

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **239306**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **432527**

(51) Int.Cl.

**B23K 20/12 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **09.01.2020**

(54) **Narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych  
do blach karoserii samochodowych oraz sposób zgrzewania tarcowego  
z przemieszaniem z wykorzystaniem tego narzędzia do zgrzewania tarcowego  
z przemieszaniem**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**12.07.2021 BUP 15/21**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**22.11.2021 WUP 34/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA, Rzeszów, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ANDRZEJ KUBIT, Krosno, PL  
TOMASZ TRZEPIECIŃSKI, Bratkowice, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzec. pat. Ilona Szuba**

**PL 239306 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych wykonanych z lekkich stopów metali nieżelaznych oraz sposób zgrzewania tarcowego z przemieszaniem z wykorzystaniem tego narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem.

Według, opublikowanego przez Departament for Buissness, Energy and Industrial Strategy (BEIS), raportu, umieszczonego na stronie [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/790626/2018-provisional-emissions-statistics-report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/790626/2018-provisional-emissions-statistics-report.pdf), 26% emisji gazów cieplarnianych w Wielkiej Brytanii jest emitowanych przez transport. Podobna tendencja występuje w większości krajów rozwiniętych. Głównym źródłem tych zanieczyszczeń są silniki spalinowe zarówno benzynowe, jak i silniki Diesla.

W publikacji, na stronie [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu) oraz w publikacji R. S. Mishra, Z. Y. Ma pt.: „Comparative study on the differences between the EU and US legislation on emission in the automotive sector”, Study by EMIS Commitee, Mater. Sci. Eng. R 50 (2005) 1–78, International Council on Clean Transportation wykazano, że ograniczenie emisji dwutlenku węgla do poziomu 95 g/m, w odniesieniu do pojazdów, można osiągnąć poprzez obniżenie ich masy.

Konieczność redukcji emisji szkodliwych związków przez środki transportu wymusza zmianę konstrukcji pojazdów, a tym samych technologii ich wytwarzania. W publikacji Shen Z., Yang X., Yang S., Zhang Z., Yin Y. pt.: „Microstructure and mechanical properties of fiction spot welded 6061-T4 aluminium alloy”, Mater Des 2014; 766–778 przedstawione zostało zastosowanie lekkich stopów metali nieżelaznych, zwłaszcza stopów aluminium, przede wszystkim na elementy konstrukcyjne lub poszycie samochodów. Stopy aluminium są obecnie materiałem powszechnie stosowanym w przemyśle lotniczym.

Metale nieżelazne są trudno spawalne, dlatego możliwości ich łączenia, upatrywane są w metodach tarcowych. Jak przedstawiono w publikacji Haghshenas M., Gerlich A. P. pt.: „Joining of automotive sheet materials by friction-based welding methods: A review”, Engineering Science and Technology, an International Journal 21 (2018), 130–148 tarcowe zgrzewanie jest szczególnie efektywne dla łączenia ze sobą różnych metali. Według informacji zawartych w tej publikacji uwaga przemysłu motoryzacyjnego w zakresie łączenia skupia się na trzech obszarach: łączenie fragmentów przetłoczonych elementów celem uzyskania dużych struktur, łączenie elementów usztywniających oraz punktowe łączenie elementów montażowych.

Zgodnie z informacjami podanymi w publikacji P. L. Threadgill, A. J. Leonard, H. R. Shercliff, P. J. Withers zamieszczonymi w Int. Mater. Rev. 54, 2009, 49–93, tarcowe zgrzewanie jest technologią szczególnie atrakcyjną dla przemysłu motoryzacyjnego, ze względu na takie cechy jak niewielka strefa wpływu ciepła, wysoka wytrzymałość styczna i zmęczeniowa, technologia przyjazna dla środowiska o niskim zapotrzebowaniu na energię, a ponadto jest ona relatywnie tania i łatwa do automatyzacji.

Wykonawcy projektu LightBlank, przedstawionego na stronie internetowej [www.lightblank.com/lhe-project](http://www.lightblank.com/lhe-project), który ukierunkowany jest na technologie wytwarzania lekkich konstrukcji dla transportu, zwłaszcza samochodowego, lotniczego i kolejowego, którego celem jest ograniczenie emisji dwutlenku węgla, również wskazują tarcowe technologie łączenia jako kluczowe sposoby wytwarzania lekkich struktur bazujących na stopach aluminium.

W ostatnich dwóch dekadach, technologia zgrzewania tarcowego z przemieszaniem jest rozwijana pod kątem łączenia trudnospawalnych stopów metali, takich jak wysokowytrzymałe stopy aluminium, co zostało przedstawione w publikacjach Buffa G., Fratini L., Piacentini M. pt.: „On the influence of tool path in friction stir spot welding of aluminium alloys”, J Mater Process Technol 2008; 208 (1–3): 309–17 oraz Li W, Y., Chu Q., Yang X. W., Shen J. J., Vairis A., Wang W. B. pt.: „Microstructure and morphology evolution of probeless friction stir spot welded joints of alumunium alloy”, J Mater Process Technol 2018; 252: 69–80.

