

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL/EP 4574296 T3**

(12)

Tłumaczenie patentu europejskiego

(96) Data i numer zgłoszenia patentu europejskiego:

2023.12.19 23461696.9

(51) MKP:

B21D 39/03 (2006.01)

(97) O udzieleniu patentu europejskiego ogłoszono:

**2025.11.19 Europejski Biuletyn Patentowy 2025/47
EP 4574296 B1**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu:

2025.06.25 Europejski Biuletyn Patentowy 2025/26

(45) Data publikacji o złożeniu tłumaczenia patentu:

2026.04.20 Wiadomości Urzędu Patentowego 2026/16

(73) Uprawniony:

Politechnika Wrocławska, Wrocław, PL

(72) Twórca(-y):

**PAWEL KACZYNSKI, Wrocław, PL
MATEUSZ SKWARSKI, Nadolice Wielkie, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Katarzyna Paprzycka, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

**Układ narzędzi kształtujących złącza punktowe oraz sposób kształtowania
przetłaczanych złącz punktowych o lepszych parametrach wytrzymałościowych**

Układ narzędzi kształtujących złącza punktowe oraz sposób kształtowania przetłaczanych złącz punktowych o lepszych parametrach wytrzymałościowych

Przedmiotem wynalazku jest układ narzędzi kształtujących złącza punktowe pozwalający na realizację sposobu kształtowania przetłaczanych złącz punktowych o lepszych parametrach wytrzymałościowych.

W stanie techniki znane są różne metody zwiększania wytrzymałości złącz punktowych. Na przykład z amerykańskiego patentu US8615859 B2 znana jest metoda zwiększania wytrzymałości złącz polegająca na umieszczeniu pierwszej warstwy materiału na drugim materiale, przy czym pierwsza warstwa ma mniejszą plastyczność niż druga warstwa. Pierwsza i druga warstwa są zamocowane pomiędzy stemplem formującym, a stemplem zaciskającym o podwójnym działaniu. Stempel zaciskający jest wciskany w część powierzchni pierwszej warstwy, tworząc w ten sposób otwór w pierwszej warstwie. Stempel formujący jest następnie wciskany w drugą warstwę w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu stempla, włączając w ten sposób co najmniej część drugiej warstwy do otworu i tworząc zamek plastyczny.

Sposób na zwiększenie wytrzymałości złącz przetłaczanych ujawnia także patent amerykański US9937548 B2. Sposób opisany w tym dokumencie polega na klinczowaniu blach z użyciem ultradźwięków i stosuje się go zwłaszcza do materiałów wysokowytrzymałych o ograniczonej odkształcalności, których łączenie poprzez konwencjonalne klinczowanie jest utrudnione. Złącze wykonuje się w co najmniej dwóch zachodzących na siebie komponentach, umieszczając je pomiędzy matrycą a stemplem umieszczonym obustronnie w cylindrze. Narzędzie działa siłą ściskającą na oba przedmioty, a energia ultradźwiękowa jest przykładana w sposób ciągły do co najmniej jednego z nich w obszarze łączenia. Zastosowanie ultradźwięków w trakcie odkształcania pozwala czasowo zwiększyć plastyczność co najmniej jednego z przedmiotów, dzięki czemu staje się możliwe przetłaczanie materiałów o wysokiej wytrzymałości lub dużej grubości.

Odmienną techniką zwiększenia trwałości złączy przetłaczanych jest zastosowanie łącznika w postaci nitu samoprzebijającego (Xing et al., 2015). Podczas przetłaczania, stempel dociska nit prostopadle do górnej powierzchni komponentu, włączając go do matrycy. Siła przyłożona do stempla przesuwając nit przez górny arkusz do dolnego arkusza. Materiały z dolnego arkusza wpływają do matrycy, a trzpień nitu rozszerza się, tworząc w ten sposób mechaniczną blokadę pomiędzy podłożami. Zastosowanie dodatkowego elementu podczas łączenia blach pozwala zwiększyć statyczną wytrzymałość na ścinanie, co zostało wielokrotnie potwierdzone eksperymentalnie z użyciem różnych materiałów (Chen et al., 2016; Liu et al., 2019).

Kolejnym sposobem na zwiększenie wytrzymałości połączeń przetłaczanych jest proces obniżania wysokości złącza, czyli wciskanie gotowego złącza pomiędzy matrycę wypukłą i płaską (Chen et al., 2017). Zablockowana w sposób mechaniczny wysokość klinca, powoduje większy przepływ materiału w kierunku promieniowym, zwiększając tym samym grubość powstałej szyjki, a tym samym wytrzymałość na ścinanie połączenia.

Sposobem na zwiększenie wytrzymałości połączenia przetłaczanego dwóch blach może być także zastosowanie kleju między łączonymi arkuszami. Powierzchnie łączonych elementów należy najpierw odtłuścić i przerysować, a następnie nałożyć spoiwo w postaci dwuskładnikowego kleju akrylowego. Po wykonaniu przetłoczenia, należy utwardzić nałożony klej i pozostawić na około 24 godziny w temperaturze otoczenia. Testy dowiodły, że dodatek kleju spowodował wzrost maksymalnej siły ścinającej i pochłaniania energii złącza składającego się z dwóch arkuszy blach aluminiowych (He et al., 2014) oraz arkuszy blachy stalowej głębokotłocznej i blachy ze stopu miedzi.

