

# Krzysztof Tubielewicz, Krzysztof Turczyński

---

## Modelowanie procesu łączenia blach prasowaniem na zimno

---

Dydaktyka Informatyki 5, 223-231

---

2010

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

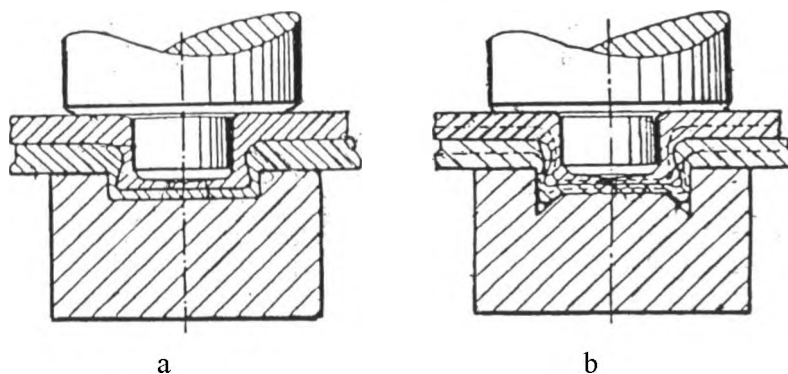
Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Krzysztof Tubielewicz, Krzysztof Turczyński

## MODELOWANIE PROCESU ŁĄCZENIA BLACH PRASOWANIEM NA ZIMNO

### 1. Wprowadzenie

Wysoka wydajność produkcji to cel każdego przedsiębiorstwa działającego na współczesnym rynku. Przedsiębiorstwa, szukając obniżenia kosztów wytwarzania sięgają po nowe rozwiązania techniczne, lub modernizują rozwiązania istniejące. Przykładem takiego postępowania są rozwiązania techniczne dotyczące łączenia blach. Proponowane rozwiązania w zakresie łączenia blach cienkich techniką prasowania na zimno znajdują coraz szersze zastosowanie w przemyśle. Metoda mechanicznego łączenia blach poprzez prasowanie na zimno polega na równoczesnym kształtowaniu w blachach łączonych wgłębienia z jednej strony i wypukłości z drugiej, a następnie sprasowaniu powstałego połączenia za pomocą stempla i matrycy lub walców, co powoduje uzyskanie trwałego połączenia (rys. 1).

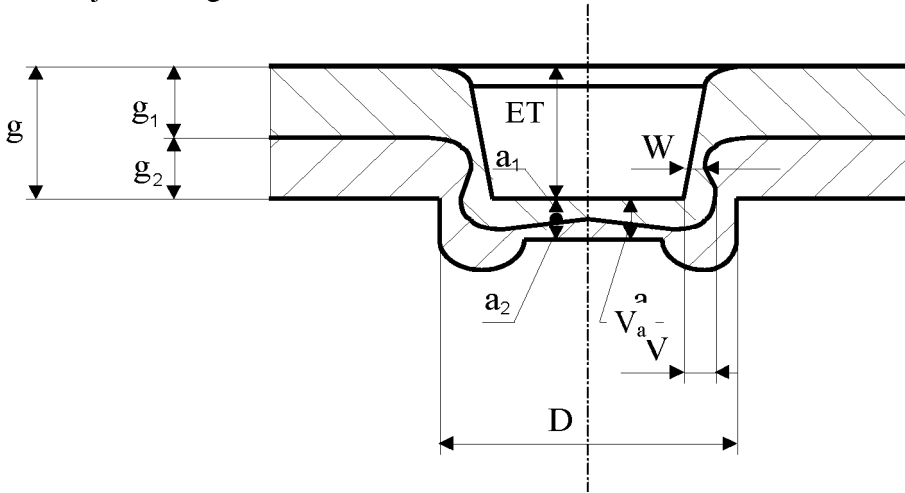


Rys. 1. Rozwiązania połączeń prasowanych na zimno: a) z rowkiem okrągłym, b) z rowkiem stożkowym

