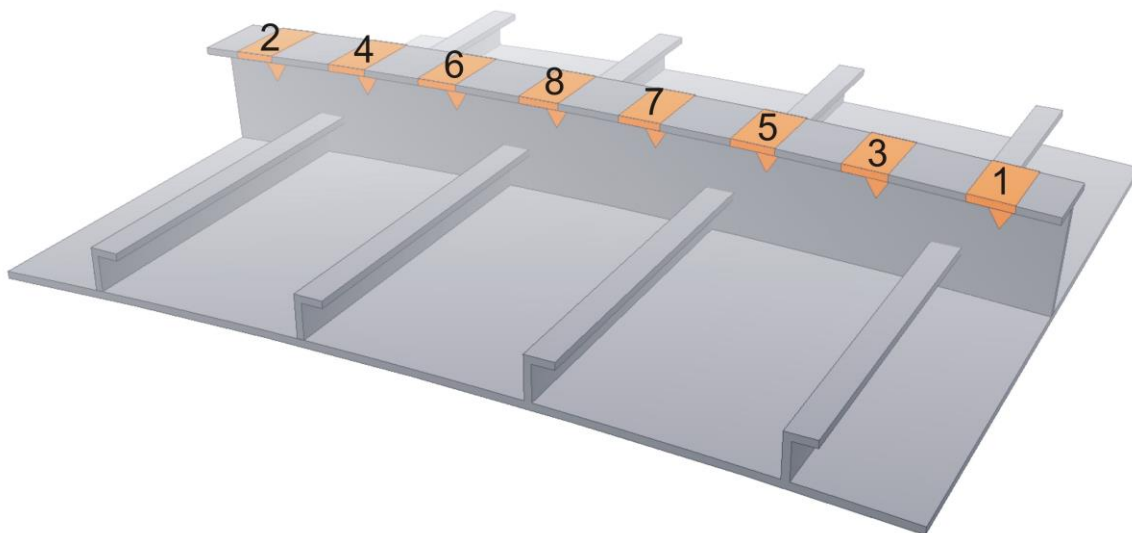
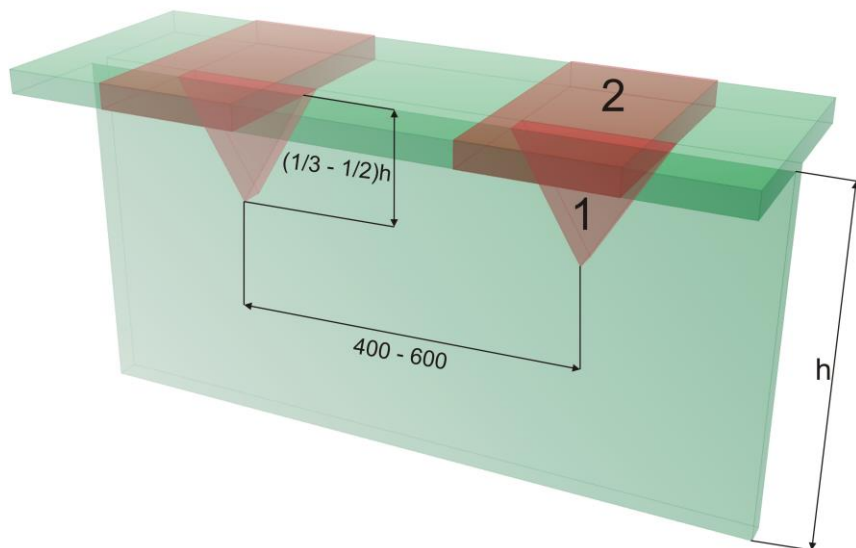


## PRZYKŁADOWE FORMY ŚLADÓW NAGRZANIA W ODNIESIENIU DO TYPOWYCH FORM ODKSZTAŁCEŃ.

- Prostowanie wygięć usztywnień.
  - usunięcia wygięć bocznych
  - uchwycenie miejsca wygięcia statecznościowego poprzez oprzyrządowanie