Hybrydową techniką zwiększenia trwałości złączy przetłaczanych jest jednoczesne zastosowanie kleju i nitu (rivet), co zostało opisane w patencie CN110116509 B. W tej metodzie najpierw na powierzchnię jednego z łączonych elementów nakładany jest klej, a następnie komponenty są przetłaczane za pomocą stempla i matrycy. Po uzyskaniu złącza, przeprowadza się utwardzanie kleju, by w kolejnym kroku zamocować nit przesywający stos detali i warstwę kleju. Metoda pozwala uzyskać złącze klincowe wysokiej jakości, minimalizując jego pękanie, rozszczepianie i rozwarstwianie.

Znane w stanie techniki rozwiązania zapewniają zwiększenie wytrzymałości złącza przetłaczanego na ścinanie o 5 do 45%. Zwiększenie grubości szyjki zwiększa wytrzymałość na ścinanie. Tak samo zwiększenie szerokości podcięcia zwiększa wytrzymałość na rozciąganie poprzeczne (wyrwanie). Istnieją więc sposoby

zwiększania jednego z tych parametrów, co jednak zawsze odbywa się kosztem zmniejszenia drugiego parametru. Nie jest znana metoda jednoczesnego zwiększenia obu parametrów. Dodatkowo należy zauważyć, że większość projektowanych połączeń klinicznych tylko teoretycznie obciążona jest głównie siłami ścinającymi, lub normalnymi. W praktyce jednak większość złącz narażonych jest na działanie obciążeń złożonych, tj. zarówno sił ścinających, jak i wrywających, co sprawia, że obniżenie wytrzymałości w jednym ze stanów jest nieakceptowalne. Ponadto, stosowanie kleju w złączach jest metodą skuteczną i unikatową, ale technologicznie bardzo wymagającą, co sprawia, że automatyzacja procesu montażu staje się niemożliwa. Z kolei zastosowanie nitu przebijającego niesie za sobą ryzyko uszkodzenia obu warstw materiałów łączonych, co generuje nieestetyczne oraz potencjalnie niebezpieczne miejsce o ostrych krawędzi i zadziórach na złączu.

WO 2006/047848 A ujawnia układ narzędzi według części przedznamiennej zastrzeżenia 1.

Celem wynalazku jest stworzenie prostej w implementacji metody jednoczesnej poprawy obu kluczowych parametrów wytrzymałościowych, tj. szerokości podcięcia oraz grubości szyjki. Dąży się do opracowania rozwiązania, które będzie proste i ekonomiczne, nie będzie wymagało dodatkowych nakładów energii na podgrzanie jednego lub więcej łączonych elementów.

Istotą wynalazku jest układ narzędzi kształtujących złącza punktowe obejmujący stempel, matrycę oraz dociskacz, którego stempel posiada określoną średnicę w górnej części poszerzenie o szerokości wynoszącą od 0,1 do 2,0 średnicy stempla, przy czym kąt pomiędzy osią stempla a zewnętrzną powierzchnią poszerzenia wynosi 20-70° oraz poszerzenie posiada zaokrąglenie górne o promieniu wynoszącym 1-10 mm i zaokrąglenie dolne o promieniu wynoszącym 0,1-5 mm.

Korzystnie, gdy kąt pomiędzy osią stempla a zewnętrzną powierzchnią poszerzenia w układ narzędzi kształtujących według wynalazku wynosi 35-55°. Taki zakres wartości najskuteczniej przeciwdziała promieniowemu płynięciu materiału elementu górnego na zewnątrz w fazie prasowania i pozwala uzyskać połączenie o najbardziej korzystnej geometrii, a więc o największej grubości szyjki i najszerszym podcięciu.

W innym aspekcie wynalazku jego istota także dotyczy sposobu kształtowania przetłaczanych złącz punktowych o lepszych parametrach wytrzymałościowych, przy czym sposób ten obejmuje łączenie przynajmniej dwóch elementów: elementu górnego oraz elementu dolnego, charakteryzującego się tym, że zawiera następujące etapy:

- a) przed rozpoczęciem kształtowania złącza na elemencie górnym umieszcza się osiowo symetrycznie względem stempla element pośredni o grubości wynoszącej od 0,4 do 5 mm i średnicy elementu pośredniego wynoszącej od 0,6 do 1,1 średnicy stempla,
- b) następnie element pośredni wraz elementem górnym i elementem dolnym kształtuje się przy użyciu układu według wynalazku,
- c) kształtowanie prowadzi się do osiągnięcia grubości elementu pośredniego wynoszącej od 20 do 70% grubości elementu przed procesem kształtowania.

Korzystnie, gdy w sposobie według wynalazku element pośredni w etapie a) posiada o granicę plastyczności wynoszącą od 5% do 50% granicy plastyczności elementu górnego, szczególnie korzystnie gdy granica ta wynosi od 15% do 40%. Taki przedział wartości dla granicy plastyczności elementu górnego pozwala na przekroczenie krzywej odkształceń granicznych materiału elementu pośredniego przed przekroczeniem krzywej odkształceń granicznych materiału elementu górnego, co zwiększa udział płynięcia promieniowego elementu pośredniego we wszystkich fazach tworzenia złącza.