Zaletą tego sposobu połączenia jest to, że nie występuje w nim dodatkowy element łączący, taki jak nit czy spoina oraz istnieje możliwość zastosowania blach pokrytych powłokami antykorozyjnymi. Złącza te wykazują znaczną wytrzymałość w warunkach obciążeń statycznych, jak i dynamicznych. Dodatkową zaletą jest łatwość łączenia blach o różnej grubości i wykonanych z różnych

materiałów metalicznych, niemetalicznych, takich jak stale, stopy aluminium, metale kolorowe, tworzywa metaliczne, tworzywa sztuczne itp.

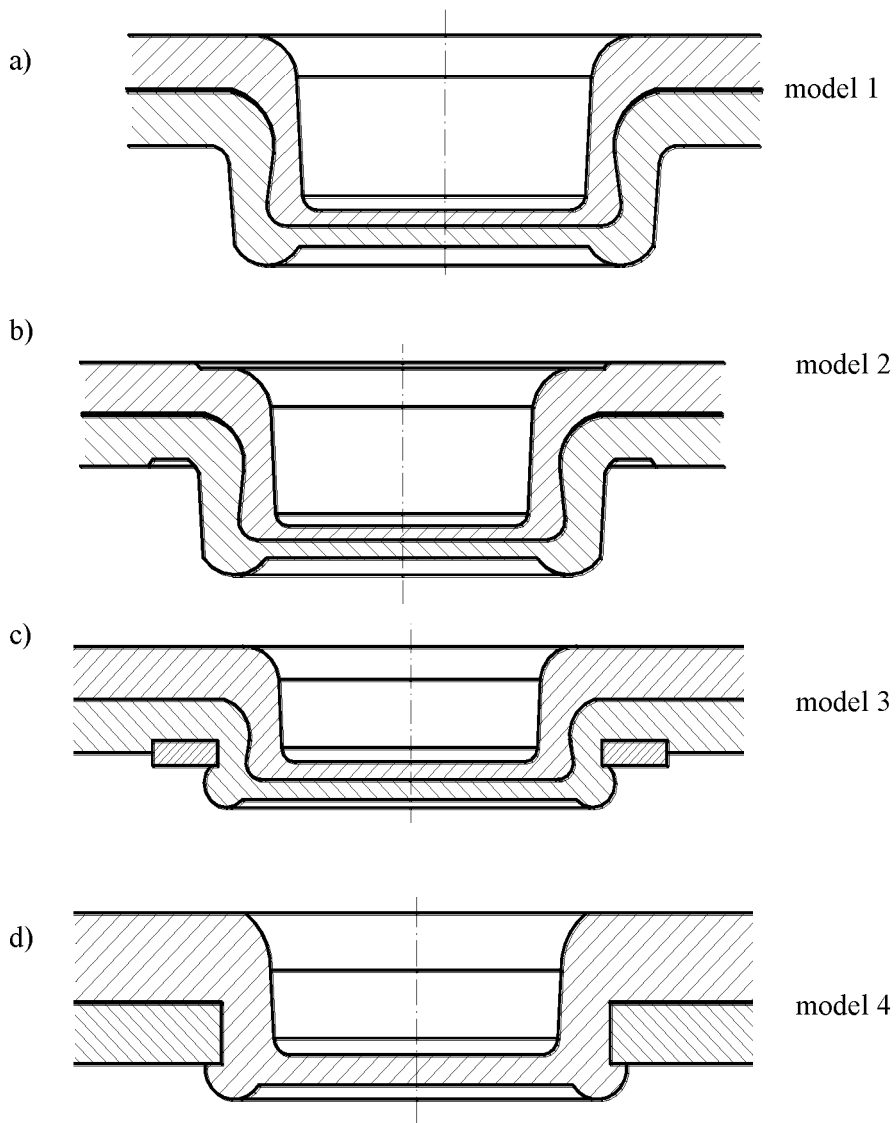
Stwierdzono, że technologia wykonania złącza kształtowego metodą prasowania na zimno o określonych parametrach (rys. 2) zmniejsza koszty materiałowe, obniża pracochłonność oraz ogranicza procesy miejscowej korozji stykowej, a ponadto jest ekologiczna.



