RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **239421**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **432528**

(22) Data zgłoszenia: **09.01.2020**

(51) Int.Cl.
B23K 20/12 (2006.01)

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

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
12.07.2021 BUP 15/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
29.11.2021 WUP 35/21

(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:
rzecz. pat. Ilona Szuba

PL 239421 B1

Opis wynalazku

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

Według opublikowanego przez Departament for Buissness, Energy and Industrial Strategy (BEIS), raportu, umieszczonego na stronie https://assets.publishing.service.gov.uk/govemment/uploads/system/uploads/attachmentdata/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 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 tarciowych. 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 tarciowe 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, tarciowe 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/the-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 tarciowe technologie łączenia jako kluczowe sposoby wytwarzania lekkich struktur bazujących na stopach aluminium.

W ostatnich dwóch dekadach, technologia zgrzewania tarciowego 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., 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 tarciowego z przemieszaniem – Friction Stir Welding (FSW) oraz zgrzewania tarciowego 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 tarciowego z przemieszczeniem albo trzpień wysuwany, jak w sposobie zgrzewania tarciowego z przemieszczeniem i wypełnieniem krateru. Trzpienie 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 tarciowego proces nagrzewania i penetracji narzędziem odbywa się tylko z jednej strony złącza.

Z opisu zgłoszeniowego EP 0653265 A2 znane jest narzędzie do zgrzewania tarciowego, 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 tarciowego 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 aluminiowych, same elementy montażowe w wysoko-obciążonych węzłach konstrukcji powinny być wykonane z bardziej wytrzymałej stali.

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

Narzędzie do zgrzewania tarciowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych zawierające w górnej swojej części tuleję dociskową z zamocowaną obrotową tuleją górną połączoną z silnikiem napędzającym i posiadającą w górnej swojej części uchwyt do mocowania śruby, zaś w dolnej części posiadające podporę do położenia na niej blach, według wynalazku charakteryzuje się tym, że w tulei dociskowej umieszczony jest stempel górny, w którym zamocowana jest tuleja górna, zaś silnik napędzający tulei górnej jest sprzężony z hamulcem elektromagnetycznym, a ponadto na powierzchni bocznej stempla górnego lub tulei górnej są ukształtowane rowki.

Korzystnie rowek, w przekroju wzdłużnym ma kształt prostokąta.

Sposób zgrzewania tarciowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarciowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych, w którym co najmniej dwa arkusze blach są pozycjonowane, a tuleją górną wykonywany jest ruch obrotowy, według wynalazku charakteryzuje się tym, że co najmniej dwie blachy umieszcza się na podporze, a śrubę umieszcza się w tulei górnej tak, że mocuje się trzpień tej śruby w uchwycie mocującym tej tulei górnej i podczas ruchu obrotowego tulei górnej dociska się część czołową łba śruby do blach uplastyczniając je, następnie czołową część śruby zagłębia się w uplastycznionej blasze tworząc wypływkę materiału blachy wokół łba śruby, po czym zatrzymuje się obroty tulei górnej, a następnie obniża się stempel górny i zaciska się wypływkę wokół łba śruby.

Korzystnie obroty tulei górnej zatrzymuje się hamulcem elektromagnetycznym sprzężonym z silnikiem napędzającym tej tulei górnej, a ponadto stosuje się śrubę z otworem prostym albo z otworem kształtowym we łbie.

Nowe narzędzie do zgrzewania tarciowego z przemieszczaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych oraz nowy sposób zgrzewania tarciowego z przemieszaniem 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 tarciowego z przemieszaniem 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 tarciowego 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 tarciowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych od czasu prowadzenia zgrzewania tarciowego z przemieszaniem oraz zależności prędkości obrotowej tulei górnej w czasie podczas prowadzenia zgrzewania tarciowego z przemieszaniem z wykorzystaniem tego narzędzia, fig. 5 – śrubę połączoną z blachami w przekroju wzdłużnym, fig. 6 – śrubę z otworem prostym we łbie w przekroju wzdłużnym, fig. 7 – śrubę z otworem kształtowym we łbie w przekroju wzdłużnym, fig. 8 narzędzie do zgrzewania tarciowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych z rowkami na powierzchni bocznej: stempla górnego i tulei górnej w przekroju wzdłużnym, natomiast fig. 9 – fragment karoserii samochodowej z przyłączoną śrubą montażową w przekroju wzdłużnym.