W znanych sposobach zgrzewania tarcowego z przemieszaniem – Friction Stir Welding (FSW) oraz zgrzewania tarcowego z przemieszaniem i wypełnieniem krateru – Refill Friction Stir Spot Welding (RFSSW) wykorzystywane są narzędzia, które w swojej budowie zawierają trzpień stały, jak w sposobie zgrzewania tarcowego z przemieszczeniem albo trzpień wysuwany, jak w sposobie zgrzewania tarcowego z przemieszczeniem i wypełnieniem krateru. Trzpień te penetrują co najmniej jedną z łączonych części w celu wytworzenia odpowiedniej ilości ciepła uplastyczniającego łączone materiały oraz zapewniającego mechaniczne wymieszanie łączonych materiałów. W znanych sposobach łączenia tarcowego proces nagrzewania i penetracji narzędziem odbywa się tylko z jednej strony złącza.

Z opisu zgłoszeniowego EP 0653265 A2 znane jest narzędzie do zgrzewania tarcowego, które składa się z kołnierza oporowego i trzpienia penetrującego mechanicznie łączone materiały, natomiast proces zgrzewania zachodzi w trzech etapach: zagłębienie, mieszanie i wycofanie narzędzia. Proces rozpoczyna się od propagacji wirującego narzędzia w głąb łączonych materiałów. W drugim etapie następuje mieszanie materiałów – narzędzie, z określoną siłą docisku, wykonuje ruch obrotowy, który powoduje mechaniczne mieszanie łączonych materiałów. W końcu, po osiągnięciu pożądanego zagłębienia, proces zgrzewania zostaje zatrzymany i narzędzie jest wycofywane do pozycji początkowej. Obecnie stosowane są różne kształty trzpienia penetrującego oraz stosowane są kołnierze oporowe o różnych profilach, zwłaszcza wklęsłe, wypukłe i płaskie,

Z opisu patentowego US 6722556 B2 znane jest narzędzie do zgrzewania tarcowego punktowego z przemieszczeniem i wypełnieniem krateru, które składa się z trzech elementów: dociskacza oraz umieszczonych na nim trzpienia i tulei. Proces łączenia odbywa się w czterech etapach. W pierwszym etapie łączone blachy są pozycjonowane na płaskim stole i są dociskane za pomocą dociskacza. W następnym etapie tuleja oraz trzpień wykonują ruch obrotowy, aby wstępnie, w wyniku oddziaływania sił tarcia zwiększyć temperaturę łączonych materiałów. Po zakończeniu tego etapu obracający się trzpień przemieszcza się w głąb łączonych materiałów, w tym samym czasie obracająca się tuleja wykonuje ruch przeciwny. Po osiągnięciu przez trzpień żądanej głębokości zostaje zmieniony kierunek ruchu posuwowego trzpienia i tulei.

Konieczność połączenia różnych materiałów wynika stąd, że stopy aluminium nie spełniają wymagań wytrzymałościowych w czasie długotrwałej eksploatacji w punktach montażowych, w których z reguły dochodzi do znaczącej koncentracji naprężeń. Stąd, mimo konieczności stosowania karoserii z lekkich stopów aluminium, same elementy montażowe w wysoko-obciążonych węzłach konstrukcji powinny być wykonane z bardziej wytrzymałej stali.

Celem wynalazku było opracowanie nowego narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem, zwłaszcza śrub do karoserii samochodowych oraz nowego sposobu prowadzenia zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem z wykorzystaniem tego narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem, który umożliwi wykonanie trwałego, nierozłącznego połączenia elementów ze stopu aluminium z elementami stalowymi.

Narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych zawierające obrotowy trzpień dolny połączony z wałkiem napędowym dolnym oraz obrotową tuleję górną połączoną z wałkiem napędowym górnym, według wynalazku charakteryzuje się tym, że posiada stempel dolny i stempel górny, mające postać tulei, przy czym w otworze stempla dolnego zamocowany jest trzpień dolny, a w otworze stempla górnego zamocowana jest tuleja górna, a ponadto w górnej części tulei górnej jest uchwyt mocujący na śrubę.

Korzystnie na powierzchni bocznej tulei górnej lub na powierzchni bocznej trzpienia dolnego lub na powierzchni bocznej stempla dolnego lub na powierzchni bocznej stempla górnego są ukształtowane rowki, przy czym rowek, w przekroju wzdłużnym ma kształt prostokąta.

Sposób zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych, w którym co najmniej dwa arkusze blach są pozycjonowane, a tuleją górną wykonywany jest ruch obrotowy i trzpieniem dolnym wykonywany jest ruch obrotowy, według wynalazku charakteryzuje się tym, że śrubę umieszcza się w tulei górnej i podczas ruchu obrotowego tulei górnej i trzpienia dolnego, tuleję górną dociska się do blach uplastyczniając je, następnie tuleję górną unosi się, a śrubę wciska się w blachy tworząc wypływkę wokół łba śruby, po czym po maksymalnym zagłębieniu śruby, tuleję górną dociska się do blach i wypływkę zaciska się wokół łba tej śruby.

Korzystnie trzpień dolny, tuleję górną, stempel dolny oraz stempel górny chłodzi się, przy czym chłodzenie trzpienia dolnego, tulei górnej, stempla dolnego i stempla górnego prowadzi się przez prowadzenie nadmuchu powietrza na ich powierzchnie albo przez prowadzenie przepływu cieczy chłodzącej przez ich powierzchnie.