Rys. 2. Parametry konstrukcyjne łączonych elementów i złącza

- $a$  – grubość całkowita dna,
- $a_1$  – grubość dna od strony stempla,
- $a_2$  – grubość blachy od strony matrycy,
- $g$  – grubość sumaryczna blach,
- $g_1$  – grubość dna po stronie stempla,
- $g_2$  – grubość blachy po stronie matrycy,
- ET – wielkość wytłoczenia,
- D – średnica złącza,
- W – wartość pocienienia po stronie stempla,
- $V_a$  – wartość pogrubienia po stronie stempla.

Chcąc rozszerzyć zakres stosowanych połączeń pod kątem uzyskania określonych ich własności eksploatacyjnych z przeznaczeniem do konkretnego celu oraz dokonania analizy dotyczącej parametrów geometrycznych i wskaźników dynamicznych złącza, wymagań trwałości dla różnego rodzaju łączonych materiałów zaproponowano alternatywne rozwiązania. Modyfikacja polegała na wykonaniu połączeń z dodatkowym przetłoczeniem (karbu) od strony matrycy i stempla, w drugim modelu dodatkowej podkładki od strony matrycy i w trzecim przetłoczenia blachy przez otwór wykonany w drugiej blasze. Przyjęto grubości blach 2x1,5 mm w gatunku St3SA1.



**Rys. 3. Rodzaje połączeń: a) połączenie prasowane na zimno – typowe – model 1, b) połączenie z dodatkowym przetłoczeniem od strony matrycy i od strony stempla-model 2, c) połączenie z dodatkową podkładką od strony matrycy – model 3, d) połączenie z przetłoczeniem jednej blachy przez otwór wykonany w drugiej blasze model 4.**

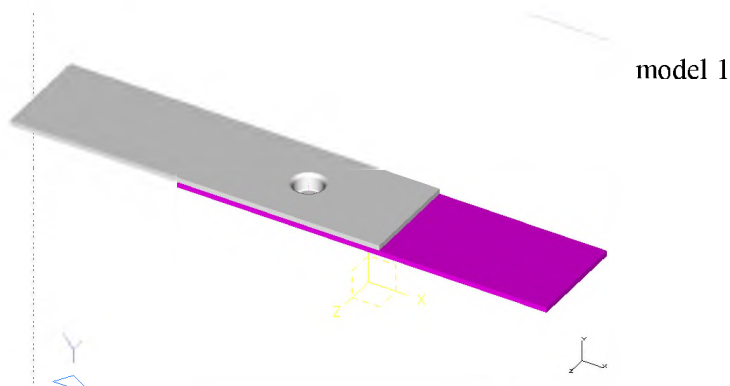
## 2. Analiza trwałości połączeń określona symulacją komputerową

Tak zaprojektowane złącza porównano na drodze symulacji komputerowej, wykorzystując program I-DEAS. Program pozwala na obserwacje całego obiektu, lub jego dowolnie wybranego fragmentu w układzie współrzędnych XYZ. Istnieje zatem możliwość obserwacji wszelkich zjawisk zachodzących w modelu w dowolnym przekroju. System prezentuje gotowe obliczenia poprzez animację zachodzących zjawisk, takich jak np: naprężenia, przemieszczenia, odkształcenia itp.

