

Kamil Kosakowski, Rafał Dudek <sup>1)</sup>

## PROJEKT SAMOZACISKOWEGO UCHWYTU DO PIONOWEGO TRANSPORTU BLACH

**Streszczenie:** Celem artykułu jest przedstawienie fragmentu opracowania koncepcyjnego projektu samozaciskowego uchwytu do pionowego transportu blach. Wynikło to z faktu, iż nie istnieją żadne dostępne opracowania, które były by pomocne w ich projektowaniu. Zakres artykułu obejmuje analizę obciążeń dla wybranego elementu uchwytu jak również obliczenia wytrzymałościowe dla tego elementu. W artykule szczegółowy nacisk położono na dokładne obliczenia wytrzymałościowe oraz na wytłumaczenie w sposób jasny i klarowny kolejnych etapów projektowania. Opracowanie zawiera również wiele rysunków oraz schematów, dzięki którym czytelnik może łatwiej zrozumieć istotę rozważanych problemów. W artykule zawarto również wyniki uzyskane z zastosowania analizy MES dla wybranego elementu uchwytu oraz porównano otrzymane wyniki z wynikami uzyskanymi w części obliczeniowej. Szczególnymi osiągnięciami niniejszego opracowania jest uzyskanie poprawnego modelu obliczeniowego uchwytu oraz stworzenie dokumentacji technicznej zawierającej rysunki wykonawcze wszystkich elementów, dzięki którym istnieje możliwość wykonania obiektu rzeczywistego.

**Słowa kluczowe:** uchwyt, samozaciskowy, tarcie, transport, pionowy, blacha.

### WSTĘP

Postęp technologiczny oraz szybki rozwój przemysłu spowodowały deficyt odpowiednich urządzeń transportowych na rynku. Problem budowy coraz większej ilości niezawodnych sprawnie działających wyspecjalizowanych środków transportu wewnętrznego oraz zwiększenie efektywności pracy staje się bardzo ważny. W każdym procesie produkcyjnym przedmiot przerobu jest stale przemieszczany w różnych kierunkach z miejsca na miejsce. Proces ten nie byłby możliwy gdyby nie specjalnie zaprojektowane w tym celu urządzenia transportowe. Niniejsze opracowanie skupione jest wokół jednej z ważniejszych grup tychże urządzeń, jakimi są samozaciskowe uchwyty do pionowego transportu blach.

Samozaciskowe uchwyty do pionowego transportu blach używane są najczęściej przy produkcji seryjnej, ze względu na łatwość obsługi oraz niezawodną pracę, dzięki której możliwy jest szybki i sprawny transport dużej liczby ładunków. Urządzenia te mogą być używane, jako urządzenia samodzielne, zawieszane bezpośrednio na haku dźwignicy lub jako współpracujące z układem ciągnowym lub trawersą.

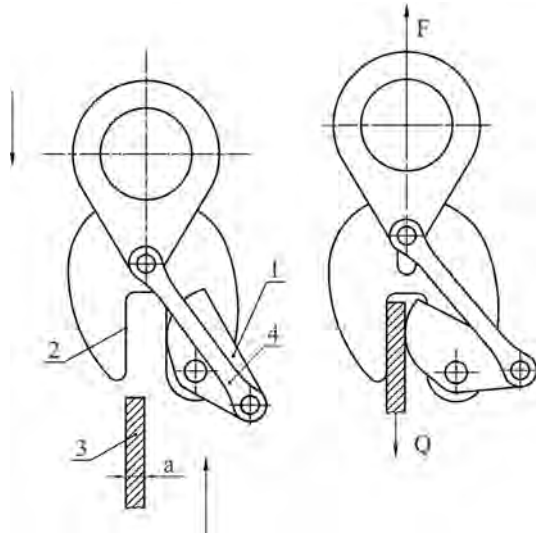
---

<sup>1</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Budowę typowego uchwytu samozaciskowego do pionowego transportu blach przedstawia rys. 1.