Równie korzystnie, gdy w sposobie według wynalazku jako element górny i element dolny stosuje się blachy, zwłaszcza blachy stalowe. Wykorzystanie stali pozwala na największe zwiększenie wytrzymałości złącz wytwarzanych według opisanego sposobu kształtowania w stosunku do złącz wytwarzanych metodami tradycyjnymi.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest to, że dostarcza sposób kształtowania złącz, który jednocześnie zwiększenia wytrzymałości złącz klinkowych na ścinanie oraz rozciąganie poprzeczne (tzw. wrywanie) w prostych i złożonych stanach obciążenia. Wytrzymałość na ścinanie jest wprost proporcjonalna do grubości szyjki (S), co wynika w przebiegu procesu ścinania, podczas którego element górny (BG) pęka w miejscu o najmniejszym przekroju poprzecznym. Jego dolna część pozostaje nadal wtłoczona w element dolny (BD), zaś jego górna część wraz z otworem powstałym na skutek pęknięcia ulega swobodnemu przemieszczaniu. Wytrzymałość na rozciąganie poprzeczne jest z kolei wprost proporcjonalna do szerokości podcięcia (P). Dzieje się tak, ponieważ w przypadku siły normalnej złącze ulega zazwyczaj rozłączeniu, bez naruszenia ciągłości materiału od strony stempla i matrycy. Mechanizm tworzenia złącza podzielić można na kilka etapów. Po podparciu elementu dolnego (BD) o górną powierzchnię matrycy (MA) i ustaleniu pozycji elementu górnego (BG) względem elementu dolnego (BD) następuje przemieszczenie stempla (ST) w stronę materiału. Nacisk powoduje odkształcanie materiału i powstanie przetłoczenia. Proces postępuje

do momentu zetknięcia dolnej blachy z powierzchnią matrycy. W wyniku dalszego wywierania siły przez stempel (ST) następuje pocienienie dna powstającego złącza i promieniowe płynięcie materiału. Proces ten nazywany jest prasowaniem. Taki mechanizm tworzenia złącza skutkuje więc możliwością prostego zwiększenia szerokości podcięcia (P) poprzez zmniejszenie grubości dna złącza, co jednak odbywa się zawsze kosztem zmniejszenia grubości szyjki (S). Nie jest znana prosta metoda jednoczesnego zwiększenia szerokości podcięcia (P) oraz grubości szyjki (S).

Przedmiot wynalazku przedstawiony jest bliżej w przykładach realizacji nie ograniczając jego zakresu oraz na rysunku na którym:

- Fig. 1 przedstawia przekrój poprzeczny elementów wykorzystywanych według metody poprawy parametrów wytrzymałościowych przetłaczanych złącz punktowych przed rozpoczęciem procesu kształtowania wraz z oznaczeniem kluczowych elementów.
- Fig. 2 przedstawia przekrój poprzeczny elementów wykorzystywanych według metody poprawy parametrów wytrzymałościowych przetłaczanych złącz punktowych po zakończeniu procesu kształtowania wraz z oznaczeniem kluczowych elementów.
- Fig. 3 przedstawia porównanie przekroju poprzecznego złącza wykonanego w sposób tradycyjny (linia ciągła) z przekrojem złącza wykonanego według metody poprawy parametrów wytrzymałościowych przetłaczanych złącz punktowych (linia przerywana),
- Fig. 4 przedstawia wartość siły normalnej w funkcji drogi trawersy uzyskanych podczas rozciągania złącz wytworzonych za pomocą różnych metod („**metoda wg przykładu 1 (+PR +W)**” - łączenie dwóch blach wg metody opisanej w przykładzie 1 za pomocą stempla ST posiadającego poszerzenie W i matrycy MA z zastosowaniem elementu pośredniego PR; „**metoda wg przykładu 2 (+PR +W)**” - łączenie dwóch blach wg metody opisanej w przykładzie 2 za pomocą stempla ST posiadającego poszerzenie W i matrycy MA z zastosowaniem elementu pośredniego PR; „**metoda wg przykładu 3 (+PR +W)**” - łączenie dwóch blach wg metody opisanej w przykładzie 3 za pomocą stempla ST posiadającego poszerzenie W i matrycy MA z zastosowaniem elementu pośredniego PR; „**metoda tradycyjna (-PR -W)**” – łączenie dwóch blach za pomocą tradycyjnego, pozbawionego poszerzenia W stempla ST i matrycy MA bez zastosowania elementu pośredniego PR; „**metoda tradycyjna (+PR -W)**” – łączenie dwóch blach za pomocą tradycyjnego, pozbawionego poszerzenia W

stempla ST i matrycy MA z zastosowaniem elementu pośredniego PR; „**metoda tradycyjna (-PR +W)**” – łączenie dwóch blach za pomocą stempla ST posiadającego poszerzenie W i matrycy MA bez zastosowania elementu pośredniego PR,

Fig. 5 przedstawia wartość siły ścinającej w funkcji drogi trawersy uzyskanych podczas rozciągania złącz wytworzonych za pomocą różnych metod – oznaczenia metod takie same jak w opisie do fig. 4.

