

Jan ŁUKOWSKI
Marcin STAŃCZYK
Krzysztof SZAROWICZ

ZASTOSOWANIE PROFILI ZIMNOGIĘTYCH W NOWOCZESNYCH KONSTRUKCJACH POJAZDÓW

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono główne zagadnienia dotyczące nowoczesnych technologii produkcji stalowych kształowników giętych na zimno. Artykuł obejmuje również tematykę związaną z zastosowaniem powyższych elementów w nowoczesnych konstrukcjach pojazdów, jak również przykłady rozwiązań podstawowych problemów konstrukcyjnych.

APPLICATIONS OF ROLL FORMED SHAPES IN MODERN CONSTRUCTIONS OF CARS

Summary. The paper presents a principal topic in the area of cold roll forming. The paper also introduces a question connected with its application in modern framework of cars and the examples of fundamental answers to the structural problems.

1. WSTĘP

Przemysł samochodowy wraz z technologią informatyczną charakteryzuje się najwyższą dynamiką rozwoju. Żadna inna gałąź przemysłu nie rozwija się tak pręźnie, jak również żadna inna produkcja w tak istotny sposób nie wpływa na rozwój gałęzi kooperujących.

Podstawowym tworzywem konstrukcyjnym w budowie pojazdów i wszelkiego rodzaju konstrukcji pochodnych jest stal. Pomimo dużych możliwości i ogromnych starań przy wprowadzaniu nowych materiałów: stopów aluminium oraz innych metali nieżelaznych, jak również kompozytów z tworzyw sztucznych, większość konstruktorów i projektantów nadal traktuje stal jako materiał priorytetowy.

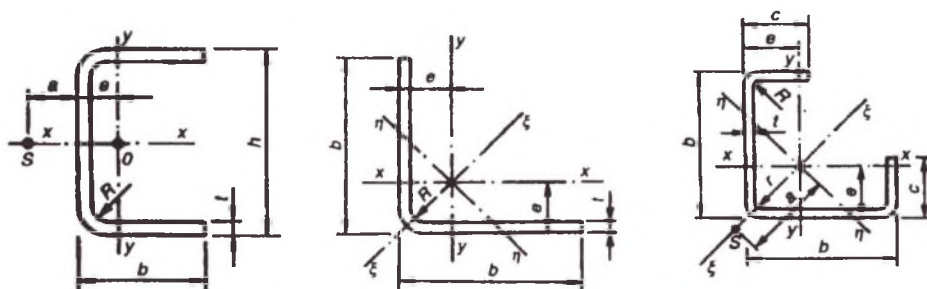
Jednym z ważniejszych kryteriów w produkcji masowej, z którą mamy do czynienia w dzisiejszych czasach, jest kryterium ekonomiczne. To właśnie ekonomia powoduje, że konstruktor wybiera taki a nie inny materiał spełniający odpowiednie wymogi bezpieczeństwa i wytrzymałości.

Do wyrobów hutniczych, które znalazły szerokie zastosowanie w elementach konstrukcyjnych pojazdów zalicza się wszelkiego rodzaju kształowniki gięte na zimno otwarte jak i zamknięte.

2. PODSTAWOWE TYPY I RODZAJE KSZTAŁTOWNIKÓW

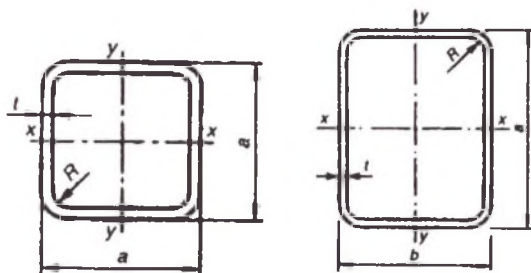
Pod względem produkcji profili giętych na zimno należy zwrócić uwagę na dwa typy kształtowników, a mianowicie kształtowniki o przekroju otwartym i zamkniętym. Przy czym wśród profili zamkniętych rozróżnia się produkty, których przekrój „zamykany” jest poprzez zaginanie końców bądź ich zgrzewanie. Obecnie prawie wyłącznie stosuje się technologię zgrzewania.