Narzędzie do zgrzewania tarciowego z przemieszczaniem, zwłaszcza śrub 1 montażowych do blach 2 karoserii samochodowych, według wynalazku, w pierwszym przykładzie wykonania, zawiera w górnej swojej części tuleję dociskową 3, wewnątrz której umieszczony jest stempel górny 4, w którym umieszczona jest obrotowa tuleja górna 5. Tuleja górna 5 posiada uchwyt mocujący dla śruby 1 oraz połączona jest z silnikiem napędzającym. Może ona wykonywać zarówno ruch obrotowy, jak również ruch posuwisty wzdłuż swojej osi. W dolnej części tego narzędzia jest umieszczona podpora 6, na której umieszczane są blachy 2 i która pełni rolę elementu oporowego. Na powierzchni stempla górnego 4 i tulei górnej 5 są ukształtowane rowki 7, zaś silnik napędzający tulei górnej 5 jest sprzężony z hamulcem elektromagnetycznym.

Narzędzie do zgrzewania tarciowego 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 rowki 7 mają w przekroju wzdłużnym kształt prostokąta.

Sposób zgrzewania tarciowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarciowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 do blach 2 karoserii samochodowej, według wynalazku w pierwszym przykładzie realizacji, prowadzi się tak, że śrubę 1 umieszcza się w tulei górnej 5 tak, że mocuje się trzpień tej śruby 1 w nieobrotowym uchwycie mocującym na śrubę 1, który generuje siłę nacisku wzdłuż osi tej śruby 1. Na podporze 6 umieszcza się pakiet blach 2 złożony z dwóch blach 2. Tuleję górną 5 wprawia się w ruch obrotowy na skutek dociskania odpowiednią wartością sił osiowych dociskających te elementy do pakietu blach 2. Dzięki sile tarcia tulei górnej 5 wywołuje się ciepło i poprzez tarcie części czołowej łba śruby 1 o powierzchnie blach 2 uplastycznia się lokalnie te blachy 2. Poprzez zwiększenie siły dociskającej tuleję górną 5, dochodzi do zagłębienia czołowej części śruby 1 w uplastycznionej blasze 2 i tworzy się, wokół łba tej śruby 1, wypływka 8 z materiału blachy 2. Kiedy śruba 1 zostanie maksymalnie zagłębiona, poprzez siły tarcia, zatrzymuje się obroty tulei górnej 5. Następnie obniżając stempel górny 4 prowadzi się nacisk na wypływkę 8 i zaciska się ją wokół obwodu 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 tarciowego z przemieszaniem dzięki zastosowaniu odpowiednich parametrów ściśle związanych z rodzajem materiałów zgrzewanych oraz grubością pakietu zgrzewanych blach 2.

Sposób zgrzewania tarciowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarciowego 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 górny 4 i tuleję górną 5 chłodzi się poprzez ukształtowane rowki 7, które zwiększają powierzchnię oddawania ciepła, a ponadto stosuje się śrubę 1 z otworem prostym 9 we łbie, przez co po wciśnięciu uplastycznionego materiału blachy 2 do jego wnętrza, dochodzi do mechaniczno-kształtowego dodatkowego jego połączenia.

Sposób zgrzewania tarciowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarciowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub 1 do blach 2 karoserii samochodowej, według wynalazku, w trzecim przykładzie realizacji, taki jak w przykładzie pierwszym z tym, że stosuje się śrubę 1 z otworem

kształtowym 10 we łbie, przez co po wciśnięciu uplastycznionego materiału blachy 2 do jego wnętrza, dochodzi do mechaniczno-kształtowego dodatkowego jego połączenia.

Sposób zgrzewania tarciowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarciowego 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 górny 4 i tuleję górną 5 chłodzi się przez nadmuch powietrza na ich powierzchnię.

