

Article citation info:

Mucha J. Technologia połączeń przetłaczanych w przemyśle motoryzacyjnym. The Archives of automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji. 2017; 76(4): <http://dx.doi.org/10.14669/AM.VOL76.ART4>

Technologia połączeń przetłaczanych w przemyśle motoryzacyjnym

Jacek Mucha¹

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Streszczenie

W publikacji przedstawiono technologię łączenia blach za pomocą przetłaczania (ang. *clinch*). *Clinching* to proces scalania warstw materiału z udziałem odkształceń plastycznych. Przedstawiono przebieg procesu formowania złącza w klasycznej odmianie kształtowania. Scharakteryzowano fazy formowania przetłoczenia w trakcie łączenia blach. Opisano metody oceny jakości wykonania złączy, a także przykłady ich zastosowania.

Obecnie istnieją różne konstrukcje używanych narzędzi, do formowania tego typu złączy. Najczęściej stosowanymi narzędziami są stempel, oraz matryca okrągła i niedzielona o zarysie osiowo-symetrycznym. Inne odmiany konstrukcji matryc pozwalają na znaczne obniżenie siły kształtowania złącza. W pracy zwrócono uwagę na różną konstrukcję możliwych do zastosowania matryc, możliwość łączenia nie tylko materiałów metalicznych ale także kombinacji metalicznych z kompozytowymi. Opisano możliwości tworzenia złączy hybrydowych tj. klejowo-przetłaczanych.

Ponadto scharakteryzowano nowe kierunki badań, rozwój niekonwencjonalnych rozwiązań technologii przetłaczania. Zwrócono uwagę na zastosowanie połączeń *clinch* w procesach montażowych cienkościennych konstrukcji podczas wytwarzania pojazdów samochodowych. Omówione zostały kierunki automatyzacji procesu montażu konstrukcji blaszanych z udziałem przetłaczania. Przedstawiono przykłady elementów nadwozi samochodowych w których stosowane są złącza *clinch*.

Słowa kluczowe: połączenia przetłaczane, *clinch*, łączenie blach, rozwój łączenia

Keywords: clinched joints, *clinch*, sweet metal joining, development of joining methods

1. Wprowadzenie

Bez zastosowania technologii montażu połączeń rozłącznych i nierozłącznych projektowanie i wytwarzanie pojazdów samochodowych byłoby niemożliwe. Połączenie poszczególnych elementów nadwozia umożliwia stworzenie przestrzennej formy, która jest w stanie spełnić wymagania konstrukcyjne i eksploatacyjne, z zachowaniem aspektów ekonomicznego wytwarzania.

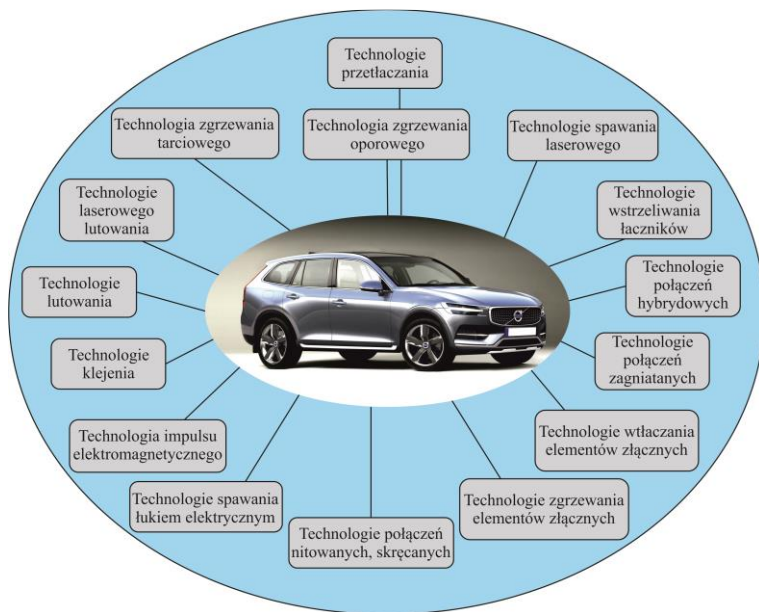
Forma nadwozia pojazdów samochodowych, z jaką spotykamy się obecnie, jest wynikiem wielu zmian, które dokonały się przez dziesiątki lat w rozwoju aut. W przemyśle motoryzacyjnym dąży się do tego by minimalizować zużycie stosowanych do ich napędzania paliw [1]. Stąd pojawiają się nowe kształty nadwozi oraz materiały do ich wykonania (rys. 1). Z roku na rok zwiększa się zapotrzebowanie na tworzywa konstrukcyjne o podwyższonych poziomach wartości cech wytrzymałościowych oraz eksploatacyjnych takich, które mogą sprostać coraz to wyższym wymaganiom [2]. Dynamiczny rozwój nowych technologii, w tym inżynierii materiałowej, stawia przemysł motoryzacyjny w zupełnie innym świetle. Największy postęp zaobserwować można w obszarze nauk o nich, powstaje szereg nowych materiałów. Nowo opracowane materiały generują z kolei potrzebę stworzenia technologii ich spajania [3÷6].