Należy również wspomnieć o czterech głównych grupach kształtowników. Podstawową grupę stanowią elementy standardowe typu: kątowniki, ceowniki, zetowniki itd., których parametry geometryczne przekrojów są ściśle określone wg norm (rys.1 i rys.2). Produkty tego typu są ogólnie stosowane w różnego rodzaju konstrukcjach. Zaletą tych produktów jest ogólna dostępność na rynku oraz łatwość unifikacji konstrukcji. Istotną zaletą jest także uproszczenie montażu i serwisu gotowych zespołów konstrukcyjnych.



Rys. 1. Standardowe kształtowniki gięte na zimno o przekroju otwartym [1]

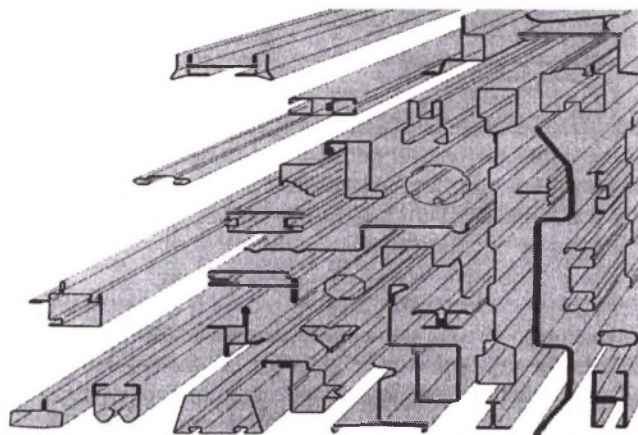
Fig. 1. Standard roll formed shapes of the open cross – section [1]



Rys. 2. Standardowe kształtowniki gięte na zimno o przekroju zamkniętym [1]

Fig. 2. Standard roll formed shapes of the close cross – section [1]

Drugą grupę stanowią kształtowniki specjalne, charakteryzujące się dowolnym, niejednokrotnie bardzo skomplikowanym ukształtowaniem przekroju poprzecznego (rys. 3). Profile specjalne wykonywane są najczęściej na indywidualne zamówienie i są stosowane do ściśle określonego typu konstrukcji. Niejednokrotnie zdarza się, iż dany kształtownik jest opatentowany lub produkcja jest zastrzeżona wyłącznie dla wybranego producenta. W wielu przypadkach zastosowanie w danej konstrukcji podstawowych kształtowników o znormalizowanych kształtach i przekrojach jest utrudnione. Składanie i łączenie ze sobą normalizowanych profili przyczynia się do wzrostu kosztów oraz masy konstrukcji. W tego typu przypadkach korzysta się z szerokiej gamy produktów specjalnych.

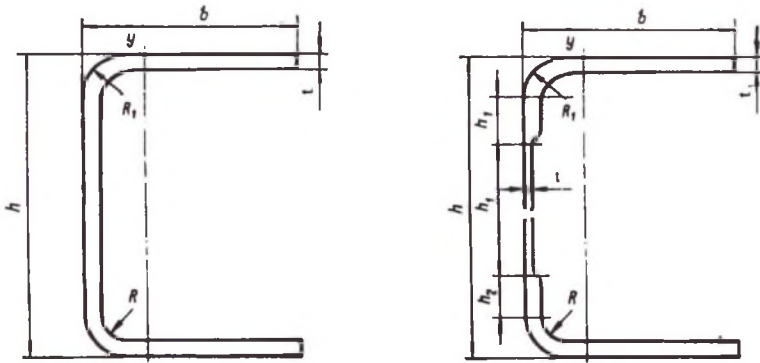


Rys. 3. Kształtowniki specjalne [2]
Fig. 3. Special roll formed shapes [2]