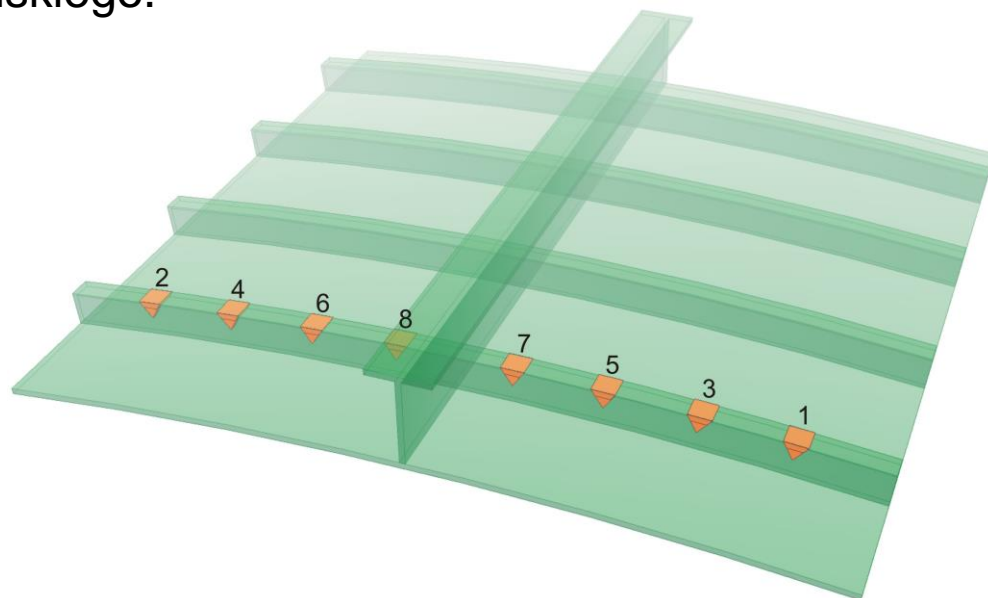
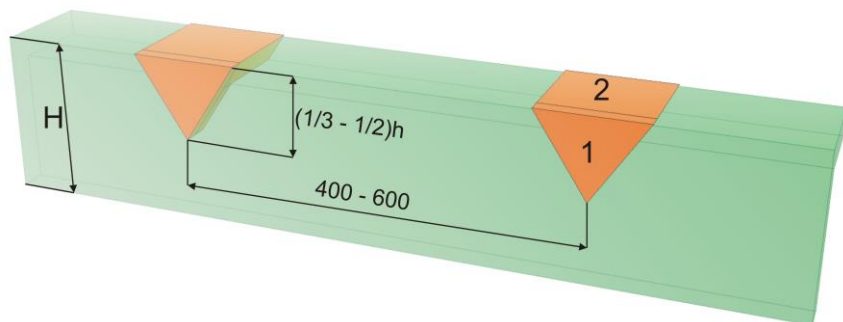


- Prostowanie wygięcia usztywnienia ramowego wypukłością od strony półki .



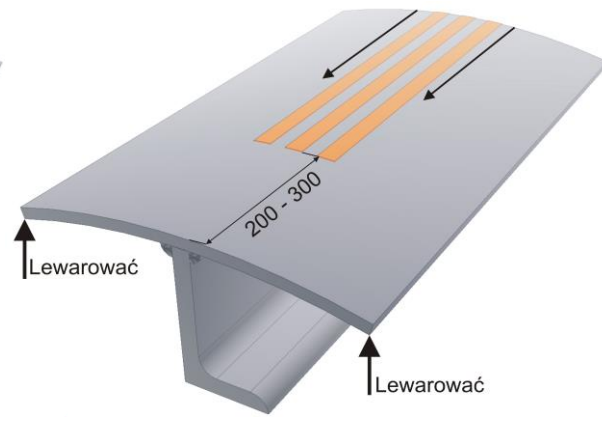
- nagrzania lokalizować coraz bliżej środka wypukłości
- nie nagrzewać środka wypukłości grozi to załamaniem konstrukcji.

■ Prostowanie wygięcia usztywnienia niskiego.





- Prostowanie odkształceń kątowych od spoin pachwinowych.