**Rys.1.** Samozaciskowy uchwyt do pionowego transportu blach  
**Fig. 1.** Vertical plate lifting clamp



**Rys. 2.** Schemat działania samozaciskowego uchwytu do pionowego transportu blach  
**Fig. 2.** Operating principle of vertical plate lifting clamp

Samozaciskowy uchwyt (rys. 2) złożony jest z ruchomej szczęki zamocowanej mimośrodowo (1) oraz powierzchni oporowej (2). Zarys szczęki jest łukiem koła o odpowiednio dobranym promieniu. W celu zwiększenia tarcia powierzchni szczęki oraz powierzchni oporowej jest nacięta w drobne ząbki. Różnica sił  $F$ , która jest siłą udźwigu, a ciężarem  $Q$  przenoszony blachy (3) powoduje ruch ciągną (4) ku górze i równoczesny obrót szczęki (1), dzięki temu dochodzi do zacisku blachy w uchwycie. Każdy uchwyt samozaciskowy o danym udźwigu przeznaczony jest do przenoszenia blach o ściśle określonym zakresie grubości (a). Zakres grubości zależy od ukształtowania szczęki oraz jej maksymalnego rozwarcia.

## ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Na polskim rynku dostępne są samozaciskowe uchwyty do pionowego transportu blach o zróżnicowanym udźwigu, lecz nie istnieją żadne dostępne opracowania, które były by pomocne w ich projektowaniu. Celem niniejszego artykułu jest omówienie projektu koncepcyjnego wyżej wymienionego uchwytu dla danych założeń konstrukcyjnych oraz omówienie poszczególnych etapów projektowania. Artykuł może także stanowić pomoc przy opracowaniu samozaciskowych

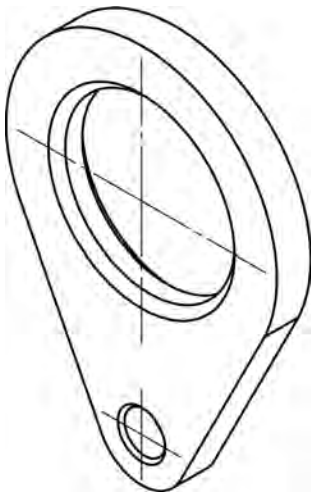
uchwytów transportowych z mimośrodowo usytuowaną szczęką zaciskową lub podobnych konstrukcji.

Zarys niniejszego artykułu obejmuje analizę obciążeń dla wybranego elementów uchwytu jak również obliczenia wytrzymałościowe dla tego elementu, które powinny spełniać następujące wymagania:

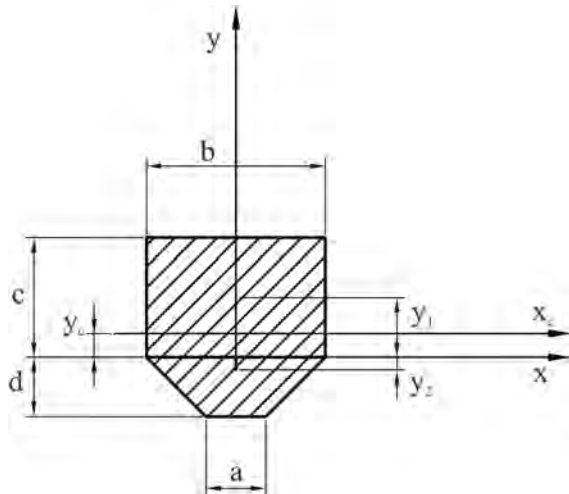
- maksymalny udźwig: 10kN (~1 tona).
- zakres grubości przenoszonych blach: 0÷20 mm.
- możliwość transportu blach w zakresie twardości: ~109÷460HB.
- zwarta i wytrzymała konstrukcja.

### PRZYKŁADOWE OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE DLA WYBRANEGO ELEMENTU UCHWYTU

Przykładowe obliczenia wytrzymałościowe zostaną przedstawione na uchu, które służy do podwieszania samozaciskowego uchwytu na haku dźwigni w czasie pracy. Zostało ono przedstawione na rys. 3.