Kształtowniki o zmiennym przekroju poprzecznym stanowią trzecią grupę produktów. Zmiana grubości ścianek w tym wypadku jest wynikiem połączenia dwóch technologii: walcowania na gorąco i gięcia na zimno taśm stalowych. Efektem tego typu procesu jest kształtownik popularnie określany mianem „ekonomicznego”, posiadający mniejszą masę (od 7 do 10 %) przypadającą na metr długości w stosunku do produktów standardowych oraz nieco wyższe parametry jakościowe [3]. Pomimo cieńszych ścianek kształtowniki te nie tracą swoich własności wytrzymałościowych. Wręcz przeciwnie, elementy te poprzez odpowiednie ukształtowanie zmiennego przekroju taśmy charakteryzują się lepszymi własnościami wytrzymałościowymi od standardowych kształtowników z tego samego typoszeregu. Poniżej przedstawiona została przykładowa charakterystyka porównawcza dla ceownika standardowego oraz specjalnego o zmiennym przekroju poprzecznym (tabl. 1 i rys. 4).

Tablica 1 [3]

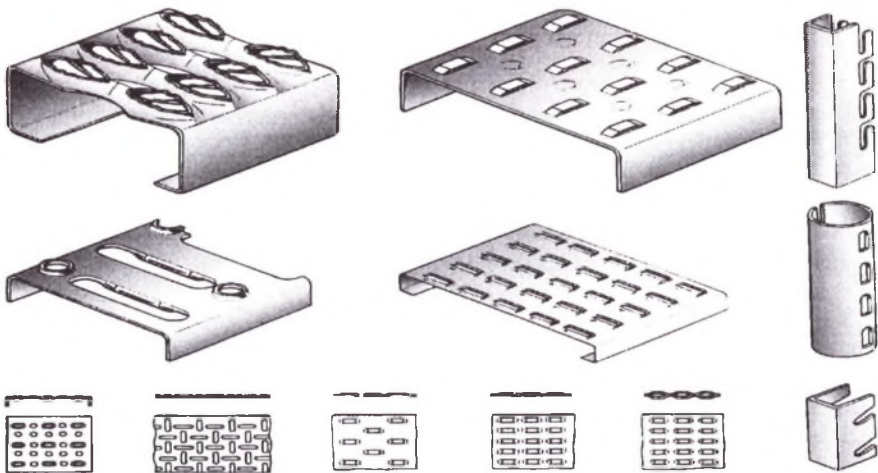
Parametr	Ceownik standardowy	Ceownik o zmiennym przekroju
Wymiary gabarytowe kształtownika [mm]	$h = 200$ $b = 80$ $t = 6$ $R = 9$ $R_1 = 15$	$h = 200$ $h_1 = 140$ $h_2 = 14,5$ $b = 80$ $t = 4$ $t_1 = 6,5$ $R = 9$ $R_1 = 15,5$
Pole przekroju [cm ²]	20,26	18,37
Masa [kg/m]	15,9	14,42
Momenty bezwładności [cm ⁴]	$I_x = 1170$ $I_y = 119$	$I_x = 1202$ $I_y = 119$
Wskaźniki wytrzymałości [cm ³]	$W_x = 117$ $W_y = 20,1$	$W_x = 120,2$ $W_y = 21,12$
Promienie bezwładności [cm]	$i_x = 7,61$ $i_y = 2,43$	$i_x = 8,04$ $i_y = 2,54$



Rys. 4. Szkic porównawczy ceownika standardowego i specjalnego o zmiennym przekroju poprzecznym [3]

Fig. 4. Comparative sketch of standard and special channel iron of variable cross – section [3]

Ostatnią grupę stanowią kształtowniki perforowane (rys.5). Perforacja może być wykonana jako szereg wytłoczeń bez usuwania materiału bądź z usuwaniem materiału. Tego typu kształtowniki obecnie znajdują coraz szersze zastosowanie ze względu na możliwości użytkowania różnego rodzaju złożeń bez konieczności zwiększania zabiegów na linii produkcyjnej lub montażowej. Wykonanie otworów lub odpowiednich wytłoczeń na długości kształtownika zwiększa uniwersalność omawianych elementów pod względem zastosowania. Najczęściej spotka się perforację w postaci okrągłych bądź też podłużnych otworów, których rozmiar, usytuowanie i tolerancja wykonania są ściśle określone według norm. Otwory w większości przypadków są wykorzystywane do połączeń śrubowych lub nitowanych w złożeńiach konstrukcyjnych. Często można spotkać także perforacje o skomplikowanym i przestrzennie uformowanym kształcie, służące jako belki pomostowe, wsporniki wielopoziomowe itp.