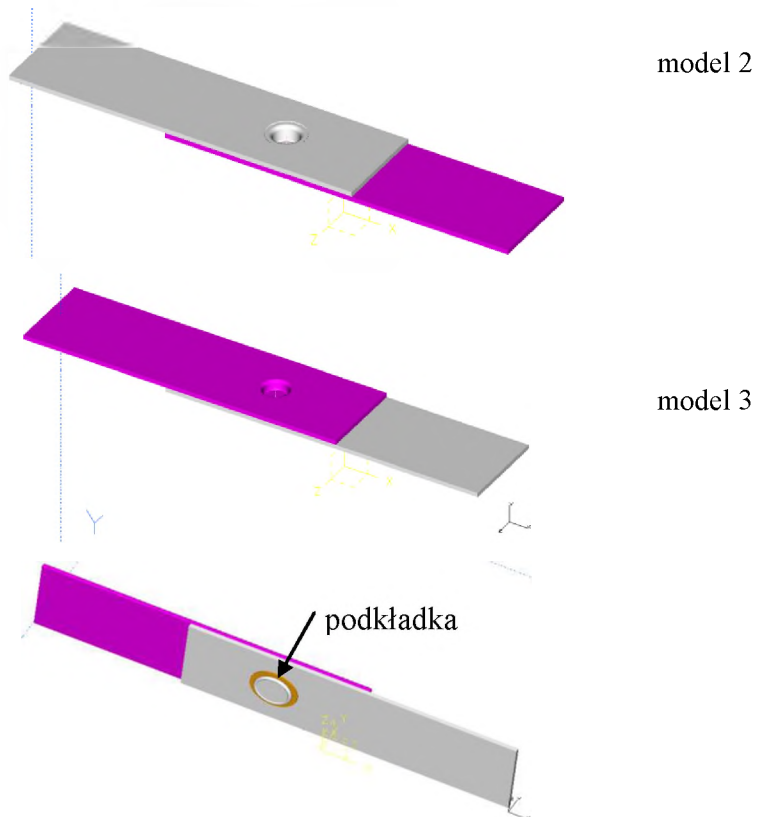
Połączenia prasowane powstają w wyniku działania sił, powodujących wystąpienie pól odkształceń wywołujących naprężenia o wartości przekraczającej w tym przypadku granicę plastyczności, czego skutkiem jest powstanie odkształceń trwałych. Cechą szczególną tego procesu jest tworzenie się ścianki o zmiennej grubości, o takim ukształtowaniu przetłoczeń, że utrudniane jest przemieszczanie się blach względem siebie. Stałe pole naprężeń, wywołane powstałymi pogrubieniami i pocienieniami miejscowymi blach uniemożliwia zmianę ich położenia, tworząc tzw. zamek.

Przeprowadzono symulację połączeń pojedynczych utwierdzonych i obciążonych w układzie współrzędnych XYZ dla modeli 1,2,3,4, Modele poddano wizualizacji w celu zilustrowania zjawisk zachodzących w połączeniach takich jak: rozkład pól naprężeń, odkształceń oraz zachowanie kształtu konstrukcji złącza (rys. 4–6).

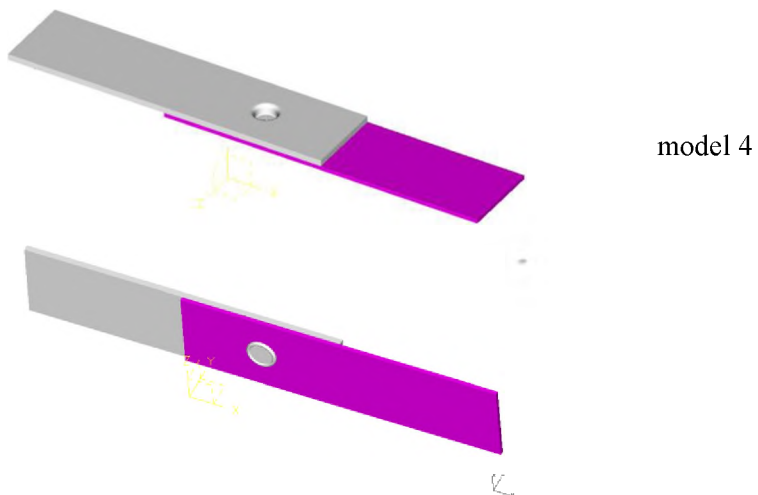
Przeanalizowano naprężenia oraz pola odkształceń w poszczególnych modelach (rys. 7).