Nowe narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych oraz nowy sposób zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem z wykorzystaniem tego narzędzia pozwala na uzyskanie trwałego, nierozłącznego połączenia pakietu co najmniej dwóch blach stanowiących poszycie karoserii oraz jego wzmocnień wykonanych ze stopu aluminium z gwintowanym trzpieniem stalowym. W tym nowym sposobie łączenia stalowy element zgrzewany pełni jednocześnie rolę narzędzia wywołującego tarcie celem uplastycznienia blachy. Zaletą nowego narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszczaniem oraz nowego sposobu jest uzyskanie trwałego,

nierozłącznego połączenia relatywnie niskim kosztem, uzyskanie połączenia metalicznego stal-stop aluminium wytrzymałego na przewidywane warunki eksploatacyjne, zwłaszcza na drgania, wilgotność, środowisko słone/kwaśne, możliwość automatyzacji procesu oraz wykonywanie zgrzein w krótkich odstępach czasowych.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych w przekroju wzdłużnym, fig. 2 – to samo narzędzie podczas prowadzenia zagłębiania śruby w uplastycznionej blasze w przekroju wzdłużnym, fig. 3 – to samo narzędzie podczas prowadzenia zaciskania łba śruby w przekroju wzdłużnym, fig. 4 – wykres, na którym została przedstawiona zależność pozycji narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych od czasu prowadzenia zgrzewania tarcowego z przemieszaniem oraz zależności prędkości obrotowej tulei górnej w czasie podczas prowadzenia zgrzewania tarcowego z przemieszaniem z wykorzystaniem tego narzędzia, fig. 5 – śrubę połączoną z blachami w przekroju wzdłużnym, fig. 6 – śrubę z otworem kształtowym we łbie w przekroju wzdłużnym, fig. 7 – narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych z rowkami na powierzchni bocznej: tulei górnej, trzpienia dolnego, stempla górnego i stempla dolnego w przekroju wzdłużnym, natomiast fig. 8 – fragment karoserii samochodowej z przyłączoną śrubą montażową w przekroju wzdłużnym.

Narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 montażowych do blach 2 karoserii samochodowych, według wynalazku, w pierwszym przykładzie wykonania, zawiera stempel dolny 3, który ma postać tulei, zaś wewnątrz tego stempla dolnego umieszczony jest trzpień dolny 4, który połączony jest z wałem napędowym dolnym. Nad tym trzpieniem dolnym 4 umieszczony jest stempel górny 5 mający również postać tulei, w którym umieszczona jest tuleja górna 6, która połączona jest z wałem napędowym górnym. Wewnątrz, tej tulei górnej 6, w jej górnej części zamocowany jest nieobrotowy uchwyt mocujący na śrubę 1.

Narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 montażowych do blach 2 karoserii samochodowych, według wynalazku, w drugim przykładzie wykonania, takie jak w przykładzie pierwszym, z tym, że na powierzchni bocznej stempla dolnego 3, trzpienia dolnego 4, stempla górnego 5 oraz tulei górnej 6 są ukształtowane rowki 7.

Narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 montażowych do blach 2 karoserii samochodowych, według wynalazku, w trzecim przykładzie wykonania, takie jak w przykładzie drugim, że rowki 7 mają w przekroju wzdłużnym kształt prostokąta.

Sposób zgrzewania tarcowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 do blach 2 karoserii samochodowej, według wynalazku w pierwszym przykładzie realizacji, prowadzi się tak, że śrubę 1 mocuje się w nieobrotowym uchwycie mocującym na śrubę 1 w tulei górnej 6, który generuje siłę nacisku wzdłuż osi tej śruby 1. Pomiędzy stemplem dolnym 3 a stemplem górnym 5 umieszcza się pakiet blach 2 złożony z dwóch blach 2. Tuleję obrotową 6 oraz trzpień dolny 3 wprawia się w ruch obrotowy na skutek dociskania odpowiednią wartością sił osiowych dociskających te elementy do pakietu blach 2. Elementami obrotowymi wywołującymi ciepło na skutek sił tarcia są tuleja górna 6 oraz trzpień dolny 3. Dodatkowo narzędzie posiada stempel górny 5 oraz stempel dolny 3 do zaciskania pakietu blach 2 podczas całego procesu zgrzewania tarcowego z przemieszaniem. Poprzez siły tarcia generowana jest odpowiednia ilość ciepła uplastyczniająca lokalnie blachy 2. Po dostatecznym uplastycznieniu blach 2, wciskana jest w nie śruba 1, co wywołuje powstanie wypływk 8 wokół łba tej śruby 1. Ze względu na pojawienie się w płynki 8 materiału, w momencie zagłębiania śruby 1, w celu utworzenia przestrzeni dla tej wypływk 8, tuleja górna 6 jest odpowiednio unoszona. Po maksymalnym zagłębieniu śruby 1, dociska się z powrotem tuleję górną 6, dociskając ją do blach 2, dzięki czemu formuje się uplastycznioną wypływkę 8 wokół łba śruby 1. Uzyskuje się trwałe, nierozłączne połączenie pomiędzy pakietem blach 2 a gwintowaną śrubą 1. Połączenie to ma charakter metaliczny typowy dla procesów zgrzewania tarcowego z przemieszaniem dzięki zastosowaniu odpowiednich parametrów ściśle związanych z rodzajem materiałów zgrzewanych oraz grubością pakietu zgrzewanych blach 2. Gdy we łbie śruby 1 jest otwór, to po wciśnięciu uplastycznego materiału blachy 2 do jego wnętrza, dochodzi do mechaniczno-kształtowego dodatkowego jego połączenia.