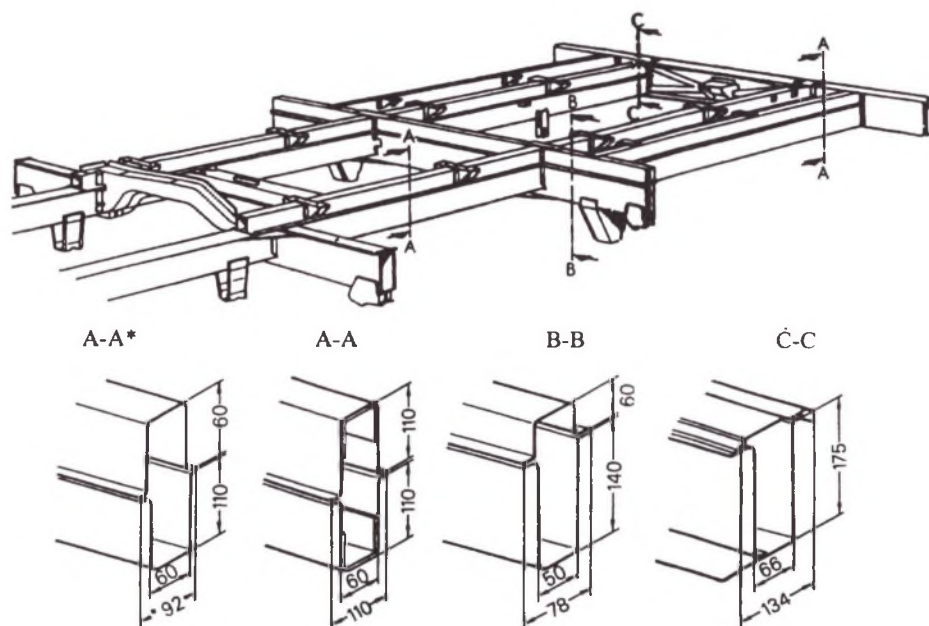
Rys. 5. Przykłady kształtowników perforowanych [3]

Fig. 5. Examples of perforated roll formed shapes [3]

3. PRAKTYCZNE WYKORZYSTANIE KSZTAŁTOWNIKÓW W KONSTRUKCJACH POJAZDÓW

W projektowaniu i konstruowaniu uporządkowanie wymagań, konieczność ich przeanalizowania i konieczność dokonania właściwego wyboru stanowią istotny element skuteczności działania twórczego. W ostatnich latach w konstrukcji pojazdów położono szczególny nacisk na oszczędność materiałów użytych do wytwarzania samochodu, oszczędność paliwa potrzebnego do napędu samochodu, niezawodność jego działania oraz trwałość i bezpieczeństwo [4].