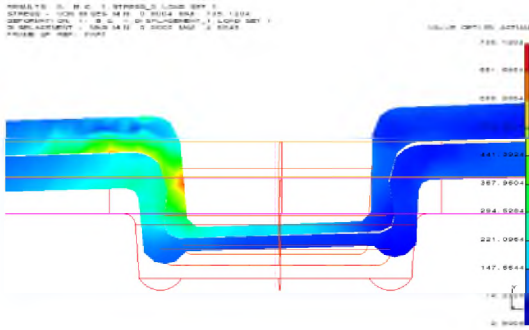
Rys. 4. Ogólny widok połączenia zadaną siłą obciążającą wynoszącą 3952N (model 1)



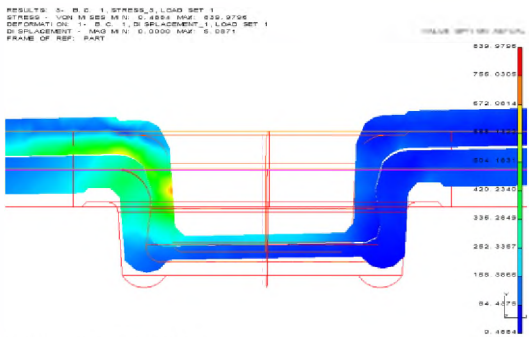
Rys. 5. Ogólny widok połączenia z zadaną siłą obciążającą wynoszącą 3952N (model 2 i 3)



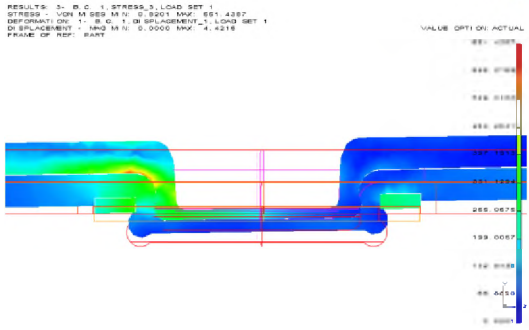
Rys. 6. Ogólny widok połączeń z zadaną siłą obciążającą wynoszącą dla modelu 4 1500N (ze względu na mniejszą grubość blach)



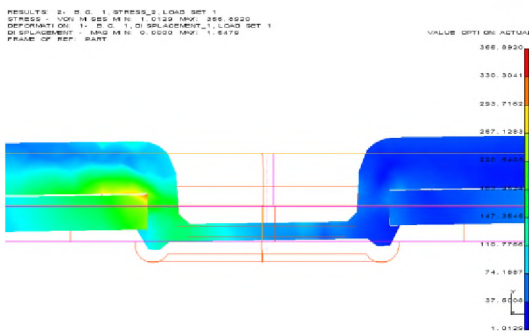
model 1  
przekrój płaszczyzną XY



model 2  
przekrój płaszczyzną XY



model 3  
przekrój płaszczyzną XY



model 4  
przekrój płaszczyzną XY

Rys. 7. Naprężenia połączeń w modelach 1,2,3,4- przekrój płaszczyzną XY

Podjęto próbę interpretacji wyników symulacji komputerowej. Jako dane przyjęto wartości naprężeń i odkształceń uzyskanych na skalach wynikowych każdego z modeli. Wartości średnie ujęto w tab. 1 – naprężeń, i tab. 2 – odkształceń.