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

Zastrzeżenia patentowe

1. Narzędzie do zgrzewania tarciowego z przemieszaniem, zwłaszcza śrub montażowych do blach karoserii samochodowych zawierające w górnej swojej części tuleję dociskową z zamocowaną obrotową tuleją górną połączoną z silnikiem napędzającym i posiadającą w górnej swojej części uchwyt do mocowania śruby, zaś w dolnej części posiadające podporę do położenia na niej blach, **znamienne tym**, że w tulei dociskowej (3) umieszczony jest stempel górny (4), w którym zamocowana jest tuleja górna (5), zaś silnik napędzający tulei górnej (5) jest sprzężony z hamulcem elektromagnetycznym, a ponadto na powierzchni bocznej stempla górnego (4) lub tulei górnej (5) są ukształtowane rowki (7).
2. Narzędzie według zastrz. 1, **znamienne tym**, że rowek (7), w przekroju wzdłużnym ma kształt prostokąta.
3. Sposób zgrzewania tarciowego z przemieszaniem z wykorzystaniem narzędzia do zgrzewania tarciowego 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, **znamienny tym**, że co najmniej dwie blachy (2) umieszcza się na podporze, a śrubę (1) umieszcza się w tulei górnej (5), tak, że mocuje się trzpień tej śruby (1) w uchwycie mocującym tej tulei górnej (5) i podczas ruchu obrotowego tulei górnej (5) dociska się część czołową łba śruby (1) do blach (2) uplastyczniając je, następnie czołową część śruby (1) zagłębia się w uplastycznionej blasze (2) tworząc wypływkę (8) materiału blachy (2) wokół łba śruby (1), po czym zatrzymuje się obroty tulei górnej (5), a następnie obniża się stempel górny (4) i zaciska się wypływkę (8) wokół łba śruby (1).
4. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że obroty tulei górnej (5) zatrzymuje się hamulcem elektromagnetycznym sprzężonym z silnikiem napędzającym tej tulei górnej (5).
5. Sposób według zastrz. 3 albo 4, **znamienny tym**, że stosuje się śrubę (1) z otworem prostym (9) we łbie.
6. Sposób według zastrz. 3 albo 5, **znamienny tym**, że stosuje się śrubę (1) z otworem kształtowym (10) we łbie.
7. Sposób według jednego z zastrz. od 3 do 6, **znamienny tym**, że stempel górny (4) oraz tuleję górną (5) chłodzi się.
8. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że chłodzenie stempla górnego (4) i tulei górnej (5) prowadzi się przez prowadzenie nadmuchu powietrza na ich powierzchnie.
9. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że chłodzenie stempla górnego (4) i tulei górnej (5) prowadzi się przez prowadzenie przepływu cieczy chłodzącej przez ich powierzchnie.