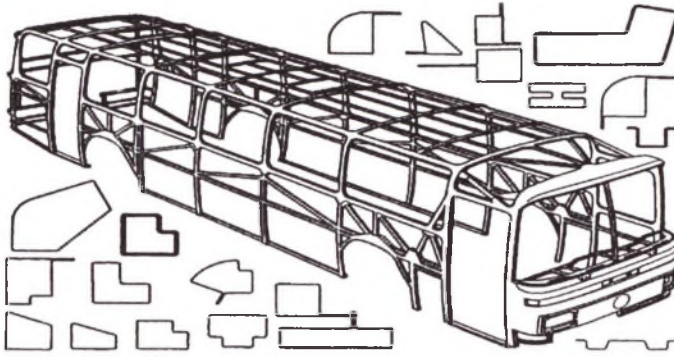
Kształtowniki gięte na zimno znalazły głównie zastosowanie w ramowych konstrukcjach nośnych będących nieodzownym elementem konstrukcyjnym samochodów: dostawczych, ciężarowych itp. Ta grupa złożeń jest najbardziej reprezentatywna pod względem wszechstronności wykorzystania omawianych elementów. Główne elementy ram, czyli podłużnice i poprzeczki wykonywane są najczęściej jako złozenia z różnych profili, tworząc w ten sposób odpowiednio sztywną i wytrzymałą konstrukcję (rys.6).



Rys. 6. Przekroje podłużnic ramy samochodu dostawczego VOLKSWAGEN LT [5]

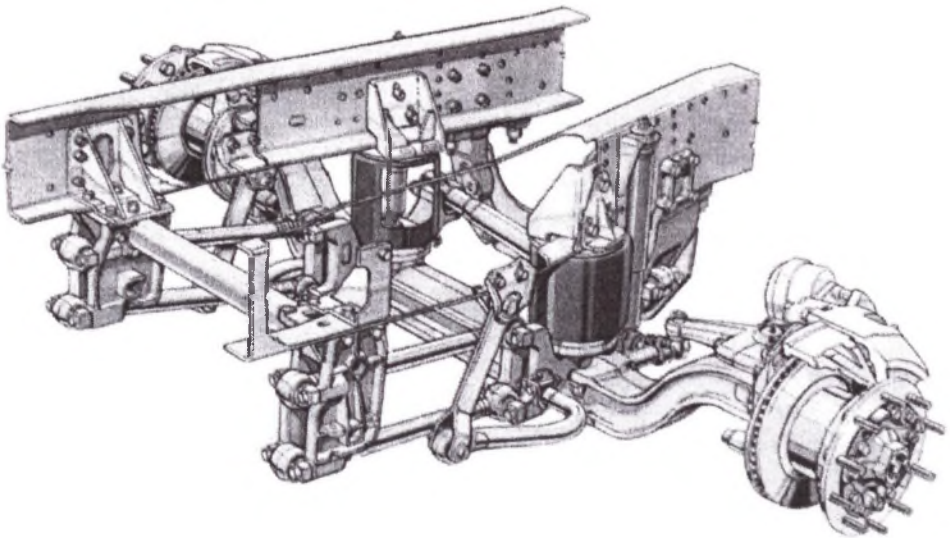
Fig. 6. Cross - section of longitudinal members of frame of delivery van VOLKSWAGEN LT [5]

W większości konstrukcji szkieletowych autobusów wykorzystuje się szeroką gamę kształtowników specjalnych wykonywanych przez wyspecjalizowane firmy kooperujące, wyłącznie do danego modelu pojazdu. Kształtowniki specjalne mają tę zaletę, że oprócz odpowiedniej wytrzymałości w zależności od przekroju i materiału mogą stanowić estetyczną część poszycia wewnętrznego lub zewnętrznego, np. wyprofilowaną ramę okna lub słupków wzmacniających. Rysunek 7 ukazuje przestrzenną strukturę górnej części autobusu wraz z przekrojami poszczególnych profili.



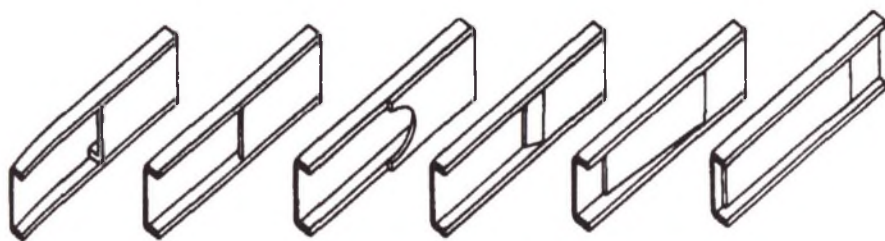
Rys. 7. Struktura autobusu wraz z przekrojami poszczególnych profili składowych [6]
 Fig. 7. Bus structure with cross – section of the each composition of roll formed shapes [6]