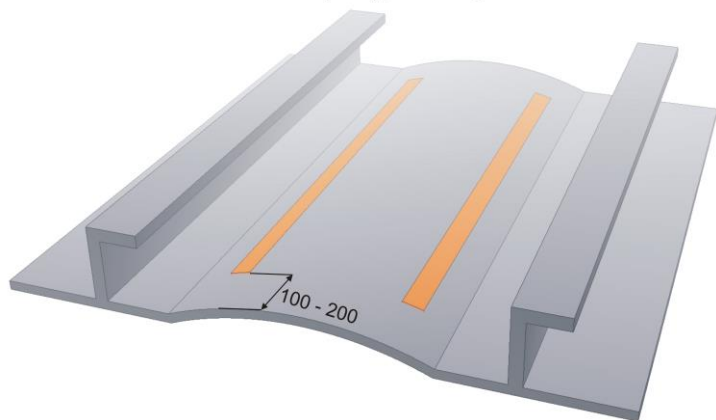




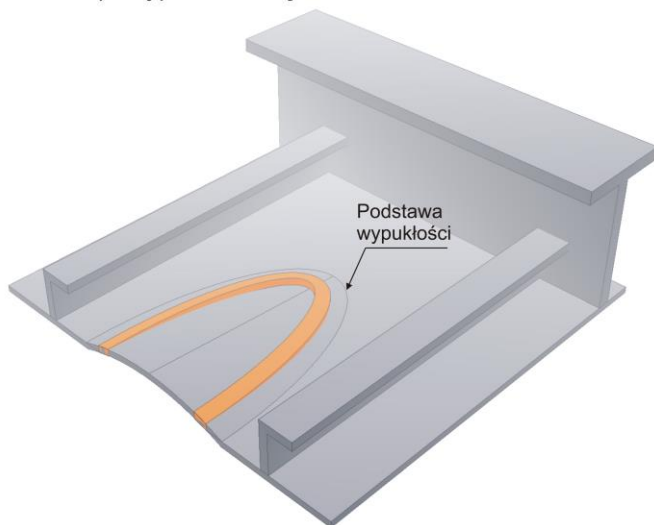
- Prostowanie odkształceń blach między usztywnieniami.