¹ Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, Poland; e-mail: j-mucha@prz.edu.pl



Rys. 1. Przykład zastosowania materiałów konstrukcyjnych na elementy nadwozia pojazdu samochodowego: 1- stopy magnezu, 2- stopy aluminium, 3- stal niskowęglowe do głębokiego tłoczenia, 4- stале o podwyższonej wytrzymałości HSS, 5- stале o wysokiej wytrzymałości, 6- stале o bardzo wysokiej wytrzymałości, 7- stале o ultra wysokiej wytrzymałości

Współczesny inżynier zostaje postawiony przed problemem montażu elementów z nowych często różnych materiałów. Czynniki te określają specyfikę montażu. Śmiało można powiedzieć że wytwarzanie pojazdów samochodowych w dzisiejszym świecie to zautomatyzowana proekologiczna produkcja masowa [7]. Współczesna filozofia produkcji to bardziej ekologiczne wytwarzanie. Rozwijane są tzw. białe technologie montażu [8, 9]. Innowacje procesowe i produktowe niosą za sobą konkretne zmiany konstrukcyjne i procesowe. Firmy branży motoryzacyjnej ze względu na zwiększający się nacisk na aspekty ekologiczne i ekonomiczne rewidują podejście do zastosowania technologii połączeń w produkcji elementów z nowych materiałów (rys. 2).

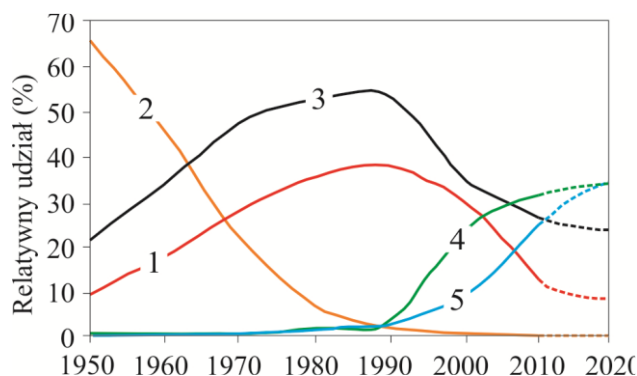


Rys. 2. Technologie spajania stosowane w przemyśle motoryzacyjnym

Według KPMG's Global Automotive Executive Survey [10], do 2018 roku, największy wpływ na wzrost branży motoryzacyjnej będą mieć działania dotyczące rozwoju i wprowadzania nowych produktów, oraz rozwijania nowych technologii (rys. 3). W roku 2010 w przemyśle motoryzacyjnym nastąpił spadek zastosowania zgrzewania na rzecz spawania laserowego i metod plastycznego łączenia w tym przetłaczania (rys. 4) [11]. Szereg firm widzi w tym ekonomiczne korzyści.



Rys. 3. Prognozowany udział działań wpływających na wzrost branży motoryzacyjnej (na podstawie: KPMG's Global Automotive Executive Survey)



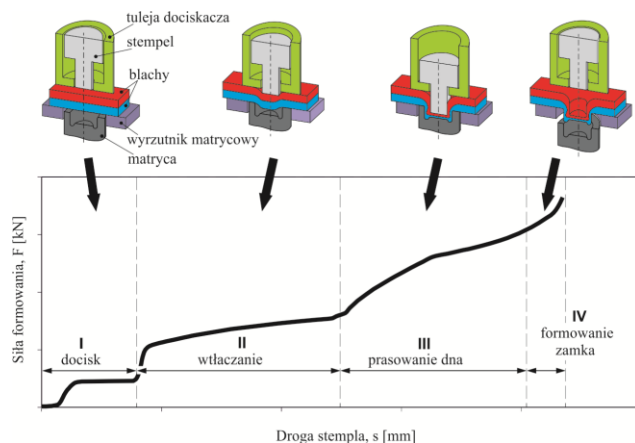
Rys. 4. Udział technik spajania w nadwoziach samochodowych: 1-MIG/MAG, 2-lutowanie gazowe, 3-zgrzewanie oporowe, 4-clinching, 5-spawanie laserowe (na podstawie: IWU Fraunhofer Institute)

W artykule przedstawiono możliwości stosowania technologii połączeń przetłaczanych, i kierunki rozwoju a także nowych badań. scharakteryzowano krótko proces formowania połączenia przetłaczanego (ang. „clinchng” - CL). Dokonano przeglądu obecnego stanu zastosowania rozwiązań połączeń przetłaczanych w przemyśle motoryzacyjnym.

2. Technologia łączenia z udziałem przetłaczania

Kształtowanie połączenia zbliżone jest do tłoczenia: to proces wytłaczania na zimno bardzo małego obszaru łączonych blach, z zastosowaniem stempla i matrycy. Przed właściwym kształtowaniem

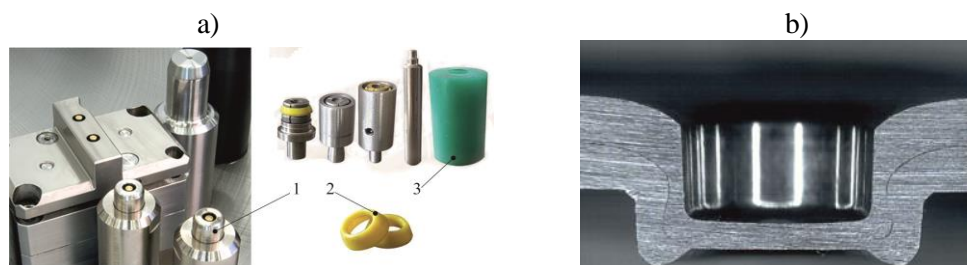
następuje docisk blach do powierzchni matrycy (rys. 5).