Przykład 1

Sposób poprawy parametrów wytrzymałościowych przetłaczanych złącz punktowych w przykładzie wykonania polega na przetłaczaniu elementu górnego BG i elementu dolnego BD wykonanych ze stali DP600 o grubości 1,2 mm poprzez zwiększenie kluczowych wymiarów geometrycznych złącza, w szczególności grubości szyjki S i szerokości podcięcia P. W pierwszym etapie pozycjonuje się osiowo wzajemnie element górny BG i element dolny BD, zaś ich położenie jest ustalane poprzez dociśnięcie ich do powierzchni oporowej matrycy MA za pomocą dociskacza DO, jak na fig 1. W kolejnym kroku na elemencie górnym BG umieszcza się element pośredni PR z tworzywa sztucznego PLA o granicy plastyczności R_e wynoszącej 60 MPa, grubości G_{P1} wynoszącej 0,4 mm i średnicy \varnothing_{DP} wynoszącej 4,4 mm. Następnie element pośredni PR jest kształtowany wspólnie z blachą górną BG i blachą dolną BD za pomocą specjalnie ukształtowanego stempla o średnicy \varnothing_{DS} wynoszącej 4 mm i matrycy o średnicy wewnętrznej 6 mm. Stempel posiada, jak na fig. 2, dodatkowe poszerzenie o szerokości W wynoszącej 8 mm ukształtowane pod kątem α wynoszącym 20° , które jest zaokrąglone promieniem górnym R równym 1 mm i promieniem dolnym F równym 0,1 mm. Kształtowanie kontynuowane jest do uzyskania grubości elementu pośredniego PR G_{P2} wynoszącej 0,08 mm.

Przykład 2

Metoda poprawy parametrów wytrzymałościowych przetłaczanych złącz punktowych jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że element pośredni PR ma grubość G_{P1} wynoszącą 5 mm i średnicę \varnothing_{DP} wynoszącą 2,4 mm i jest kształtowany wspólnie za pomocą specjalnie ukształtowanego stempla o średnicy \varnothing_{DS} wynoszącej 4 mm, który posiada dodatkowe poszerzenie o szerokości W wynoszącą 0,4 mm ukształtowane pod kątem α wynoszącym 70° , które jest zaokrąglone promieniem górnym R równym 10 mm i promieniem dolnym F równym

5 mm. Kształtowanie kontynuowane jest do uzyskania grubości elementu pośredniego PR G_{P2} wynoszącej 3,5 mm.







Przykład 3

Metoda poprawy parametrów wytrzymałościowych przetlaczanych złącz punktowych jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że element pośredni PR stanowi stop aluminium 2024 w stanie T4 o granicy plastyczności R_e wynoszącym 40 MPa.

Przykład 4

Przeprowadzono testy porównawcze w zakresie wytrzymałości na rozciąganie poprzeczne oraz wytrzymałości na ścinanie złącz punktowych wytworzonych sposobem według wynalazku w porównaniu do złącz punktowych wytworzonych metodą tradycyjną. Uzyskane wyniki ujęto w tabeli 1.

Tabela 1. Wytrzymałość na rozciąganie poprzeczne i ścinanie złącz punktowych

Parametr	 metoda wg przykładu 1 (+PR +W)	 metoda wg przykładu 2 (+PR +W)	 metoda wg przykładu 3 (+PR +W)	 metoda tradycyjna (-PR +W)	 metoda tradycyjna (+PR -W)	 metoda tradycyjna (-PR +W)
Wytrzymałości na rozciąganie poprzeczne	3700 N	4150 N	3800 N	3000 N	3300 N	2500 N
Wytrzymałości na ścinanie	5800 N	6200 N	5900 N	4200 N	3600 N	4700 N

Złącza punktowe uzyskane w przykładach wykonania 1-3 cechowały podwyższone parametry wytrzymałościowe (wytrzymałość na rozciąganie poprzeczne oraz wytrzymałość na ścinanie) w porównaniu do złącz wytwarzanych metodą tradycyjną. Najwyższe wartości ww. parametrów uzyskano dla złącz punktowych uzyskanych sposobem opisanym w drugim przykładzie wykonania. Dzięki zastosowaniu w trzecim przykładzie wykonania elementu pośredniego PR o niższej granicy plastyczności o 20 MPa niż w pierwszym przykładzie wykonania, uzyskano podwyższone parametry wytrzymałościowe. Wykazano także, że nie da się uzyskać jednoczesnego zwiększenia wytrzymałości na rozciąganie poprzeczne i wytrzymałości na ścinanie stosując jedynie element pośredni PR (bez zastosowania poszerzenia W stempla ST) lub stosując jedynie poszerzenie W stempla ST (bez zastosowania elementu pośredniego PWR). Dodatkowo uzyskane wyniki przedstawiono na wykresach, gdzie fig. 4 dotyczy wytrzymałości na rozciąganie poprzeczne, a fig. 5 wytrzymałości na ścinanie.