Rysunki

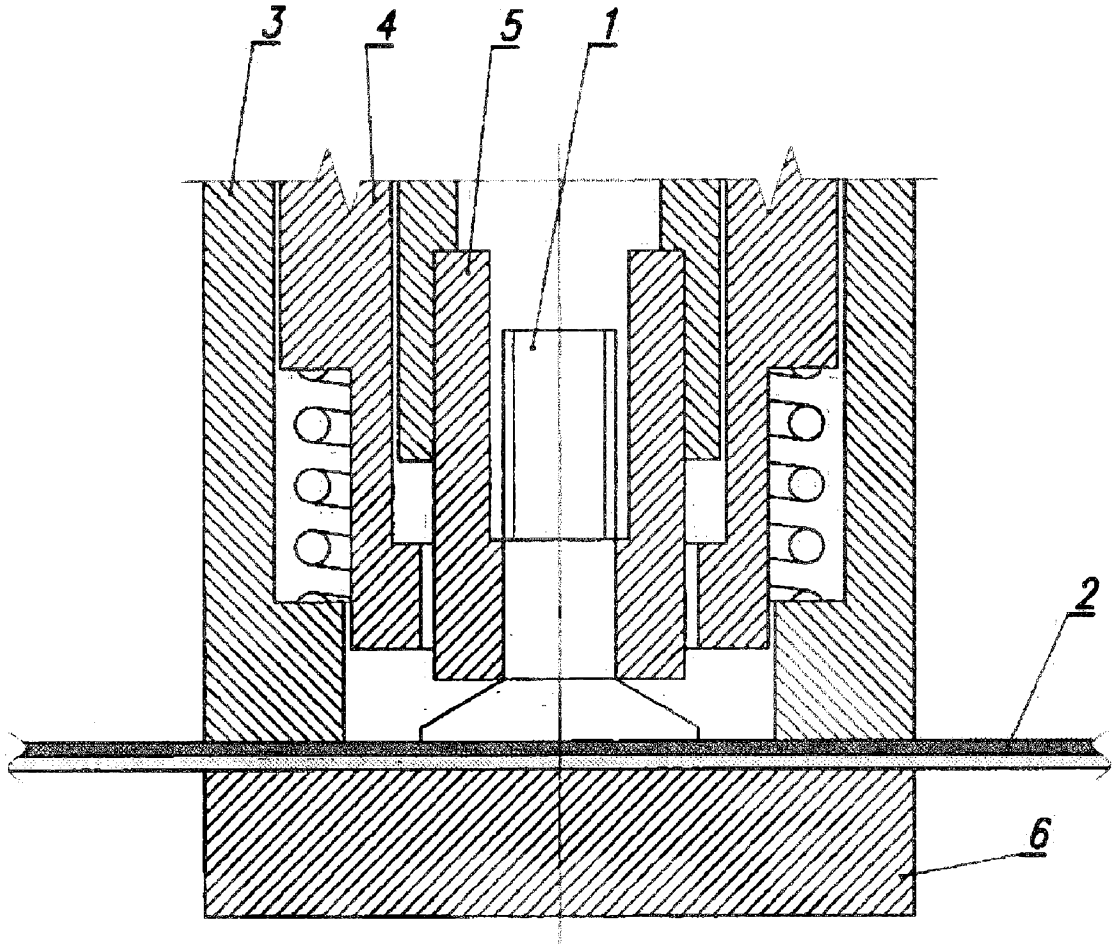


Fig. 1

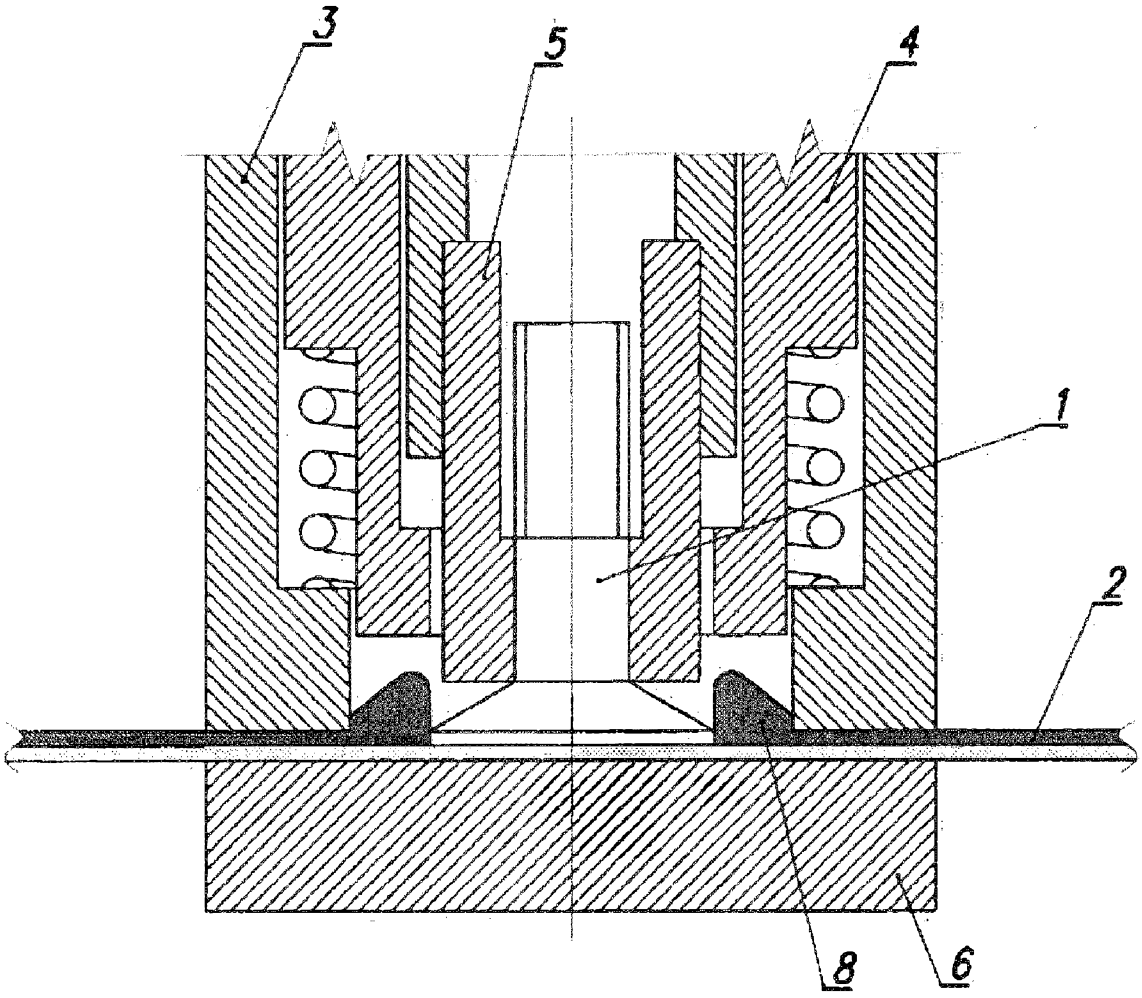


Fig. 2

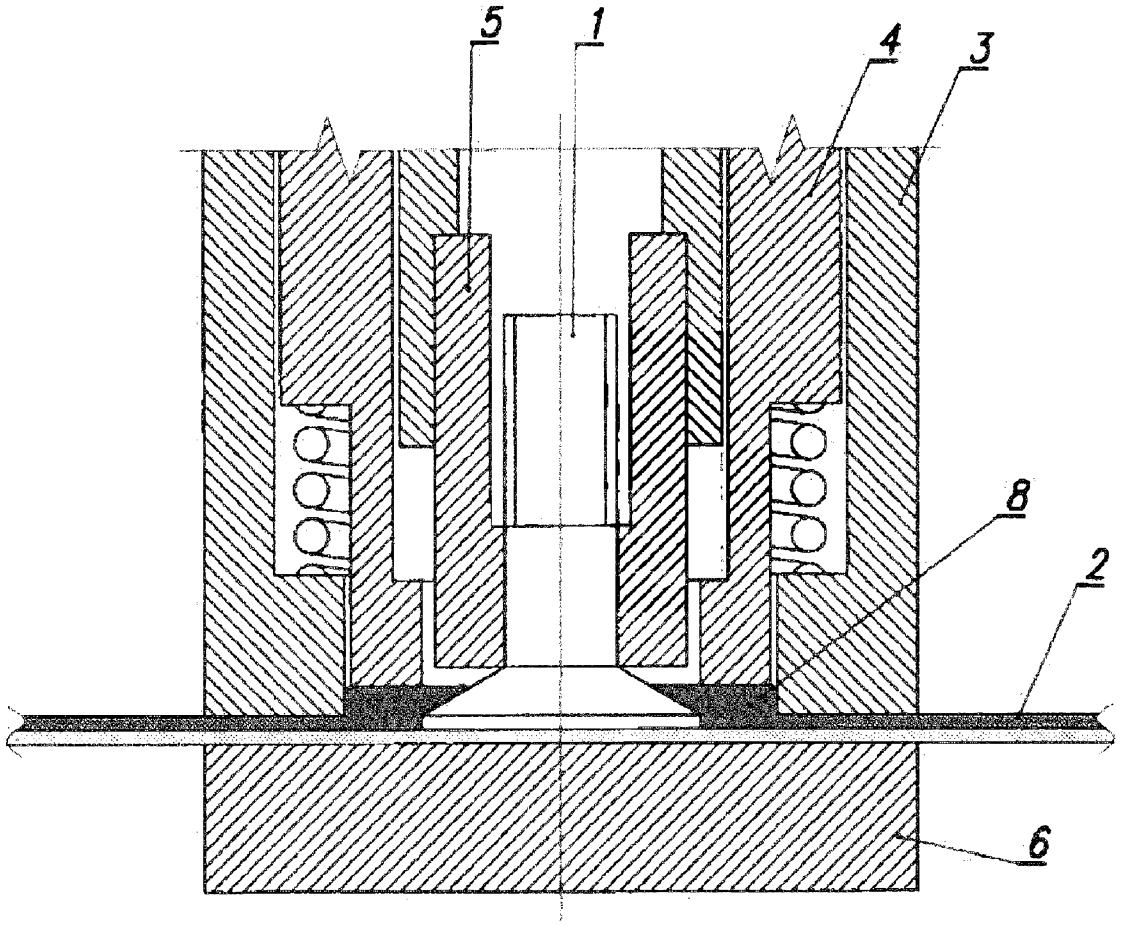


Fig. 3