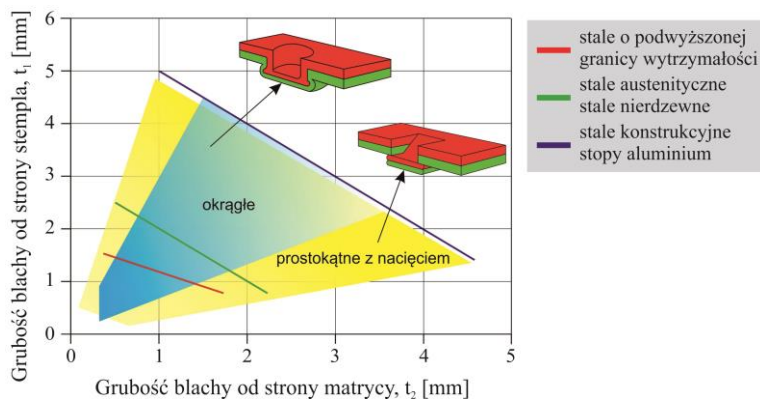
Rys. 5. Przebieg kształtowania połączenia przetłaczanego oraz krzywa formowania w kolejnych fazach

Docisk ma na celu zapewnienia właściwego płynięcia materiału podczas formowania. Siła docisku może być regulowana przez dobór charakterystyki pierścienia z elastomeru lub sprężyny (rys. 6a). Podczas łączenia w miejscu powstawania złącza wciskany jest stempel. Materiał zostaje stopniowo wtłaczany w wykrój matrycy. Wtłaczanie blach trwa do momentu gdy blacha dolna oprze się o dno matrycy. Wówczas rozpoczyna się wypełnianie bocznej przestrzeni pomiędzy narzędziami. Po wypełnieniu wolnej przestrzeni pomiędzy stemplem a matrycą zachodzi intensywne prasowanie dna przetłoczenia. W tym czasie, tworzy się zamek w postaci kształtowej blokady blach (rys. 6b). Oprócz geometrii i kształtu zamka, powstające zmiany strukturalne materiału warstw mają wpływ na wytrzymałość złącza.

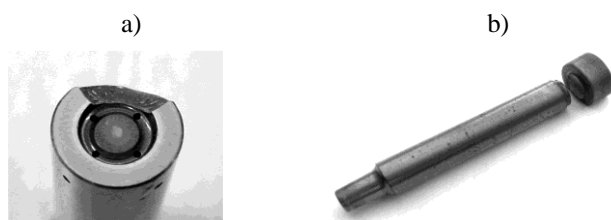
W przypadku formowania okrągłą matrycą i stemplem poprawne uzyskane połączenie uważa się, w którym nie wystąpiła utrata spójności materiału łączonych warstw blach. Wyjątkiem jest przypadek odmiany technologii połączeń prostokątnych z celowym nacięciem wzdłuż dwóch krawędzi [12]. Łączenie tym sposobem daje nieco większe możliwości zróżnicowania grubości oraz materiału blach. Złącza przetłaczane z nacięciem wykazują mniejszą wytrzymałość od okrągłych formowanych jednolitymi matrycami (rys. 7). Ponadto stosowanie bez ograniczeń wartości siły prowadzi do nadmiernych obciążeń, cykliczne obciążenia doprowadzają do uszkodzenia narzędzia (rys. 8).



Rys. 6. Przykładowe narzędzia (a) oraz przekrój złącza formowanego jednolitą okrągłą matrycą (b), 1-stemple w oprawie ze sprężyną, 2-pierścień elastomerowy matrycy z segmentami przesuwными, 3-tuleja dociskowa z elastomeru



Rys. 7. Wytrzymałość połączeń formowanych różnymi narzędziami



Rys. 8. Narzędzia do formowania połączenia przetłaczanego wycofane z eksploatacji: a) matryca, b) stempel

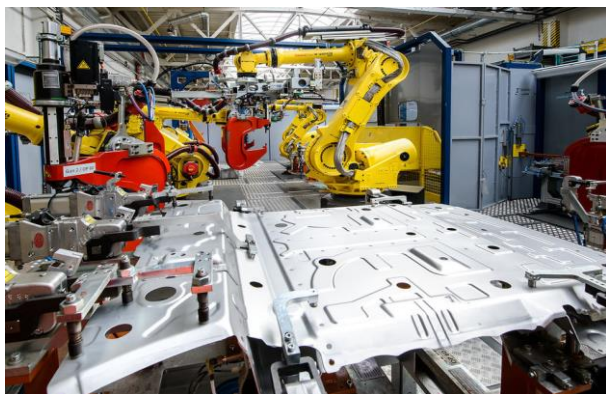
Już od dłuższego czasu zaobserwować można zainteresowanie przemysłu nowymi rozwiązaniami technologii montażu. Jest to szczególnie zauważalne w przemyśle samochodowym. W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie na lekkie i wysokowytrzymałe konstrukcje zaoferowano kompleksowo technologie mechanicznego łączenia pod naciskiem cienkich blach. Jedną z nich jest właśnie „clinchng”, zwane inaczej zaciskaniem przez przetłaczanie. Miejsca łączenia wykonane za pomocą technologii spawalniczych (z przetopem materiału) stanowią potencjalne punkty korozyjne. Zaś clinching jest też tańsze od innych klasycznych metod scalania. Ze względu na stosunkowo niskie koszty (od 35 do nawet 65% niższe w porównaniu do tych stosowanych podczas zgrzewania punktowego) [1, 13, 14]. Łączenie przez przetłaczanie w porównaniu z klasycznymi metodami łączenia (spawanie, zgrzewanie, nitowanie klasyczne) posiada szereg zalet, z których najważniejsza to brak dodatkowego łącznika [15].

Łączenie przez przetłaczanie jest skuteczne do scalania materiałów o zróżnicowanych właściwościach mechanicznych np. materiały plastyczne z twardymi. Wymaga to jednak ostrożnego podejścia w doborze układu właściwości materiału łączonych warstw. Konieczne jest indywidualne wyznaczenie parametrów procesu, z których najważniejsze to kształt i geometria narzędzi.