**Rys. 3.** Ucho służące do podwieszania uchwytu na haku dźwigni  
**Fig. 3.** Lifting point used with crane lifting hook



**Rys. 4.** Wymiary przekroju ucha  
**Fig. 4.** Lifting point cross section dimensions

Obliczenia wytrzymałościowe ucha ograniczają się jedynie do obliczenia przekroju niebezpiecznego przedstawionych na rys. 4. Ucho, na którym podwieszany jest hak dźwigni będzie traktowane, jako pręt o dużej krzywiznie względnej, w którym stosunek wysokości  $h$  przekroju poprzecznego do promienia krzywizny  $r_c$  jest większy niż  $1/5$ , tzn.  $h/r_c > 1/5$  [4].

Aby wyznaczyć promień krzywizny należy obliczyć środek ciężkości przekroju.

Założono następujące wymiary przekroju:  $a=5\text{mm}$ ,  $b=10\text{mm}$ ,  $c=12,5\text{mm}$ ,  $d=2,5\text{mm}$ .

Pole powierzchni przekroju  $F$ :

$$F = b \cdot c + \left(\frac{a+b}{2}\right)d \quad (1)$$

stąd:

$$F = 10 \cdot 12,5 + \left(\frac{5+10}{2}\right)2,5 = 143,75\text{mm}^2$$

Moment statyczny  $S_x$  względem osi  $x$  [7]:

$$S_x = b \cdot c \cdot y_1 + \left(\frac{a+b}{2}\right)d \cdot y_2 \quad (2)$$

gdzie:

$y_1, y_2$  – odległości środków ciężkości poszczególnych figur od osi  $x$ .

Odległość dla części przekroju o prostokątnym:  $y_1=6,25\text{mm}$ .

Natomiast dla przekroju o kształcie trapezu [7]:

$$y_2 = \frac{2}{3} \left(\frac{b+2a}{b+a}\right) \quad (3)$$

stąd:

$$y_2 = \frac{2,5}{3} \left(\frac{10+2 \cdot 5}{10+6}\right) = 1,1\text{mm}$$

Podstawiając do wzoru (2) otrzymujemy:

$$S_x = 10 \cdot 12,5 \cdot 6,25 + \left(\frac{5+10}{2}\right)2,5 \cdot 1,1 = 801,875\text{mm}^3$$

Odległość środka ciężkości przekroju od osi  $x$  [7]:

$$y_c = \frac{S_x}{A} \quad (4)$$

stąd:

$$y_c = \frac{801,875}{143,75} = 5,57\text{mm}$$

Promień krzywizny  $r_c$  (rys. 5) wynosi [4]:

$$r_c = r_2 + y_c = 27,5 + 5,57 = 33,07\text{mm} \quad (5)$$

Dla warunku:

$$\frac{h}{r_c} > \frac{1}{5} \quad \text{otrzymujemy:} \quad \frac{c=d}{r_c} > \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{15}{33,07} > \frac{1}{5}$$

Z powyższego wynika, iż pręt jest silnie zakrzywiony.

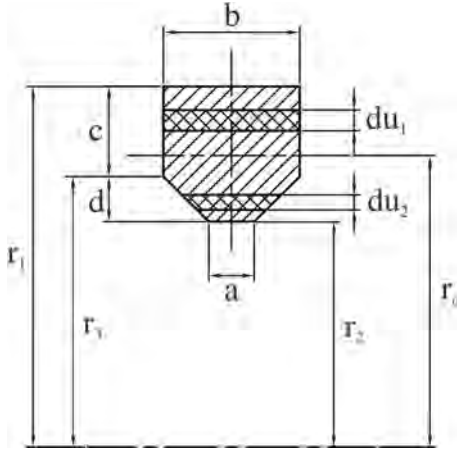
Promień krzywizny warstwy obojętnej dla przekroju przedstawionego na rys. 6 oblicza się ze wzoru [4]:

$$r = \frac{F}{\int_F \frac{1}{u} dF} \quad (6)$$

gdzie:

F – pole powierzchni przekroju poprzecznego,

u – odległość dowolnego włókna od środka krzywizny pręta.