Literatura cytowana

- Chen C, Fan S, Han X et al. Experimental study on the height-reduced joints to increase the cross-tensile strength. *Int J Adv Manuf Technol* 91, 2655–2662 (2017).
- Chen C, Zhao S, Cui M, Han X, Fan S. Mechanical properties of the two-steps clinched joint with a clinch-rivet. *Journal of Materials Processing Technology* 237, 361–370 (2016).
- He, X., Liu, F., Xing, B. et al. Numerical and experimental investigations of extensible die clinching. *Int J Adv Manuf Technol* 74, 1229–1236 (2014).
- Liu Y, Liu M, Chen X, Cao Y, Roven HJ, Murashkin M, Valiev RZ, Zhou H. Effect of Mg on microstructure and mechanical properties of Al-Mg alloys produced by high pressure torsion. *Scripta Materialia* 159, 137–141 (2019).
- Xing B, He X, Wang Y, Yang H, Deng C. Study of mechanical properties for copper alloy H62 sheets joined by self-piercing riveting and clinching. *Journal of Materials Processing Technology* 216, 28–36 (2015).

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ narzędzi kształtujących złącza punktowe obejmujący stempel (ST), matrycę (MA), a stempel (ST) o średnicy ($\varnothing D_S$) posiada w górnej części poszerzenie (W) o szerokości układu będącej **znamiennym tym, że** dodatkowo zawiera dociskacz (DO) oraz poszerzenie (W) stempla (ST) o szerokości wynoszącej od 0,1 do 2,0 średnicy ($\varnothing D_S$) stempla (ST), przy czym kąt (α) pomiędzy osią stempla (ST) a zewnętrzną powierzchnią poszerzenia (W) wynosi 20-70° oraz poszerzenie (W) posiada zaokrąglenie górne (R) o promieniu wynoszącym 1-10 mm i zaokrąglenie dolne (F) o promieniu wynoszącym 0,1-5 mm.
2. Układ narzędzi kształtujących według zastrz. 1, **znamienny tym, że** kąt (α) pomiędzy osią stempla (ST) a zewnętrzną powierzchnią poszerzenia (W) wynosi 35-55°.
3. Sposób kształtowania przetłaczanych złącz punktowych o lepszych parametrach wytrzymałościowych, przy czym sposób ten obejmuje łączenie przynajmniej dwóch elementów: elementu górnego (BG) oraz elementu dolnego (BD), **znamienny tym, że** zawiera następujące etapy:
 - d) przed rozpoczęciem kształtowania złącza na elemencie górnym (BG) umieszcza się osiowo symetrycznie względem stempla (ST) element pośredni (PR) o grubości (G_{P1}) wynoszącej od 0,4 do 5 mm i średnicy ($\varnothing D_P$) elementu pośredniego (PR) wynoszącej od 0,6 do 1,1 średnicy ($\varnothing D_S$) stempla (ST),
 - e) następnie element pośredni (PR) wraz elementem górnym (BG) i elementem dolnym (BD) kształtuje się przy użyciu układu określonego w zastrz. 1 lub 2,
 - f) kształtowanie prowadzi się do osiągnięcia grubości (G_{P2}) elementu pośredniego (PR) wynoszącej od 20 do 70% grubości (G_{P1}) elementu (PR) przed procesem kształtowania.
4. Sposób według zastrz. 3 **znamienny tym, że** element pośredni (PR) w etapie a) posiada o granicę plastyczności R_e wynoszącą od 5% do 50% granicy plastyczności elementu górnego (BG), korzystnie od 15% do 40%.
5. Sposób według zastrz. 3 **znamienny tym, że** jako element górny (BG) i element dolny (BD) stosuje się blachy, zwłaszcza blachy stalowe.