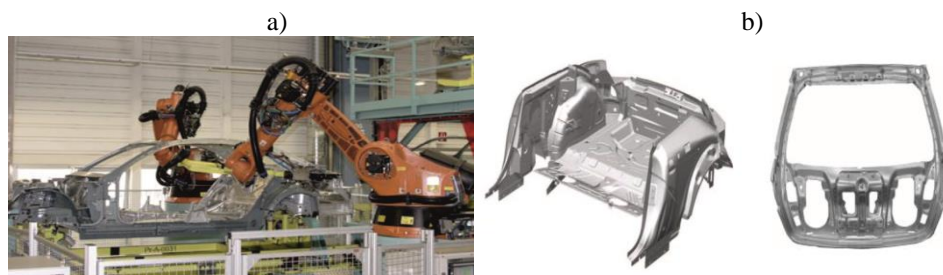
Zastosowanie połączeń przetaczanych w procesie montażu konstrukcji nadwozi pomaga zaoszczędzić czas i na wyeliminowanie dodatkowych zabiegów związanych z przygotowaniem elementów do łączenia.

Zwiększając siłę prasowania tym samym grubość dna przetłoczenia można uzyskać wyższą wytrzymałość złącza [16]. Proces montażowy z udziałem przetłaczania powinien być zaprojektowany z uwzględnieniem niskiego zapotrzebowania na pracę urządzenia, a także możliwie dużej wytrzymałości powstałego połączenia.

Technologia CL stosowana jest w automatyzowanych procesach montażowych blaszanych konstrukcji. Firmy przemysłu motoryzacyjnego coraz chętniej sięgają po to rozwiązanie, obniżając w ten sposób czas i koszty montażu. Niewątpliwie zalety czynią, że ten sposób jest wprowadzany do produkcji seryjnej nadwozi pojazdów samochodowych (rys. 9 oraz rys. 10).

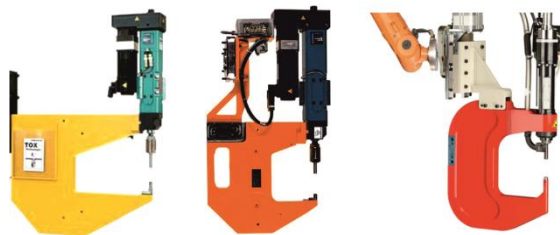


Rys. 9. Stanowiska montażowe z zastosowaną technologią łączenia przez przetłaczanie



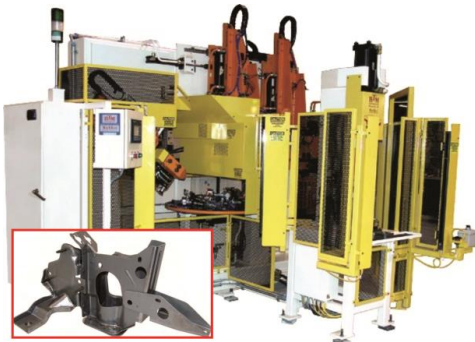
Rys. 10. Przykład montażu elementów nadwozia Audi TT Coupé: a) stanowisko, b) elementy mocowane z udziałem złączy CL

Na rynku w Europie i Stanach Zjednoczonych jest kilkanaście dużych firm, które produkują swoje dedykowane narzędzia i urządzenia do łączenia zautomatyzowanego, czy też ręcznego. Dostępne na rynku rozwiązania oferowane są w postaci zmodularyzowanej, co ułatwia budowę stanowisk do montażu określonych wyrobów. Istnieje szeroka gama układów z napędem elektrycznym, pneumatycznym i hydraulicznym. Siłowniki często wyposażone są w czujniki pomiaru siły kształtowania sprzężone z przemieszczenia, co w zasadniczy sposób ułatwia kontrolę i sterowanie przebiegiem procesu. Rozwiązania stanowisk w których stosuje się technologię łączenia przez przetłaczanie obejmują zarówno konwencjonalne maszyny jak i specjalizowane. Ich poziom technologicznego i konstrukcyjnego zaawansowania, automatyzacji podawania pozycjonowania i odbierania zależne są od liczby sztuk łączonych elementów oraz stopnia skomplikowania kształtu. W przypadku nadwozi pojazdów samochodowych są to roboty przemysłowe w połączeniu z urządzeniami do przetłaczania z C-ramą (rys. 11). Takie rozwiązanie podyktowane jest koniecznością uzyskania odpowiedniego dostępu do miejsc scalenia.



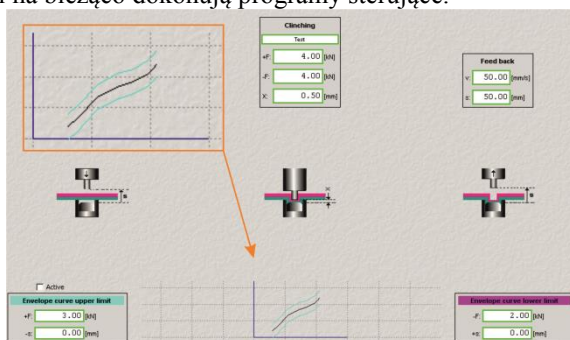
Rys. 11. Przykłady konstrukcji ram do przemysłowych robotów stosowanych w montażu nadwozi pojazdów samochodowych

Stacjonarne prasy mogą być przystosowane do formowania połączeń przez dobrojenie w dedykowane przyrządy bądź też uniwersalne adaptory i narzędzia. Bardziej złożone elementy łączone są na specjalizowanych prasach, przeznaczonych do włączenia je w linie produkcyjne [17]. Przykład zastosowania złączy przetłaczanych do montażu wspornika jednego z pedałó w pojazdu samochodowego przedstawiono na rysunku 12. Należy pamiętać, że w miarę zwiększania automatyzacji specjalizowanych stanowisk koszt ich gwałtownie wzrasta.