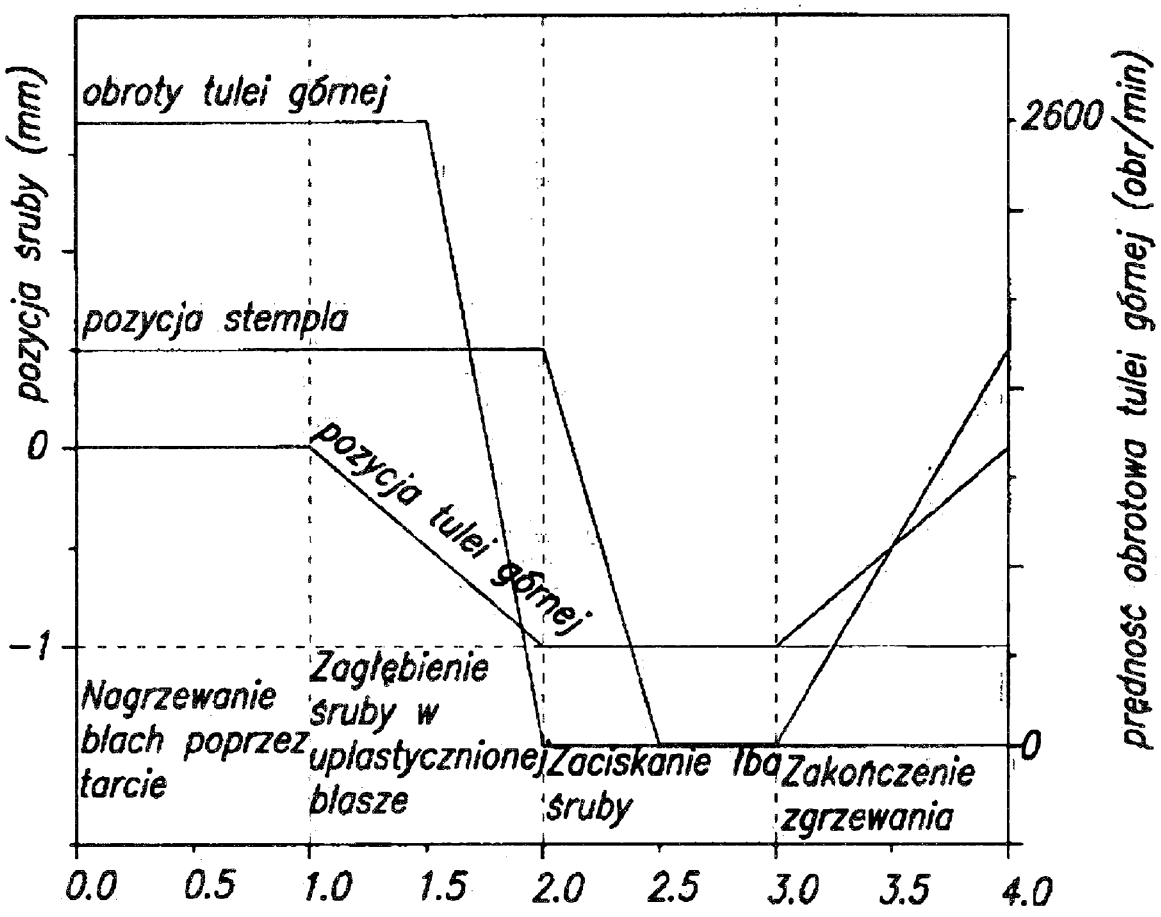

obroty tulei górnej
pozycja stempla
pozycja tulei górnej
Nagrzewanie blach poprzez tarcie
Zagłębienie śruby w uplastycznionej blasze
Zaciskanie łba śruby
Zakończenie zgrzewania
pozycja śruby (mm)
prędkość obrotowa tulei górnej (obr/min)
2600
0
-1
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Czas (s)