Rama jest głównym elementem pojazdu stanowiącym bazę konstrukcyjną do mocowania poszczególnych podzespołów i elementów pojazdu. W większości przypadków podzespoły są mocowane za pośrednictwem połączeń rozłącznych typu śrubowego. Aby ułatwić montaż i technologię produkcji, stosuje się kształtowniki perforowane, które bez dodatkowych zabiegów technologicznych pozwalają na znaczne zróżnicowanie konstrukcji pod względem potrzeb nabywcy. Na rys. 8 uwidoczniony jest sposób wykorzystania perforowanych podłużnic stosowanych w ciągnikach siodłowych.



Rys. 8. Przykład wykorzystania perforacji kształtowników podłużnic ramy [7]
 Fig. 8. Example of application of perforated roll formed shapes for the longitudinal members of frame [7]

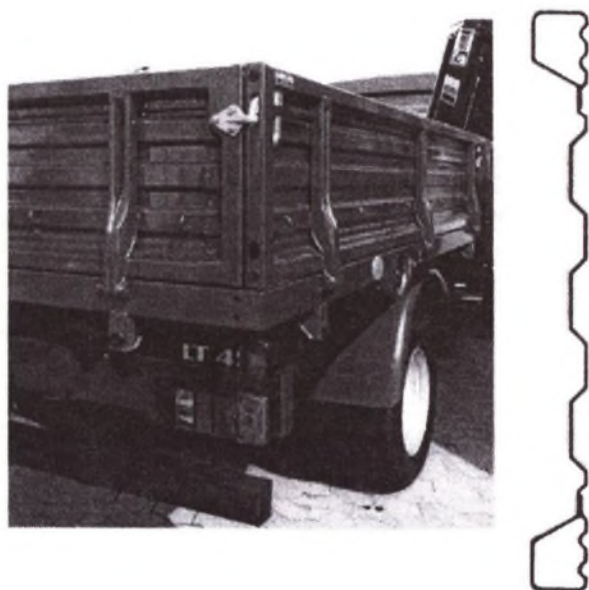
Większość konstrukcji ramowych charakteryzuje się dużą wytrzymałością na zginanie z jednoczesnym skręcaniem, co czyni je elementami wysoce niezawodnymi, zwłaszcza w ciężkich warunkach eksploatacyjnych, jakimi są m.in. place budów, kamieniołomy itp. Samochody ciężarowe pracujące w tak ekstremalnych warunkach niejednokrotnie przy zmiennych temperaturach i mniej lub bardziej agresywnym oddziaływaniu środowiska mogą ulegać przeciążeniu. Jak każda konstrukcja tak i ramy posiadają swoje słabe punkty, które mogą ulec awarii. Zadaniem konstruktorów jest odpowiednie zabezpieczenie takich punktów. Większość uszkodzeń występuje głównie w miejscach łączenia profili składowych ze sobą. W celu poprawy tej sytuacji stosuje się dodatkowe elementy łączące: nakładki, wsporniki itp. Jako wzmocnienie samych podłużnic lub poprzeczek stosuje się częściowe zamknięcie profilu lub pogrubienie przekroju narażonego na przeciążenie elementu. Zmianę wymiarów przekroju można uzyskać np. poprzez złożenie dwóch kształtowników o odpowiednich wymiarach (rys. 9).