Rys. 12. Specjalizowana maszyna do montażu wspornika pedału w samochodzie osobowym (rozwiązanie firmy BTM Corporation)

W warunkach przemysłowych kontrola właściwego przebiegu kształtowania złącza jest monitorowana na podstawie przebiegu siły formowania (rys. 13). Na zautomatyzowanej linii montażowej kontroli na bieżąco dokonują programy sterujące.



Rys. 13. Przykładowe okno systemu monitorowania przebiegu siły formowania złącza

Rozwój technologii scalania w tym złączy clenching oznacza nowe rozwiązania kierunku zwiększania wytrzymałości. Niezmienny jest cel: osiągnięcie obniżenia kosztów dotychczasowej technologii scalania w trakcie montażu. Pojawiające się wszelakie nowe modyfikacje mają na celu zwiększenie wytrzymałości obecnie stosowanych rozwiązań połączeń przetłaczanych.

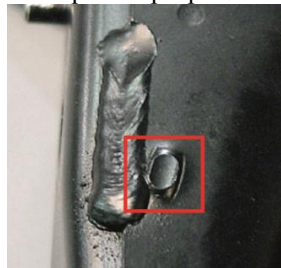
3. Przetłaczanie w aplikacjach motoryzacyjnych

Liczba koncernów stosujących technologię clenching jest z roku na rok coraz większa. Wybrane najciekawsze i stosunkowo nowe aplikacje w pojazdach to:

- Audi (A3 - AU 353),
- Volkswagen (Polo - VW 240),
- Skoda (Roomster - SK 258),
- Jeep (Grand Cherokee),
- BMW (X5),
- Mercedes Benz (C klasa),
- Porche (911),
- Opel (Vectra),
- GMC (GMT 966),
- Buick (GMT 967),

- Saturn (GMT 968),
- Chevrolet (Epsilon - GMX 353),
- Pontiac (Grand AM),
- Shanghai GM (Cadillac CTS),
- Chrysler (Concord),
- Ford (Mustang),
- Nissan (Altima),
- Toyota (Lexus).

Prostokątne przetłoczenia z racji mniejszej wytrzymałości od okrągłych stosowane są do wstępnego scalenia elementów nadwozi przed np. spawaniem laserowym (rys. 14).



Rys. 14. Prostokątne połączenie zastosowane do wstępnego ustalenia elementów przez scalanie właściwym

Producenci części dla przemysłu samochodowego coraz częściej sięgają po ten sposób łączenia. Obecnie wykonuje się już szereg konstrukcji o mniejszej odpowiedzialności np.: układu wsporników podnoszenia szyb w drzwiach (rys. 15).



Rys. 15. Część układu podnoszenia szyb w drzwiach samochodowych: a) konstrukcja wsporcza, b) przetłoczenie widoczne od strony matrycy formującej

Łączenie przez wytłaczanie stosowane jest w przemyśle motoryzacyjnym przez finalnych producentów samochodów jak też dostawców części. W przypadku innych zastosowań gdzie nie jest wymagana duża nośność łączone są blaszane elementy służące jako osłony przewodów wydechowych podwozia, oraz przedziału silnika (rys. 16). Elementy wykonane z stopów aluminium nie korodują i mają niski ciężar. W przypadku mocujących obejm zbiorniki paliwowe do podwozia stosowane są jeszcze dodatkowe elementy usztywniające. Łączenie nakładek z opaską odbywa się z użyciem m.in. przetłaczania (rys. 17).



Rys. 16. Osłona ochronna nad część układu wydechowego



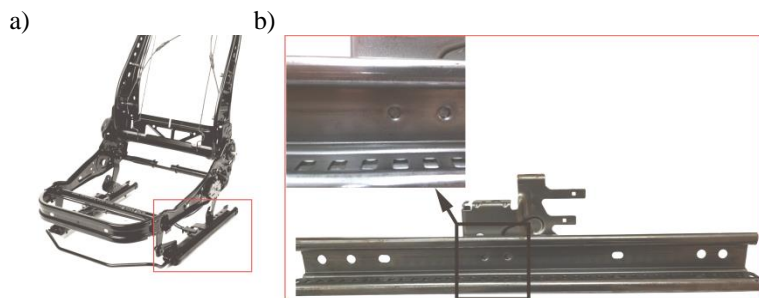
Rys. 17. Obejma służąca do zamocowania zbiornika paliwa

Wykrawanie, gięcie, tłoczenie są podstawowymi operacjami stosowanymi podczas formowania elementów nadwozi z blach. Często, dla wzmocnienia konstrukcji wykrojony element jest poddany odpowiedniemu gięciu, i/lub tłoczeniu. Ostatnią operacją jest łączenie z udziałem przetłaczania. Uzyskana w ten sposób konstrukcja (rys. 18) posiada zwiększona sztywność bez zwiększenia jej masy.



Rys. 18. Część mocowania konstrukcji wspornika z przedziału silnika

Wsporniki silników wycieraczek, oprawy lusterek, mocowania wszelkiego rodzaju zbiorników (rys. 18), jak też o większej odpowiedzialności konstrukcje np. szkielety siedzeń (rys. 19), elementy konstrukcji wsporczej pedałów hamulca (rys. 20), to tylko wybrane przykłady gdzie połączenia clinching są stosowane.