Sposób zgrzewania tarcowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 do blach 2 karoserii samochodowej, według wynalazku, w drugim przykładzie realizacji, taki jak w przykładzie pierwszym, z tym, że stempel dolny 3, trzpień dolny 4, stempel górny 5 oraz tuleję górną 6 chłodzi się przez nadmuch powietrza na ich powierzchnię.

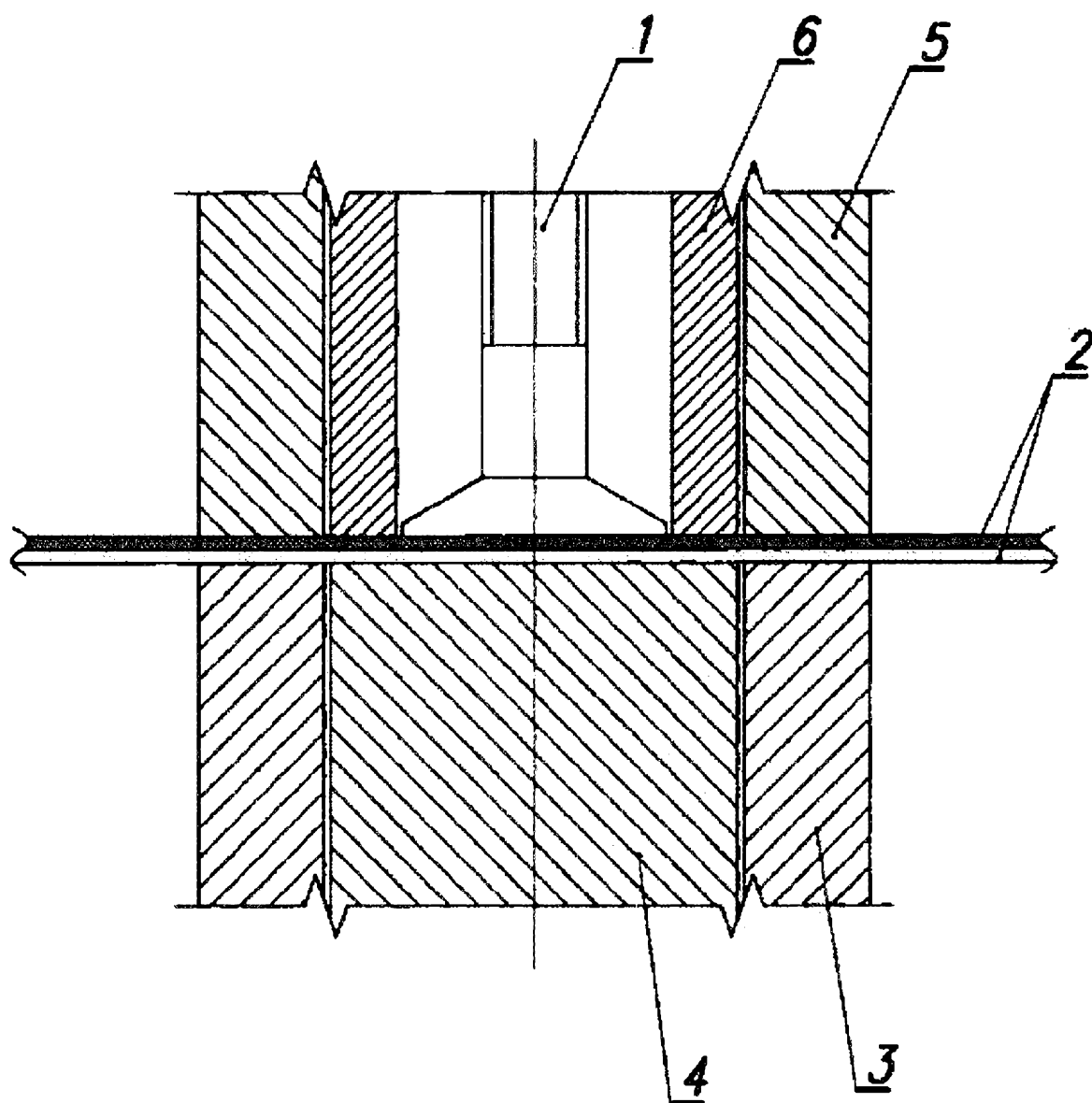
Sposób zgrzewania tarcowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 do blach 2 karoserii samochodowej, według wynalazku, w trzecim przykładzie realizacji, taki jak w przykładzie pierwszym, z tym, że w celu prowadzenia wysokowydajnej, zautomatyzowanej produkcji stempel dolny 3, trzpień dolny 4, stempel górny 5 oraz tuleję górną 6 chłodzi się przez przepływ cieczy chłodzącej przez ich powierzchnię.