Rys. 9. Schematy wzmocnień podłużnic ceowych [8]
Fig. 9. Schemes of the U- iron longitudinal frame [8]

Oprócz konstrukcji nośnych pojazdów, w których wykorzystuje się kształtowniki gięte, należy wspomnieć o szerokiej gamie nadwozi specjalnych zabudowywanych na pojazdach. Samochody dostawcze o nadwoziach adaptowanych z samochodów osobowych po niewielkiej zmianie struktury - to grupa pojazdów, która stosunkowo niedawno powstała na rynku. Niewielkie zmiany struktury nadwozia są wynikiem kompromisu między dążeniem do zwiększenia przestrzeni ładunkowej a kosztami uruchomienia produkcji. Najkorzystniejszymi pojazdami do takiej adaptacji są samochody o nadwoziach typu hatchback, kombi i pick-up. Pojazd tego rodzaju powstaje w wyniku usunięcia fragmentu struktury nadwozia samochodu osobowego, a następnie wprowadzenia nowych elementów nośnych o innych wymiarach i nowego poszycia zewnętrznego. Nowe elementy wykonane w postaci konstrukcji stalowej tworzą szkielet, który jest spawany i dokręcany do podstawowej części nadwozia. Nowe poszycie zewnętrzne zwykle jest jednym elementem wykonanym z laminatu wzmocnionego włóknem szklanym, które jest mocowane do głównej części nadwozia poprzez klejenie, nitowanie lub przykręcanie.

Oprócz lekkiej zabudowy stosowanej do pojazdów osobowych i dostawczych kształtowniki gięte na zimno znalazły zastosowanie głównie w konstrukcjach specjalnych nadwozi montowanych na pojazdach ciężarowych, przyczepach i naczepach. Konstrukcje tego typu nadwozi można podzielić na proste samodzielne pojemniki, skrzynie ładunkowe (rys. 10) oraz skomplikowane zestawy samowyładowcze.



Rys. 10. Przykład zastosowania giętych na zimno kształtowników specjalnych do konstrukcji burt skrzyń ładunkowych [2]

Fig. 10. Example of application of special roll formed shapes in constructions of the load – carrying body [2]

4. PODSUMOWANIE

Stalowe kształtowniki gięte na zimno w nowoczesnych rozwiązaniach stanowią nieodzowną bazę materiałową dla wszelkiego rodzaju konstrukcji wykorzystywanych w budowie pojazdów. Elementy te jako produkty w większości znormalizowane są najczęściej stosowane. Wszelkiego rodzaju awarie i uszkodzenia nie nastroczą wielu problemów związanych z wymianą lub naprawą. W obecnej sytuacji rynkowej zunifikowane produkty hutnicze poszerzają możliwości konstruktorów stojących przed wyborem optymalnych kryteriów doboru materiału i elementów konstrukcyjnych. Kształtowniki gięte są produktami, które mają dominujący wpływ na opłacalność produkcji pojazdów, czyli na obniżenie kosztów, a co się z tym wiąże na ostateczną cenę gotowego wyrobu.

Literatura

1. Bogucki W., Żybertowicz M.: Tablice do projektowania konstrukcji metalowych. Poradnik ARKADY, Warszawa 1996.
2. Kształtowniki specjalne ze Schwerte Profile – technika wykonania. Katalog handlowy firmy Hoesch Hohenlimburg AG.
3. Praca zbiorowa pod redakcją Triszewskiego I. S.: Wytwarzanie profili giętych. Moskwa 1982.
4. Praca zbiorowa pod redakcją Jaśkiewicza Z.: Poradnik inżyniera samochodowego – elementy i materiały. WKŁ, Warszawa 1990.

5. Dokumentacja techniczna firmy VOLKSWAGEN – schemat LT 28/31/35E.
6. Dokumentacja techniczna firmy KMT Profile.
7. Majak M.: Z większym sercem. „Auto Transport” nr 6/2000, s. 10 – 11.
8. Widuch A., Welzel A., Musioł J., Szczeszek B., Holota H., Loranty M.: Kształtowniki stalowe gięte – poradnik. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1983.
9. Zieliński A.: Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych i pochodnych. WKŁ, Warszawa 1998.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek Sitarz, Prof. Pol. Śl.

Abstract

The following conclusions can be drawn:

- roll formed shapes constitute base material for all kinds of car framework,
- roll formed shapes are standardized,
- roll formed shapes are alternative for constructors,
- roll formed shapes reduce production costs.