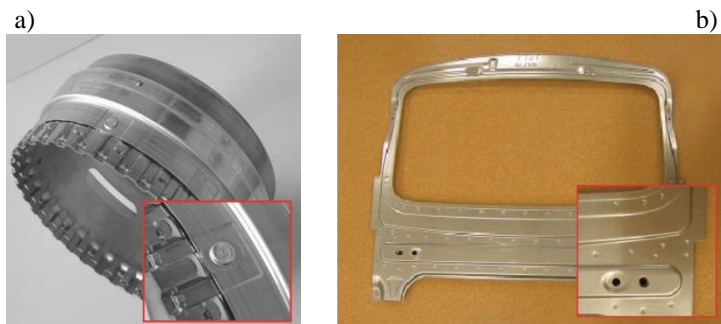
Rys. 19. Implementacja przetłaczania w konstrukcji fotela:
a) szkielet nośny, b) podzespół przesuwania fotela



Rys. 20. Konstrukcja wsporcza dla pedału hamulca

Przetłaczanie jest stosowane do łączenia olbrzymiej już grupy cienkościennych elementów, np. obudowy sprzęgła systemem opracowanym przez firmę TOX Pressotechnik (rys. 21a) [18], czy firmę BTM dla elementów szyberdachu (rys.21b) [17]. W modelu XC90 Volvo szyberdach a dokładnie jego główna wsporcza konstrukcja wykonana jest z udziałem około 60

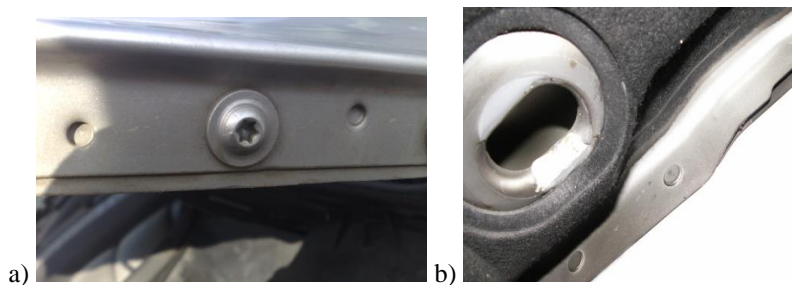
połączeń clinching. Inne aplikacje to np. scalanie elementów konstrukcji drzwi z blach stalowych i stopów aluminium (rys. 22). Niemieckie koncerny od końca lat ubiegłego stulecia stosują złącza przetłaczane, np. przez firmę Mercedes (rys. 23).



Rys. 21. Połączenia przetłaczane w: a) obudowie sprzęgła, b) elemencie szyberdachu



Rys. 22. Struktura stalowo-aluminiowa drzwi pojazdu samochodowego firmy Honda



Rys. 23. Złącza CL zastosowane w Mercedesie klasy C: a) fragment maski przedziału silnika, b) część tylnej klapy



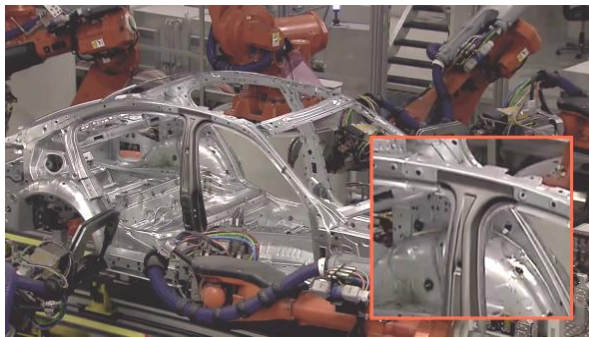
Rys. 24. Nowy Fiat 500

W nowych pojazdach samochodowych z sukcesem zwiększana jest liczba złączy. Fiat Chrysler Automobiles w kooperacji z firmą Tox Pressotechnik wprowadził złącza przetłaczane w procesach montażowych. Przykładem jest linia nadwozi oparta o platformę Fiata 500 (rys. 24). Innym przykładem może być model Audi A8 koncernu z Ingolstadt. Liczba złączy przetłaczanych w nadwoziu sięga już ponad 200.

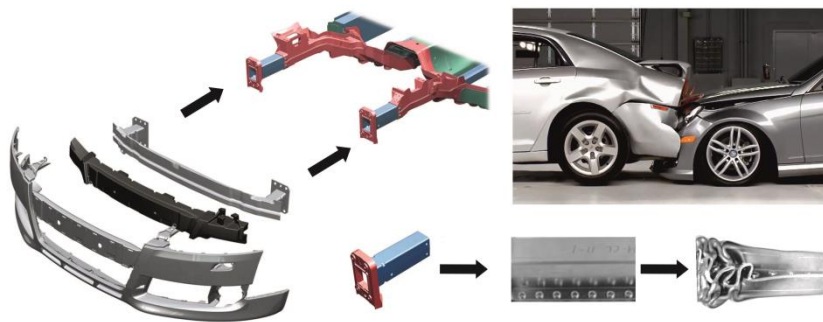
4. Potencjał połączeń przetłaczanych do rozwoju technologii montażu pojazdów samochodowych

Clinching to stosunkowo stary sposób łączenia. Pierwsze opracowanie i zgłoszenie do ochrony patentowej łączenia blach przez przetłaczanie dokonano w 1897 roku w Niemczech [19]. Przez długie lata ten sposób łączenia był zapomniany. Jednakże dopiero od lat 80 ubiegłego stulecia gwałtowne zapotrzebowanie przemysłu produkcji elementów z blach zmusiło do opracowania pełnowartościowych systemów montażowych.

W produkcji cienkościennych konstrukcji stosuje się klasyczne techniki łączenia, dla których nie jest wymagany otwór np. zgrzewanie, wtlaczanie nitonakrętek, czy łączenie za pomocą specjalnych wkrętów. Ten ostatni sposób jednak wymaga dodatkowego elementu, a zgrzewanie przyczynia się powstawania z czasem w miejscach zgrzein ognisk korozyjnych. Nitonakrętki zwiększają znacząco masę blaszanej konstrukcji. W klasycznych metodach montażu w większości z nich wymagane jest wcześniejsze wykonanie otworu, a to z kolei podraża i komplikuje montaż. Jednakże nie sprawiają kłopotów podczas produkcji z nowych wysokowytrzymałych materiałów. Wysokowytrzymałe stale stosowane są na elementy odpowiadające za bezpieczeństwo bierne (rys. 25), zwłaszcza stref kontrolowanego zgniotu [20÷23]. Jednym z kierunków wykorzystujących potencjał połączeń przetłaczanych jest ich zastosowanie w elementach pochłaniających energię zderzenia (rys. 26).