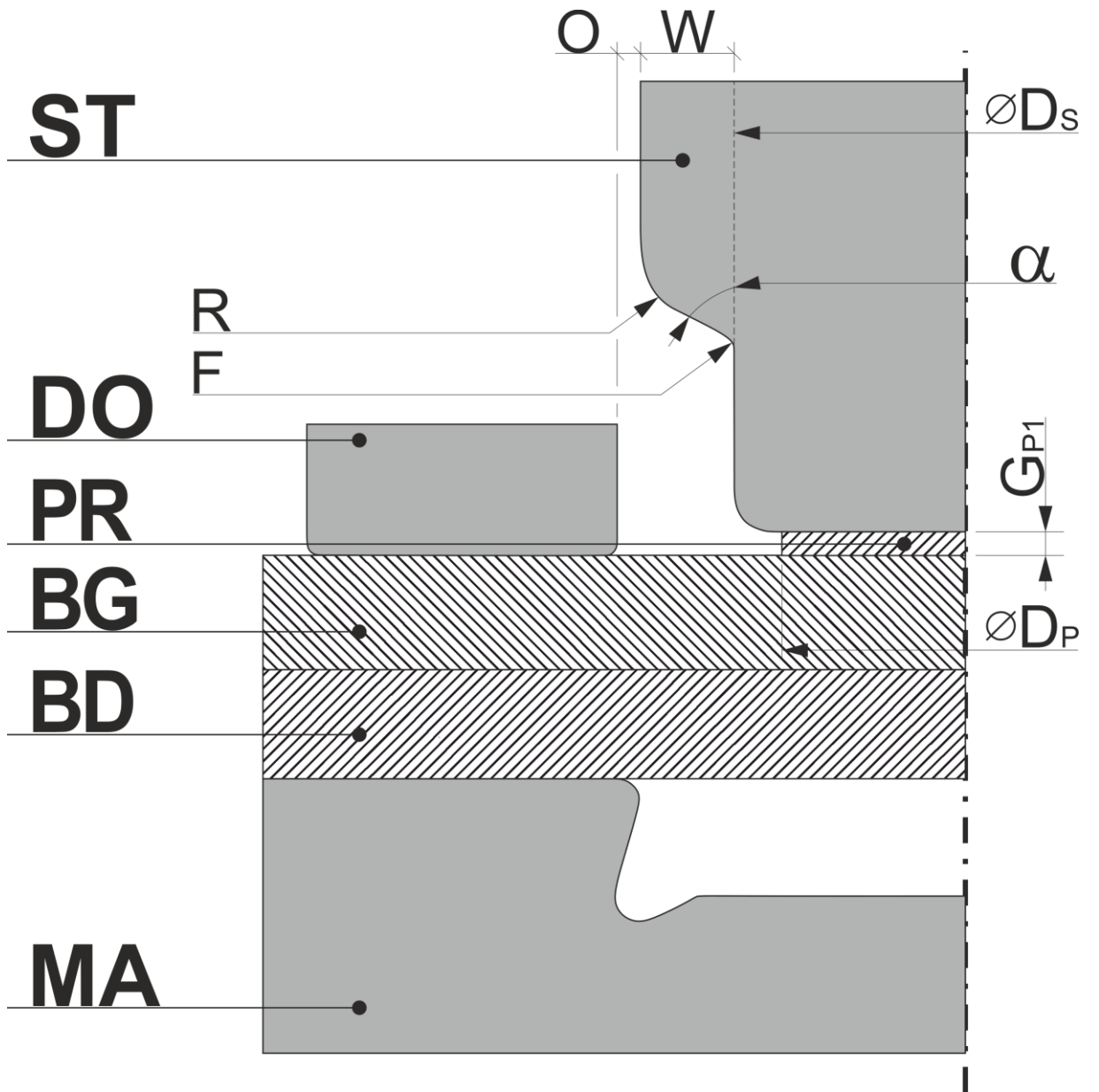


Fig. 1

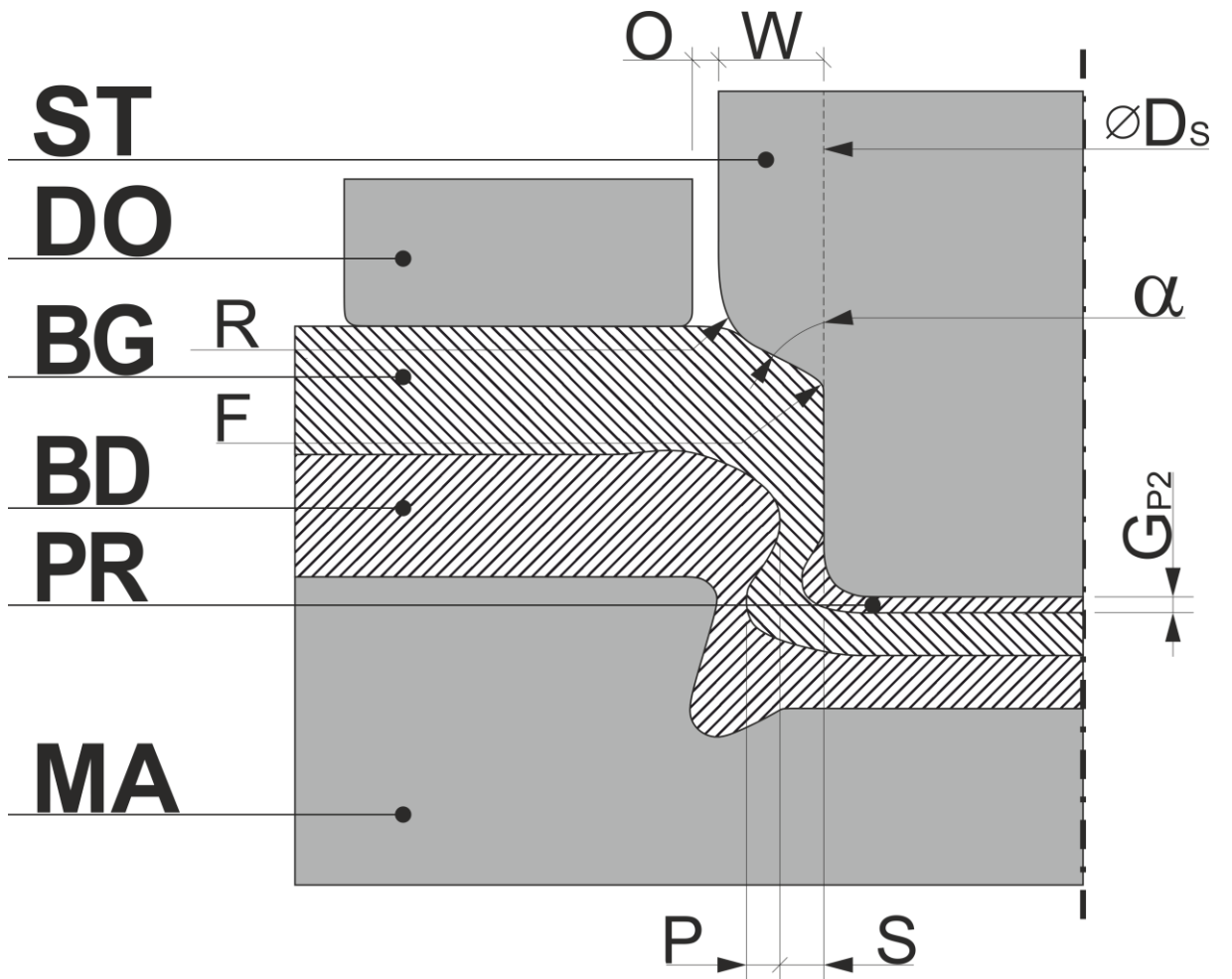