Fig. 4

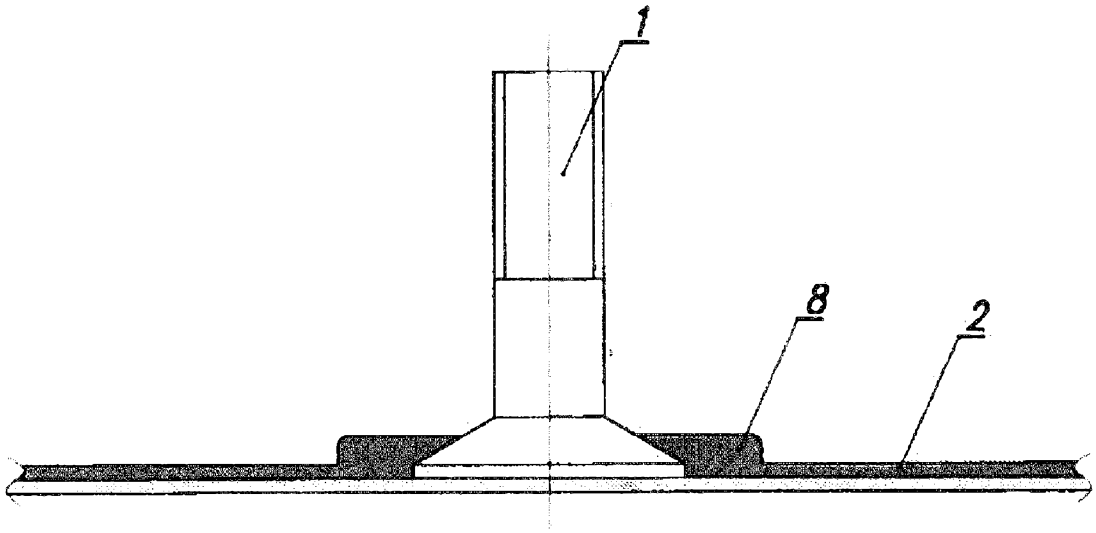


Fig. 5

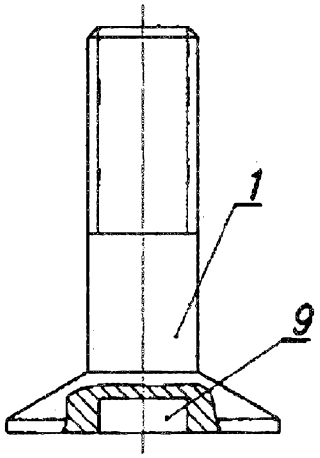


Fig. 6