**Tabela 1. Wartości naprężeń dla różnych modeli połączeń**

	<i>Naprężenia [MPa]</i>		
	<b>Model 1</b>	<b>Model 2</b>	<b>Model 3</b>
1	736,1204	839,9796	661,4367
2	661,6884	756,0306	595,3768
3	588,2664	672,0614	529,515
4	514,8244	588,1322	463,2631
5	441,3924	504,1831	397,1913
6	367,9604	420,234	331,1294
7	294,5284	336,2849	266,0676
8	221,0954	252,3367	199,0067
9	147,6644	156,3866	132,9438
10	74,2324	84,4376	56,862
11	0,8004	0,4884	0,8201

**Tabela 2 Wartości odkształceń dla różnych modeli połączeń**

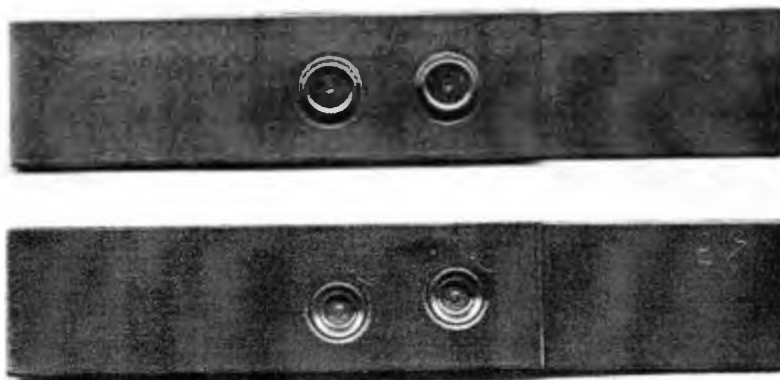
	<i>Odkształcenia [mm]</i>		
	<b>Model 1</b>	<b>Model 2</b>	<b>Model 3</b>
1	4,8048	5,0871	4,4216
2	4,3243	4,5784	3,9794
3	3,8438	4,0697	3,5372
4	3,3633	3,561	3,0951
5	2,8829	3,0523	2,6529
6	2,4024	2,5436	2,2108
7	1,9219	2,0348	1,7686
8	1,4414	1,5261	1,3265
9	0,961	1,10174	0,8843
10	0,4806	0,5087	0,4422
11	0	0	0

Różnice między modelami 1 i 2 są niewielkie w stosunku do modelu 3. W dalszej analizie model 4 został pominięty ze względu na inną grubość łączonych blach.

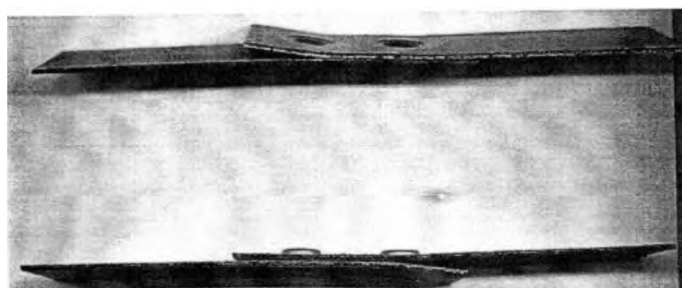
Dla dalszego porównania przeprowadzono badania na drodze symulacji komputerowej i próby rozciągania blach ze złączami podwójnymi, wykonanymi na stali St3SA1 dla modelu 1 i 2 na stanowiskach badawczo-pomiarowych, na których zarejestrowano wartości sił odpowiadających granicy plastyczności i wytrzymałości na ścinanie złącz (powtarzano próby trzykrotnie).



Próby złącz (rys. 8, rys. 9) wykonano wg Polskiej Normy na maszynie wytrzymałościowej firmy HECKERT FPZ 100/1 przy rozciąganiu z prędkością 10 mm/min (rys. 10).