Fig. 2

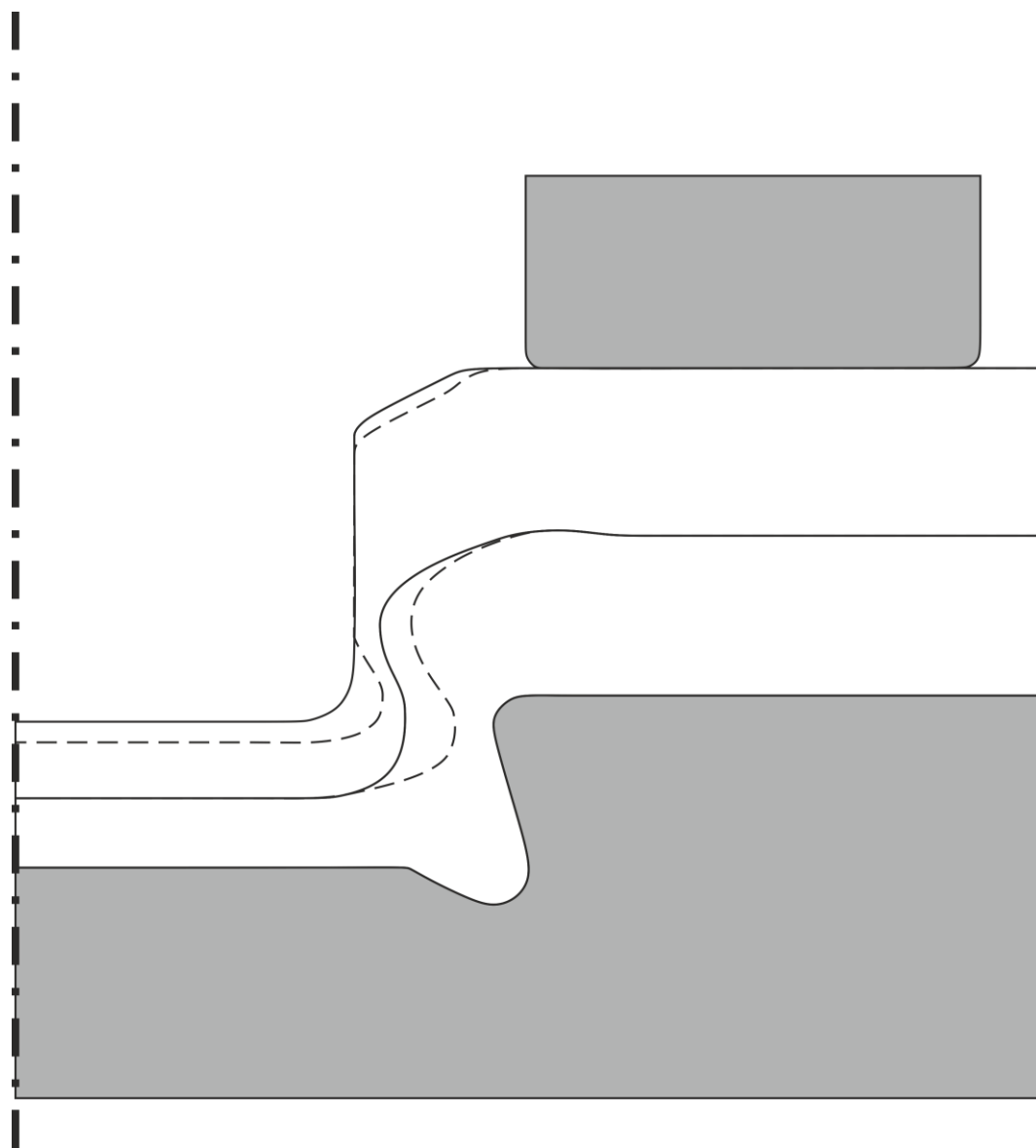


Fig. 3