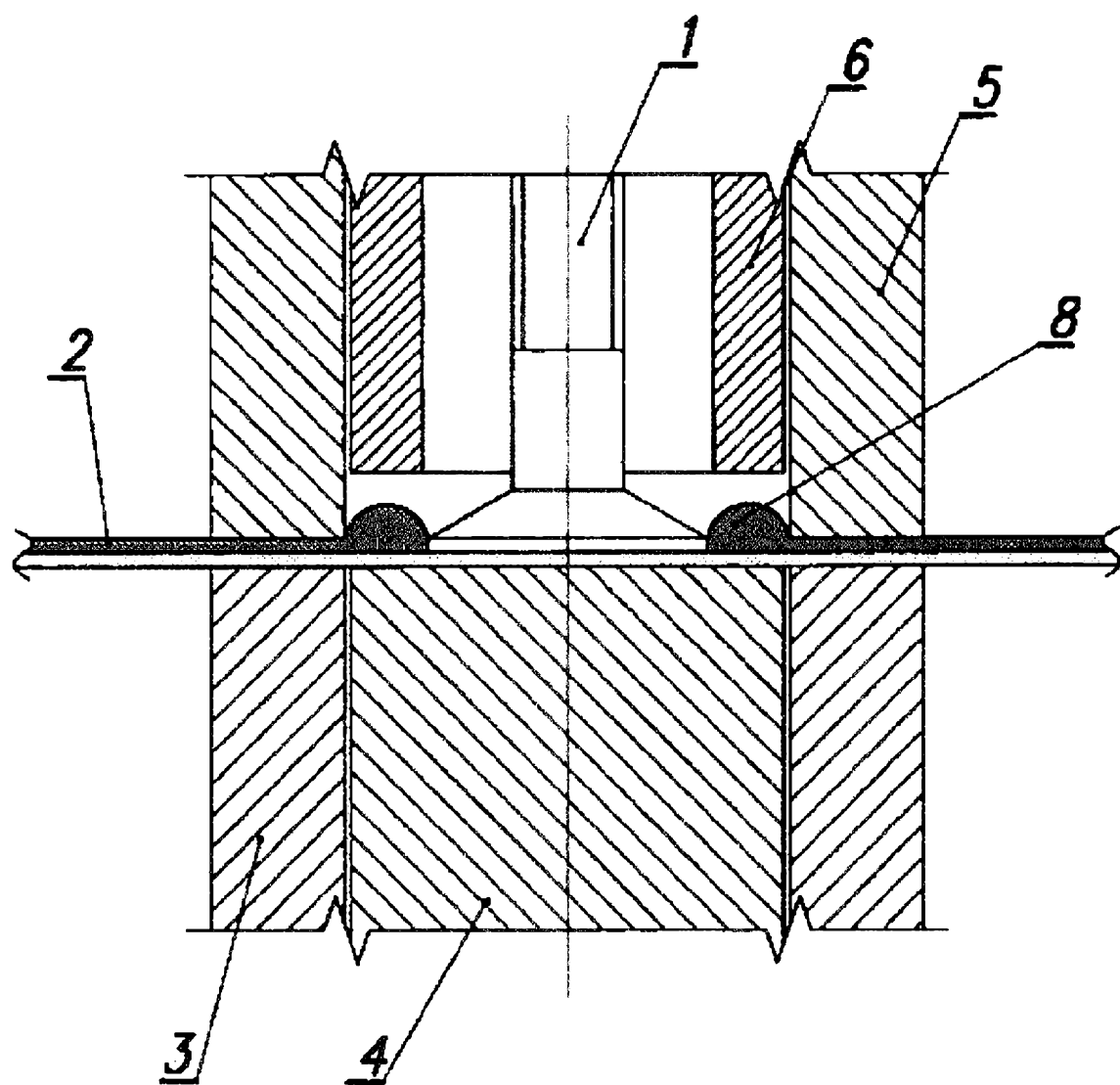
Sposób zgrzewania tarcowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 do blach 2 karoserii samochodowej, według wynalazku, w czwartym przykładzie realizacji, taki jak w przykładzie pierwszym, z tym, że stempel dolny 3, trzpień dolny 4, stempel górny 5 oraz tuleję górną 6 chłodzi się poprzez ukształtowane rowki 7, które zwiększają powierzchnię oddawania ciepła.