## Kształty i formy nagrzania palnikiem pojedynczym.

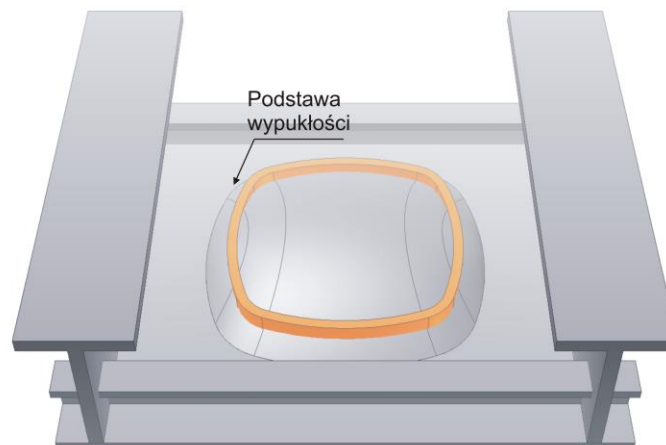
a) Wypukłość jednokierunkowa



b) Wypukłość częściowo dwukierunkowa

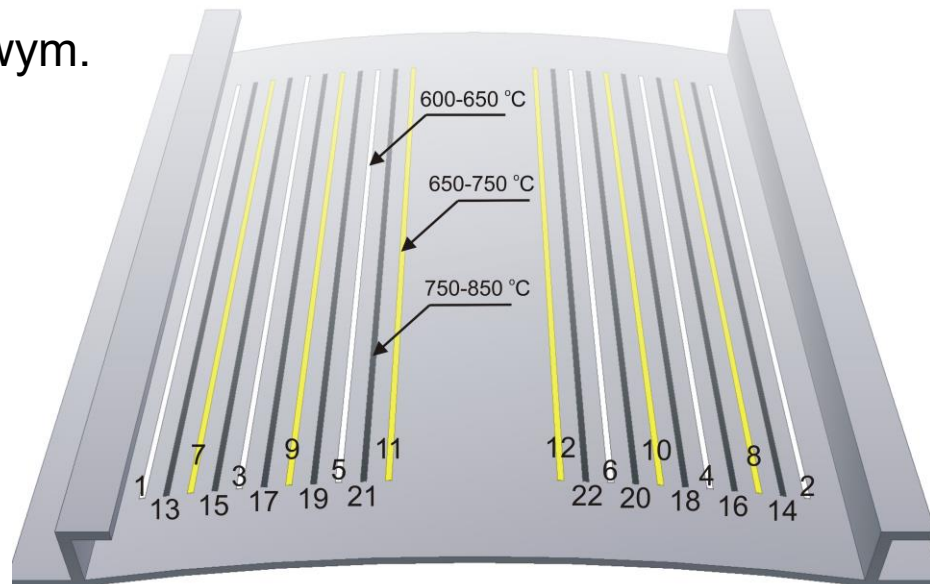


c) Wypukłość dwukierunkowa



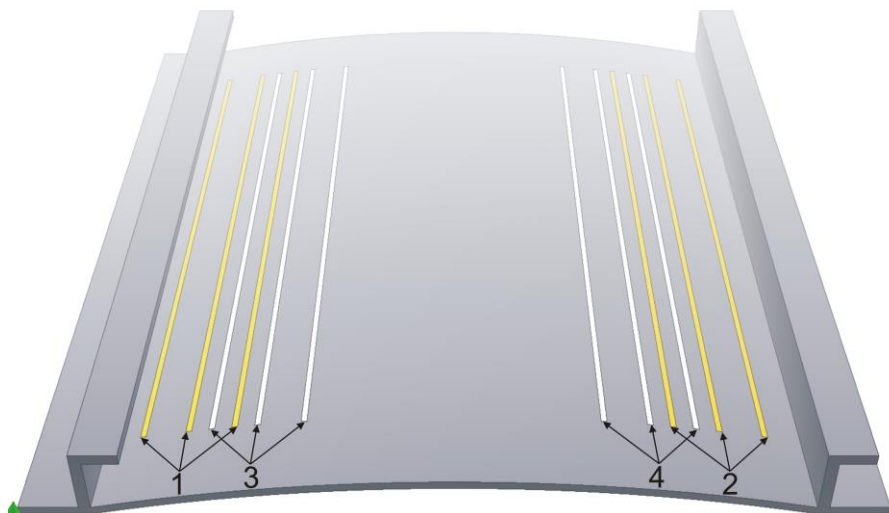
## ■ Prostowanie palnikiem jedno-płomieniowym.

- pasy nagrzewać symetrycznie po obu stronach osi prostowanej wypukłości.
- pierwsze nagrzania wykonać przy temperaturach niższych.
- kolejne pasy grzać pomiędzy poprzednimi stosując wyższe temperatury.



## ■ Prostowanie palnikiem trój-płomieniowym.

- stosować przy większych obszarach odkształceń o charakterze regularnym.

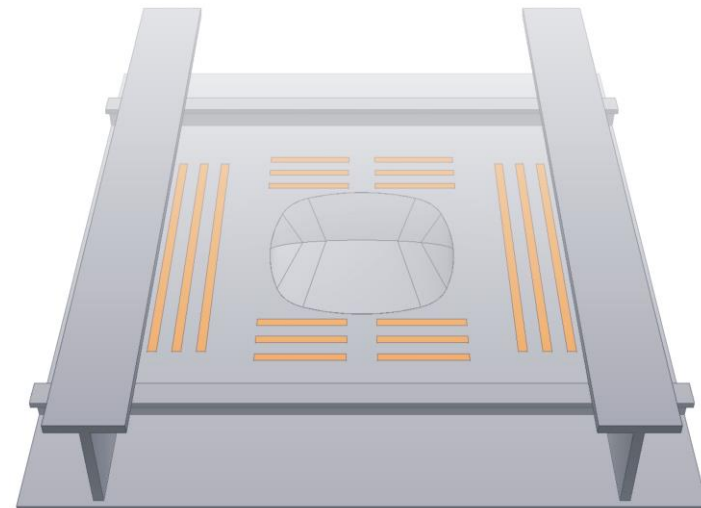


■ Prostowanie wypukłości między usztywnieniami palnikiem trój-płomieniowym:

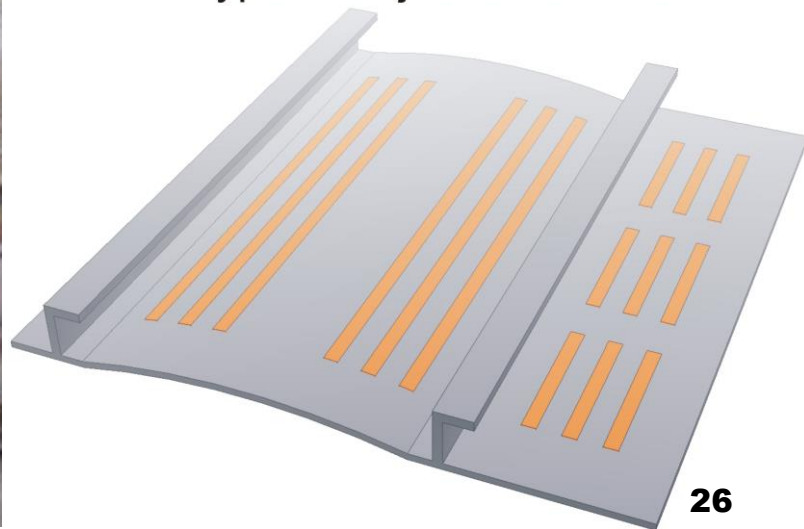
- nagrzewać pasy usytuowane wzajemnie pod kątem prostym.
- nagrzewać pasy od strony wypukłej, symetrycznie po obu stronach osi prostowanej wypukłości.



Wypukłość dwukierunkowa



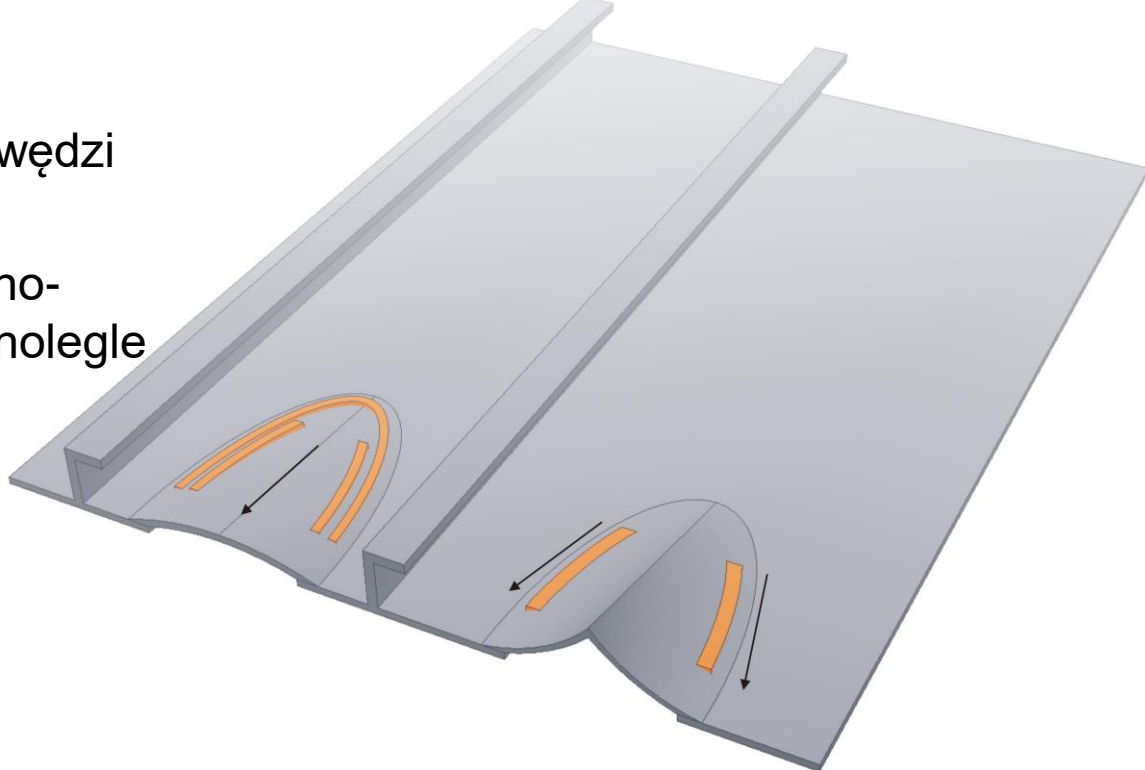
Wypukłość jednokierunkowa



- Prostowanie swobodnych krawędzi blach zewnętrznych.

- nagrzewać pasy palnikiem jedno-płomieniowym usytuowane równoległe do podstawy wypukłości.

- przy małych odkształceniach nagrzewać krótkie odcinki, nie dochodzące do krawędzi blachy.



- Prostowanie odkształceń na krawędziach otworów .

- nagrzewać kliny lub pojedyncze pasy dające kształt klina

- nagrzewania lokalizować w narożach otworów.