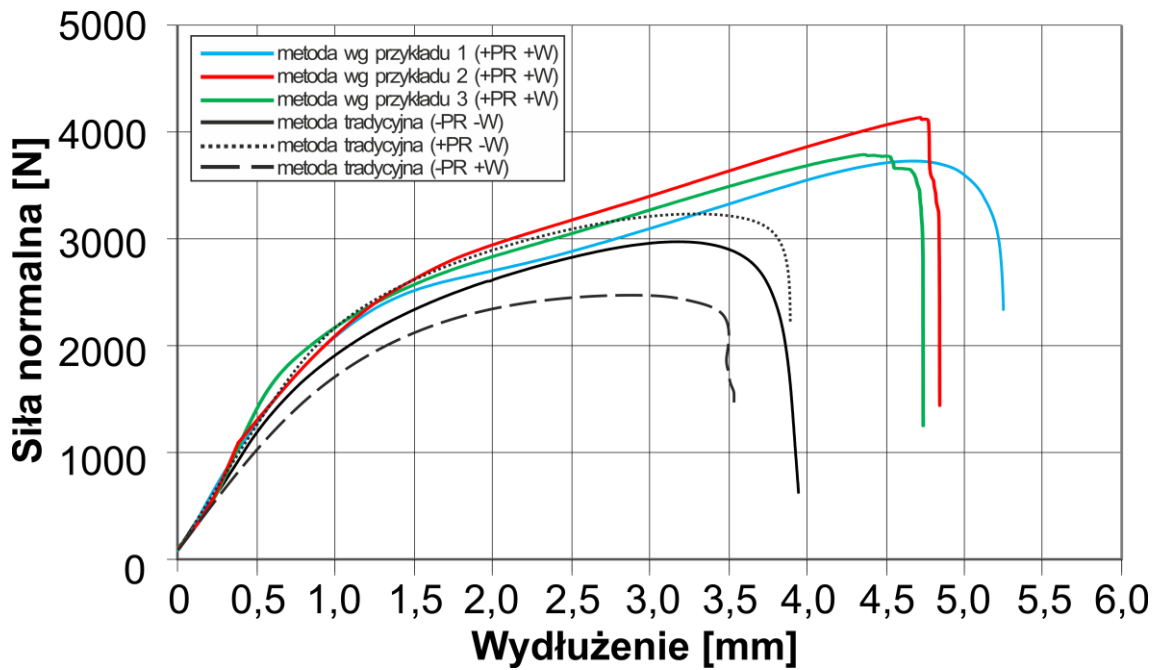


Fig. 4

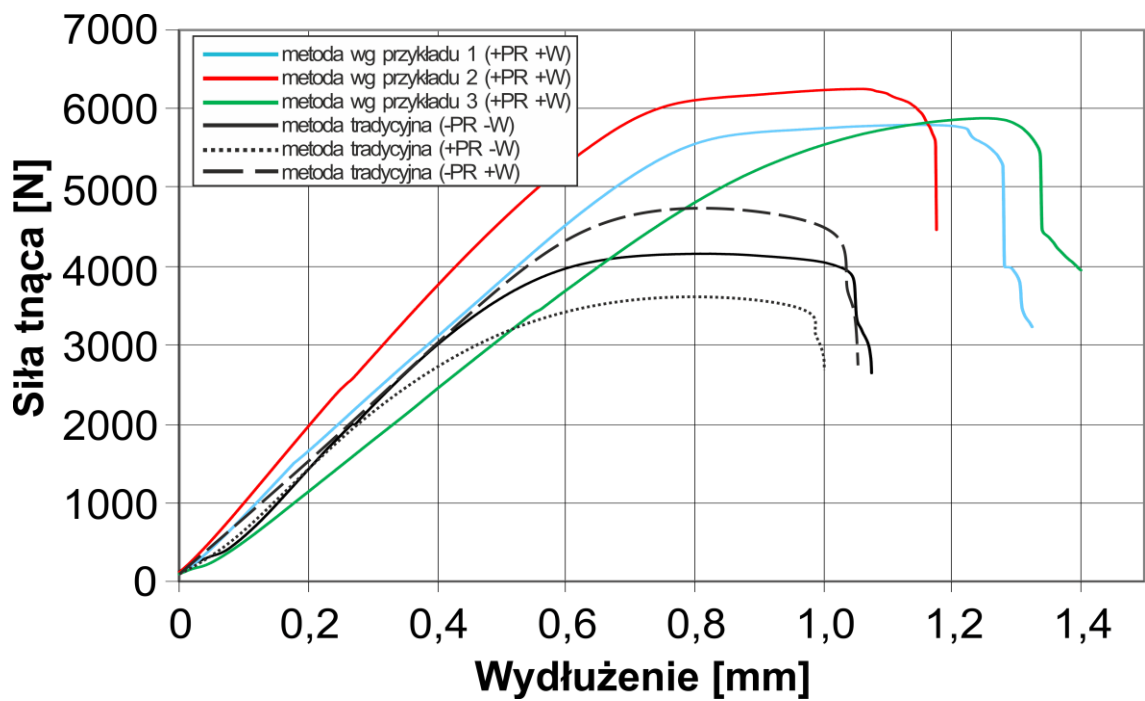


Fig. 5