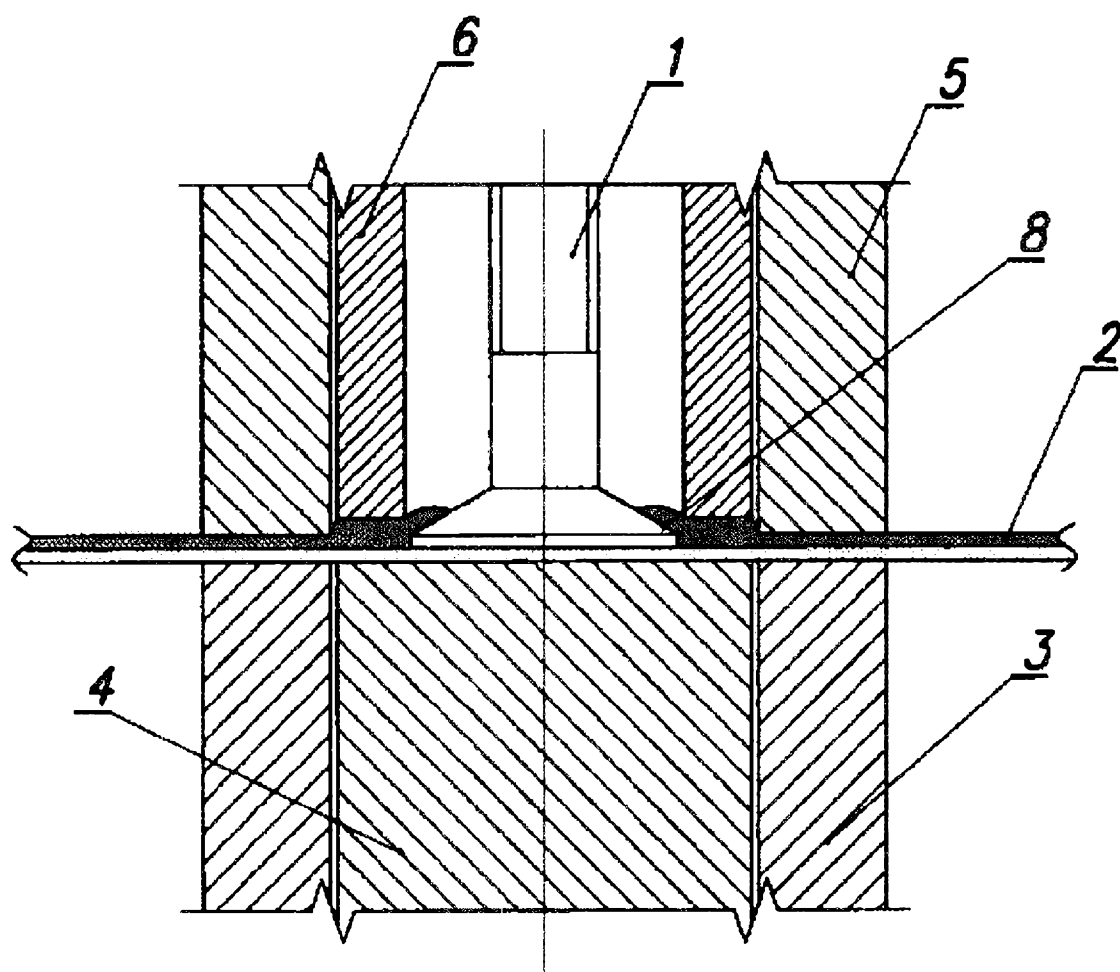
### Zastrzeżenia patentowe

1. Narzędzie do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych zawierające obrotowy trzpień dolny połączony z wałkiem napędowym dolnym oraz obrotową tuleję górną połączoną z wałkiem napędowym górnym, **znamiennie tym**, że posiada stempel dolny (3) i stempel górny (5), mające postać tulei, przy czym w otworze stempla dolnego (3) zamocowany jest trzpień dolny (4), a w otworze stempla górnego (5) zamocowana jest tuleja górna (6), a ponadto w górnej części tulei górnej (6) jest uchwyt mocujący na śrubę.
2. Narzędzie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że na powierzchni bocznej tulei górnej (6) lub na powierzchni bocznej trzpienia dolnego (4) lub na powierzchni bocznej stempla dolnego (3) lub na powierzchni bocznej stempla górnego (5) są ukształtowane rowki (7).
3. Narzędzie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że rowek (7), w przekroju wzdłużnym ma kształt prostokąta.
4. Sposób zgrzewania tarcowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych określonego w zastrz. 1, w którym co najmniej dwa arkusze blach są pozycjonowane, a tuleją górną wykonywany jest ruch obrotowy i trzpieniem dolnym wykonywany jest ruch obrotowy, **znamiennie tym**, że śrubę (1) umieszcza się w tulei górnej (6) i podczas ruchu obrotowego tulei górnej (6) i trzpienia dolnego (4), tuleję górną (6) dociska się do blach (2) uplastyczniając je, następnie tuleję górną (6) unosi się, a śrubę (1) wciska się w blachy (2) tworząc wypływkę (8) wokół łba śruby (1), po czym po maksymalnym zagłębieniu śruby (1), tuleję górną (6) dociska się do blach (2) i wypływkę (8) zaciska się wokół łba tej śruby (1).
5. Sposób według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że trzpień dolny (4), tuleję górną (6), stempel dolny (3) oraz stempel górny (5) chłodzi się.
6. Sposób według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że chłodzenie trzpienia dolnego (4), tulei górnej (6), stempla dolnego (3) i stempla górnego (5) prowadzi się przez prowadzenie nadmuchu powietrza na ich powierzchnie.
7. Sposób według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że chłodzenie trzpienia dolnego (4), tulei górnej (6), stempla dolnego (3) i stempla górnego (5) prowadzi się przez prowadzenie przepływu cieczy chłodzącej przez ich powierzchnie.