Rys. 8. Widok badanych próbek – model 2

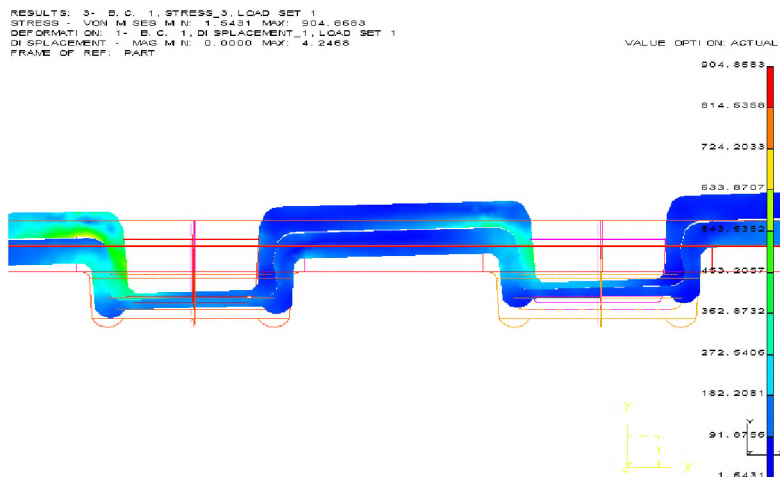


Rys. 9. Widok próbki po rozciąganiu – model 2

Symulacje komputerowe przeprowadzone metodą elementów skończonych pozwoliły na prześledzenie zmian rozkładu naprężeń w połączeniu oraz przedstawienie ich rozkładu i kierunków przemieszczeń przy różnych modelach połączenia.

Na podstawie przeprowadzonej symulacji można wnioskować, że głębokość załęgania naprężeń zależy nie tylko od siły tłoczenia, ale również od geometrii stempla i matrycy oraz rodzaju złącza.

Na podstawie wyników doświadczalnych można zauważyć, że wytrzymałość połączeń zależy głównie od geometrii i wymiarów zastosowanych narzędzi. W zależności od profilu geometrii matryc, złącza wykazywały różną wytrzymałość. Można również zauważyć, że wzrost wytrzymałości jest mniejszy przy większych średnicach stempli, a większy dla mniejszych średnic stempli z zastosowaniem matryc z dodatkowym przetłoczeniem.



Rys. 10. Naprężenia– model 1- przekrój płaszczyzną XY

## Wnioski

Analizując uzyskane wyniki można przyjąć, że złącza o większej średnicy stempla, niezależnie od zastosowania dodatkowego przetłoczenia w złączu, wykazują większą wytrzymałość podczas próby rozciągania. Ponadto złącza z dodatkowym przetłoczeniem zastosowanym po obu stronach (od strony matrycy i stempla) mają większą wytrzymałość od poprzednich. Jednak nie jest to wynik pewny, ponieważ złącza te przy największych średnicach stempli nie poprawiły swej wytrzymałości w porównaniu do złączy bez dodatkowego przetłoczenia, co potwierdziły zarówno badania komputerowe, jak i stanowiskowe.

## Bibliografia

- Tubielewicz K., Turczyński K., *Kształtowanie połączeń blach metodą prasowania na zimno*, „Technologia i automatyzacja montażu”, nr 2/2001, s. 66–70.
- Tubielewicz K., Turczyński K., *Analiza parametrów geometrycznych połączeń blach kształtowych na zimno*. IX Konferencja „Metrologia w technikach wytwarzania maszyn”. Wyd. Politechniki Częstochowskiej 2001, tom 2, s. 419–426.
- Tubielewicz K., Turczyński K., Tubielewicz M., *Wskaźniki wytrzymałościowe połączeń kształtowych prasowanych na zimno* „Technologia i automatyzacja montażu” nr 3/2004 s. 67– 72.
- Tubielewicz K., Turczyński K., *Zastosowanie połączeń blach prasowanych na zimno w konstrukcji podestów budowlanych* „Przegląd Mechaniczny” nr 12/2008, s. 19–24.