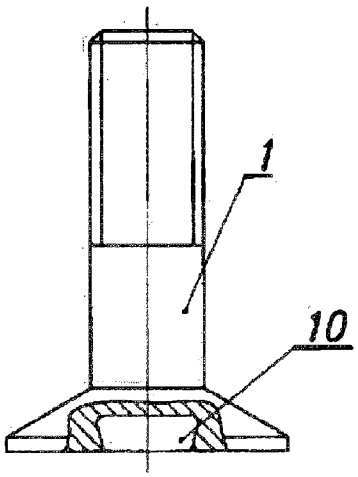


Fig. 7

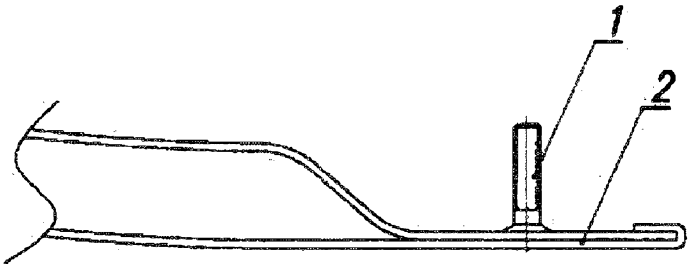


Fig. 8

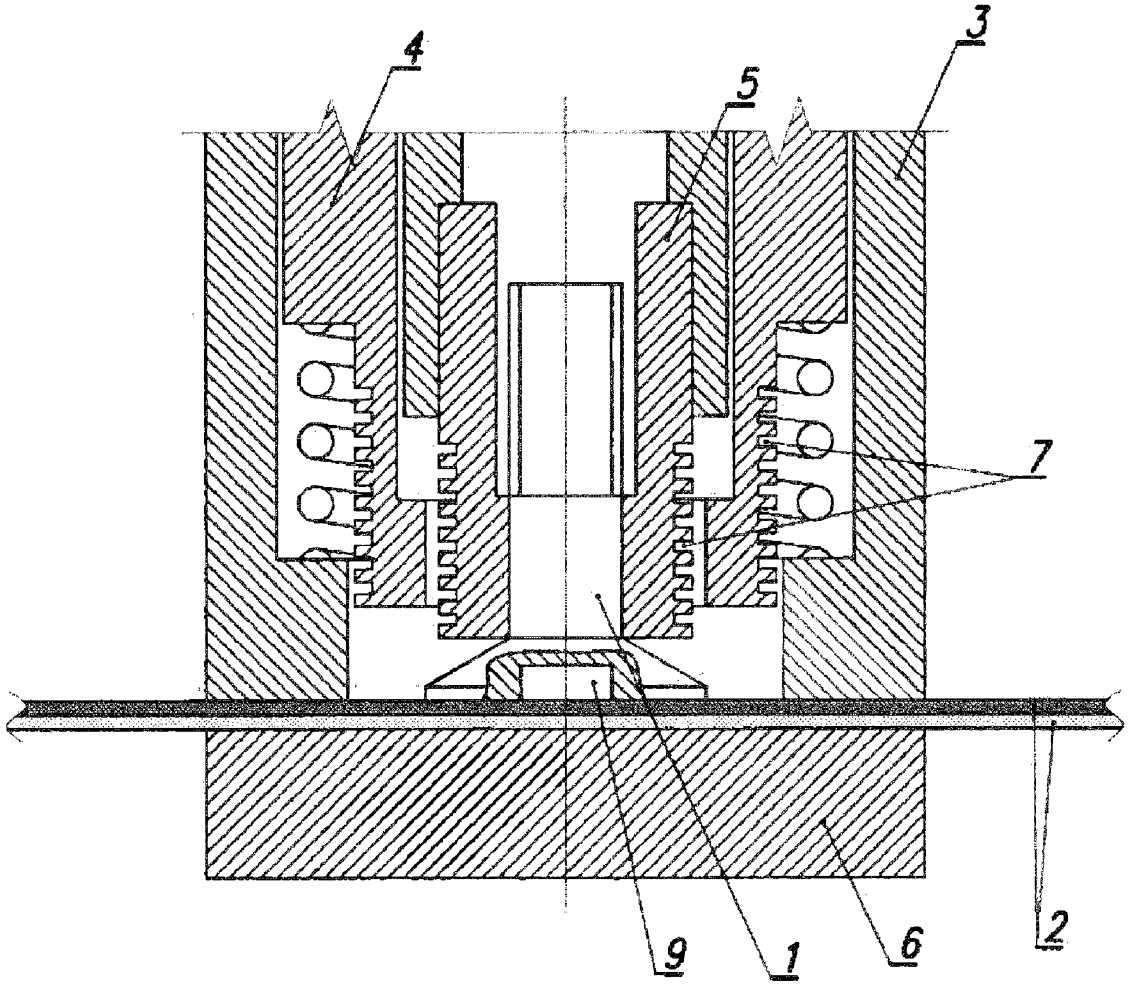


Fig. 9