## Rysunki

*Fig. 1*

*Fig. 2*



*Fig. 3*

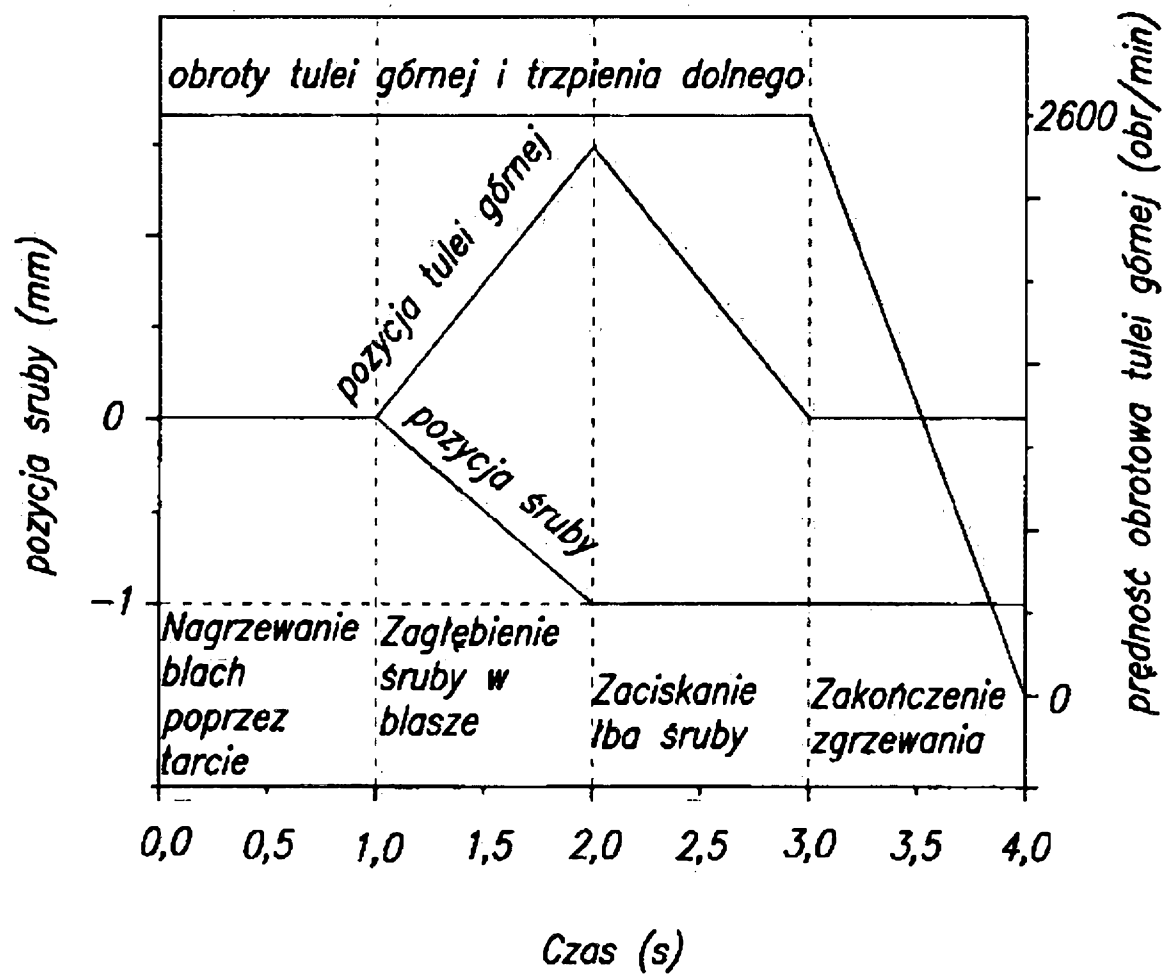
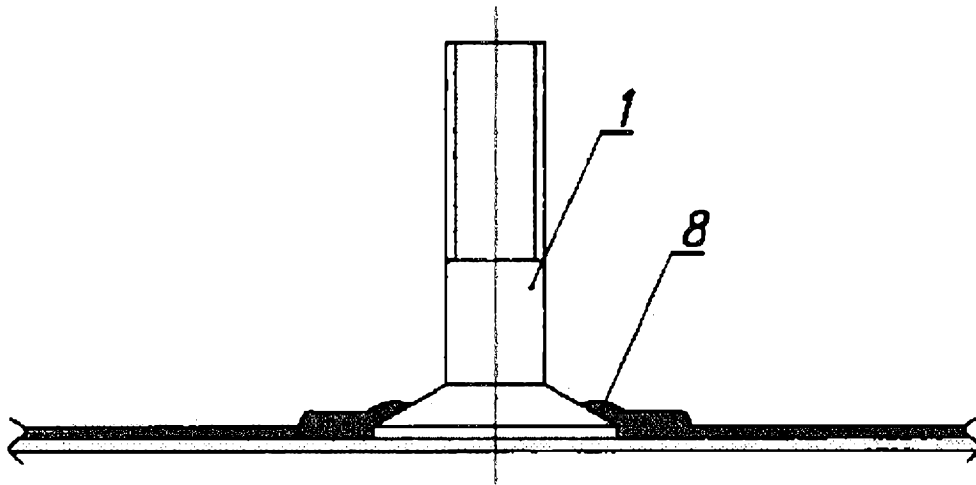
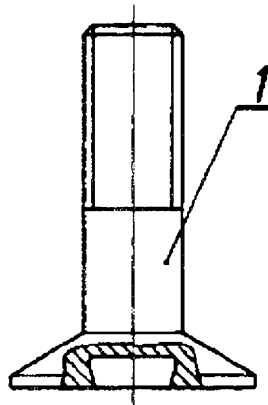