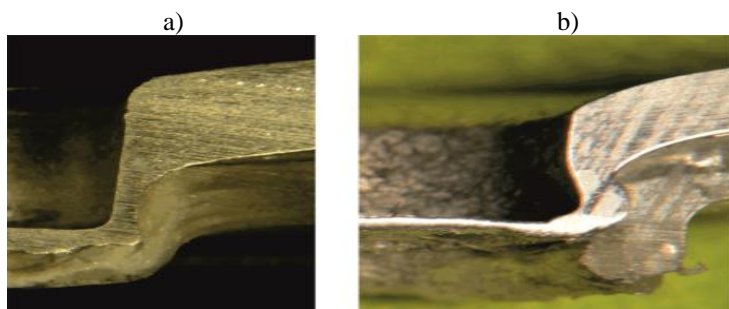


Rys. 25. Słupek boku nadwozia samochodu BMW 3 ze stali wysokowytrzymałej



Rys. 26. Modelowanie i testy zderzeniowe struktur nadwozia z połączeniami przetłaczanymi

Obecnie masowy udział tworzyw sztucznych w budowie pojazdów wynosi średnio 15÷20% [24]. Przemysł motoryzacyjny i współpracujące z nim instytuty badawcze na świecie intensyfikują prace związane z wprowadzeniem tego sposobu łączenia dla tworzyw sztucznych, kompozytowych (rys. 27) [25÷27]. Jak widać, łączenie przez przetłaczanie stanowi obszar wciąż możliwy do eksploracji w kierunku nowych zastosowań.



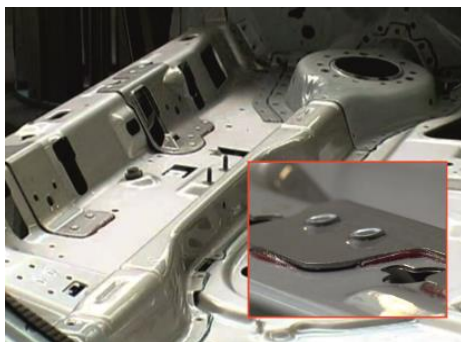
Rys. 27. Złącze clinching blachy stalowej z:
a) tworzywem sztucznym, b) kompozytem węglowym

Połączenia klejowe w technologiach montażowych pojazdów samochodowych stosowane są coraz w większym stopniu. Pierwsze konstrukcje modele Volvo V70 obejmowało około 1.5 metra połączeń klejowych, zaś w tych ostatnich modelach już 35 metrów. Z każdym modelem samochodu wzrost sumarycznej długości bieżącej połączeń klejowych zwiększa się. Jak podają różni producenci w swoich materiałach reklamowych w ich produktach duży udział mają połączenia oparte o środki adhezyjne, używane do łączenia cienkich konstrukcji z blach:

- Volvo V70 (1.5 m),
- Mercedes E-klasa (45m),
- Mercedes S-klasa (45m),
- Audi A4 (50m),
- BMW 5 (63m),
- Mercedes CLK (71m).

Coraz częściej stosowane i bardzo ciekawe są połączenia hybrydowe [28, 29]. Hybrydowe łączenie przez klejenie i przetłaczanie w ciągu ostatnich lat nabrało znaczenia (rys. 28). Złącze wytworzone w tej technologii łączy w sobie zalety połączenia przetłaczanego i klejowego. Wykorzystanie takiego połączenia pozwala na:

- zmniejszenie koncentracji naprężeń a przez to wyrównanie wyężenia całej konstrukcji,
- zwiększenie wytrzymałości oraz absorpcji energii całkowitego zniszczenia,
- uzyskanie zwiększonej sztywności konstrukcji,
- poprawę szczelności oraz odporności korozyjnej,
- polepszenie zdolności do tłumienia drgań.



Rys. 28. Hybrydowe połączenie blach nadwozia Mercedesa klasy S

Trudno mówić tu o nadrzędności któregoś z nich w złączu kombinowanym. Ich rola zależy od ustalonych wymagań eksploatacyjnych. Przetłoczenie może pełnić rolę stabilizatora, do momentu osiągnięcia przez klej swoich właściwości spójnych. Dostępne są już kleje przemysłowe, dające połączenie adhezyjne bardziej wytrzymałe niż materiał cienkiej blachy. Nie są jednak stosowane na zbyt duży ich koszt. Ponadto stanowią pewnego rodzaju uzupełnienie innego typu połączenia. Klej i masy uszczelniające stosowane podczas łączenia elementów nadwozi samochodowych zwiększają szczelność konstrukcji, uniemożliwiają penetrację pustek pomiędzy materiałami przez wilgoć.

Przedstawione aplikacje w przemyśle motoryzacyjnym to tylko część obecnych zastosowań nowoczesnych technologii montażowych [30].

5. Podsumowanie

Zwiększające się wymagania związane z ekologią i aspektami ekonomicznego wytwarzania określają kierunki rozwoju nadwozi: konstrukcji i technologii stosowanych w produkcji pojazdów. Technologia połączeń przetłaczanych mimo swoich wad jest na tyle interesująca, że jest rozwijana w kierunku możliwości zastosowania jej do łączenia elementów nowych platform nadwozi pojazdów samochodowych.