**Rys. 5.** Przekrój ucha z niezbędnymi wymiarami do obliczeń

**Fig. 5.** Lifting point cross section with necessary dimensions used for the calculations

Korzystając ze wzoru (1):

$$F = b \cdot du_1 + \left(\frac{a+b}{2}\right) du_2 = b(r_1 - r_2) + \left(\frac{a+b}{2}\right)(r_3 - r_2) \quad (7)$$

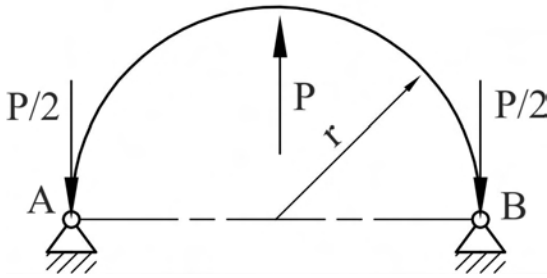
Podstawiając powyższe do wzoru na r otrzymamy:

$$r = \frac{F}{b \cdot \int_{r_3}^{r_1} \frac{du_1}{u} + \left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot \int_{r_2}^{r_3} \frac{du_2}{u}} = \frac{b \cdot c + \left(\frac{a+b}{2}\right) h}{b \cdot \frac{\ln r_1}{r_3} + \left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot \frac{\ln r_3}{r_2}}$$

stąd promień krzywizny warstwy obojętnej wynosi:

$$r = \frac{10 \cdot 13 + \left(\frac{6+10}{2}\right) 2}{10 \cdot \frac{\ln 40}{27} + \left(\frac{6+10}{2}\right) \cdot \frac{\ln 27}{25}} = 32,22 \text{ mm}$$

Przyjmuje się schemat obciążeń ucha jak przedstawiono na rys. 6.



**Rys. 6.** Schemat obciążeń ucha  
**Fig. 6.** Lifting point loads scheme

Otrzymany maksymalny moment gnący  $Mg_{\max}$  wynosić będzie [4]:

$$Mg_{\max} = \frac{1}{2} P \cdot r \quad (8)$$

gdzie:

$P$  – siła, jaka działa na ucho, której wartość równa się maksymalnemu udźwignowemu uchwytu [N],

$r$  – promień krzywizny warstwy obojętnej pręta [m].

stąd:

$$Mg_{\max} = \frac{1}{2} 10000 \cdot 0,03222 = 161,1 \text{ Nm}$$

Rozkład naprężeń normalnych od zginania jest określony wzorem [4]:

$$\sigma = \frac{Mg \cdot y}{F \cdot e(r + y)} \leq k_g \quad (9)$$

gdzie:

$Mg$  – moment gnący [N/m],

$r$  – promień krzywizny warstwy obojętnej [m],

$e = r_c - r$  – odległość osi obojętnej od osi pręta [m],

$r_c$  – promień krzywizny linii utworzonej przez środki ciężkości przekrojów poprzecznych pręta [m],

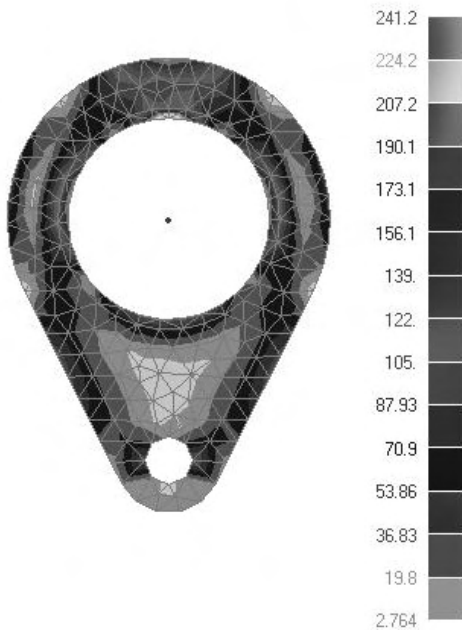
$y$  – odległość punktu od osi obojętnej, w którym obliczamy naprężenia [m],

$k_g$  – dopuszczalne naprężenia zginające [MPa].