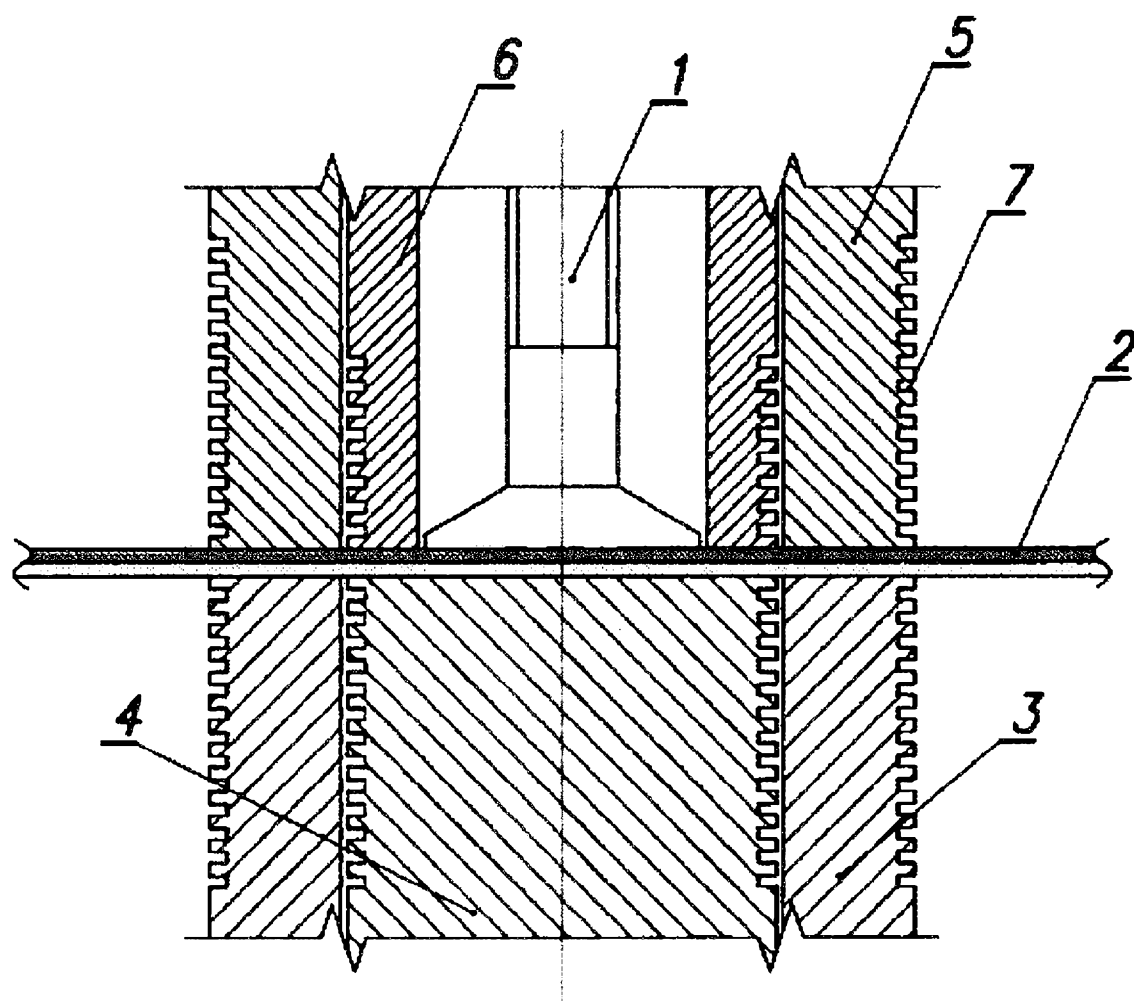
Fig. 4

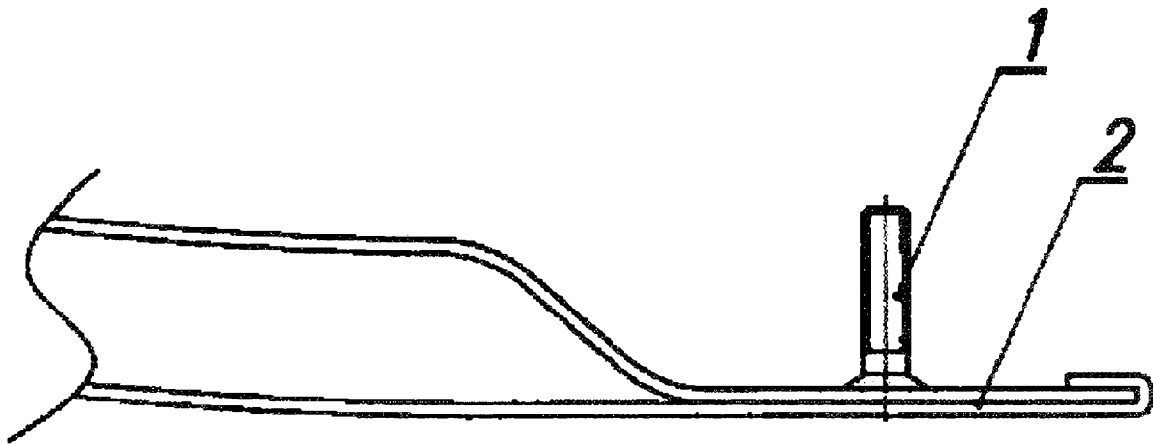


*Fig. 5*



*Fig. 6*

*Fig. 7*



*Fig. 8*