Wśród nowoczesnych konstrukcji samochodów obserwuje się rosnący udział złączy przetłaczanych szczególnie o mniejszej odpowiedzialności. Coraz częściej również stosowane są w elementach nadwozi o dużej odpowiedzialności za bezpieczeństwo bierne. Spektrum zastosowań nie jest jeszcze wyczerpane, kierunki nowych zastosowań to łączenie kompozytów ze stalami czy stopami na bazie aluminium i magnezu.

Połączenia przetłaczane interesujące z punktu widzenia prostoty ich wytwarzania, że należy spodziewać się nowych modyfikacji i ich zastosowań.

The full text of the article is available in polish online on the website

<http://archiwummotoryzacji.pl>

Tekst artykułu w polskiej wersji językowej dostępny jest na stronie

<http://archiwummotoryzacji.pl>

Literatura

- [1] Mucha J. (red. nauk.), Badania i kierunki rozwoju technologii połączeń przetłaczanych na zimno. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2015, ISBN : 978-83-7934-020-0.
- [2] Senkara J. Współczesne stale karoseryjne dla przemysłu motoryzacyjnego i wytyczne technologiczne ich zgrzewania. Przegląd Spawalnictwa, (2009), 11(3), 3-7.
- [3] Meschut G, Janzen V, Olfermann T, Innovative and highly productive joining technologies for multi-material lightweight car body structures. Journal of Materials Engineering and Performance, 23(2014)5, 1515-1523.
- [4] Groche P, Wohletz S, Brenneis M, Pabst C, Resch F. Joining by forming - A review on joint mechanisms, applications and future trends. Journal of Materials Processing Technology, 214(2014)10, 1972-1994.
- [5] Mori K-I. Joining processes by plastic deformation. Advanced Materials Research, 966-967(2014), 29-47.
- [6] Mori K, Bay N, Fratini L, Micari F, Tekkaya E, Joining by plastic deformation. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 62(2013), 673-694.
- [7] Idzior M. Kierunki zmian materiałowych w motoryzacji w świetle wymogów ekologii, Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 9(2007), 72-87.
- [8] Alvesa L M, Diasb E J, Martinsa P A F, Joining sheet panels to thin-walled tubular profiles by tube end forming. Journal of Cleaner Production, 19(2011) 6-7, 712-719.
- [9] Ingarao G, Lorenzo R, Micari F. Sustainability issues in sheet metal forming processes: an overview. Journal of Cleaner Production, 19(2011) 4, 337-347.
- [10] Raport: KPMG International Cooperative, Trendy w globalnej branży motoryzacyjnej i ich skutki dla Polski, (2013), 1-32.
- [11] <https://www.fraunhofer.de> (02.10.2016).
- [12] Mucha J. The analysis of rectangular clinching joint in the shearing test. Eksploatacja I Niezawodność – Maintenance and Reliability, 51(2011) 3, 45-50.
- [13] Mucha J, Kaščák L, Spišák E, Analiza wytrzymałości złączy przetłoczeniowych blach stalowych, stosowanych na elementy nadwozi pojazdów samochodowych, Archiwum Motoryzacji, 3 (2010), 185-194.
- [14] Kaczyński P, Rusiński E. Ocena wytrzymałości połączeń punktowych w cienkościennych strukturach energochłonnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014.
- [15] Mucha J. Rozwój technik wytwarzania złączy nitowych-nitowanie bezotworowe. Mechanik, 5-6(2007), 454-454.

- [16] Mucha J. The analysis of lock forming mechanism in the clinching joint. *Materials and Design*, 32 (2011), 4943-4954.
- [17] <http://www.btmcorp.com> (02.02.2015).
- [18] <http://www.tox-pl.com> (01.01.2015).
- [19] Deutsches Reichspatent, DRP-Nr. 97517, (1897).
- [20] Bartczak B, Gierczycka-Zbrozek D, Gronostajski Z, Polak S, Tobota A. The use of thin-walled sections for energy absorbing components: A review. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(2010)4, 5-19.
- [21] Gronostajski Z, Polak S. The application of clinching techniques to join impact energy absorbing thin-walled aluminium sections. *Archives of Metallurgy and Materials*, 54(2009)3, 695-703.
- [22] Gronostajski Z, Bandoła P, Karbowski P. The effect of crashworthiness parameters on the behaviour of car-body elements. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 6 (2006)1, 31-46.
- [23] Kaczyński P. Kryterium doboru własności wytrzymałościowych połączeń profili cienkościennych obciążonych udarowo, *Interdyscyplinarność badań naukowych 2009*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009, 117–120.
- [24] Bielefeldt K, Papacz W, Walkowiak J. Ekologiczny samochód tworzywa sztuczne w technice motoryzacyjnej cz. 1. *Archiwum Motoryzacji*, 2(2011)52, 117-131.
- [25] Lambiase F, Di Ilio A. Mechanical clinching of metal-polymer joints. *Journal of Materials Processing Technology*, 215(2015), 12-19.
- [26] Lambiase F, Di Ilio A, Paoletti A. Joining aluminium alloys with reduced ductility by mechanical clinching. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77 (2015)5-8, 1295-1304.
- [27] Lambiase F. Joinability of different thermoplastic polymers with aluminium AA6082 sheets by mechanical clinching. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, DOI 10.1007/s00170-015-7192-1.
- [28] Balawender T, Sadowski T, Golewski P, Experimental and numerical analyses of clinched and adhesively bonded hybrid joints. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 25(2011)18, 2391-2407.
- [29] He X, Zhao L, Yang H, Xing B, Wang Y, Deng C, Gu F, Ball A. Investigations of strength and energy absorption of clinched joints. *Computational Materials Science*, 94(2014)1, 58-65.
- [30] Kascak L, Mucha J, Słota J, Spisak E. Application of modern joining methods in car production. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej*, Rzeszów 2013, ISBN : 978-83-7199-903-8.