Zgodnie ze wzorem (9) naprężenia zginające dla ucha wykonanego ze stali C45QT w wyniku działania siły  $P$  wynoszą:

$$\sigma = \frac{161100 \cdot 6,9}{143,75 \cdot 0,85(32,22 + 6,9)} = 232,5 \text{ MPa} \leq k_g^{C45QT}$$

Powstałe naprężenia nie przekraczają wartości dopuszczalnych, które dla danej stali przy współczynniku bezpieczeństwa  $x_w=2$  wynoszą 245MPa [1]. Dodatkowo dokonano obliczeń wytrzymałościowych za pomocą programu FEMAP. Rozkład naprężeń przedstawiony na rys. 7 pokazuje poprawność przyjętych założeń konstrukcyjnych.



**Rys. 7.** Rozkład naprężeń dla ucha  
otrzymany w analizie MES  
**Fig. 7.** Stress of lifting point in FEM

## PODSUMOWANIE

Dzięki przeprowadzonym obliczeniom wytrzymałościowym oraz analizie MES wybranego elementu uchwytu można stwierdzić, iż schemat obliczeniowy został przyjęty prawidłowo. Jednakże analiza MES wykazała, że naprężenia powstałe w wybranym elemencie uchwytu mają nieznacznie inne wartości niż te uzyskane w części obliczeniowej. Mogło wynikać to z faktu, iż część obliczeń była upraszczana oraz sprowadzana do prostych modeli. W celu udoskonalenia projektu koncepcyjnego należałoby zoptymalizować poszczególne obliczenia w celu uzyskania jak najlepszych parametrów zapewniających bezpieczną i efektywną pracę uchwytu. Najlepszą metodą weryfikacji poprawności otrzymanych wyników byłoby wykonanie prototypu oraz przeprowadzenie na nim serii testów wytrzymałościowych oraz sprawdzających funkcjonalność uchwytu.

## PIŚMIENNICTWO

1. Mazanek E.: Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn tom II. Warszawa WNT 2005.
2. Felis J., Jaworowski H.: Teoria maszyn i mechanizmów cz. II. Przykłady i zadania. Kraków, Wydawnictwo AGH 2007.
3. Pawlicki K.: Elementy dźwignic cz. II. Warszawa PWN 1979.

4. Niezgodziński M. E., Niezgodziński T.: Wzory, wykresy i tablice wytrzymałościowe. Warszawa WNT 1996.
5. Pomoc programu AutoCAD Mechanical 2011.
6. Praca pod redakcją prof. dr hab. inż. W. Lutego: Poradnik inżyniera – obróbka cieplna stopów żelaza. Warszawa WNT 1977.
7. Wolny S., Siemieniec A.: Wytrzymałość materiałów cz. I. Kraków, Wydawnictwo AGH 2002.
8. Korewa, W., Zygmunt K.: Podstawy konstrukcji maszyn cz. II. Warszawa WNT 1965.
9. Siuta W.: Mechanika techniczna. Warszawa WSiP 1954.
10. Osiński Z.: Podstawy konstrukcji maszyn. Warszawa PWN 1999.

## **DESIGN OF SELF-CLAMPING DEVICE FOR VERTICAL TRANSPORTATION OF PLATES**

### **Summary:**

The aim of this article is to develop a conceptual design of chosen vertical plate lifting clamp element. This resulted from the fact that there is no study available that would have been helpful in their design. The scope of work includes analysis of the loads for chosen clamp element and its strength calculations. In this work a detailed emphasis on the exact calculation of strength, and to explain in a clear way the subsequent stages of design. The article also contains many drawings and diagrams, so that the reader can easily understand the issues and problems under consideration. This article, also contains FEM analysis of the chosen clamp element and compared the results with those obtained in the computational part. Special achievements in this work are to obtain the correct handle the computational model and the creating of technical documentation contains drawings of all the elements that make possible the implementation of the actual object.

**Keywords:** clamping shaft, transport, lifting, friction, vertical, plate.