ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2003
Seria: TRANSPORT z. 48 Nr kol. 1604

Jan ŁUKOWSKI, Krzysztof SZAROWICZ, Marcin STAŃCZYK

WPŁYW PARAMETRÓW PROCESU PROFILOWANIA NA JAKOŚĆ GEOMETRYCZNĄ KSZTAŁTOWNIKÓW ZIMNOGIĘTYCH

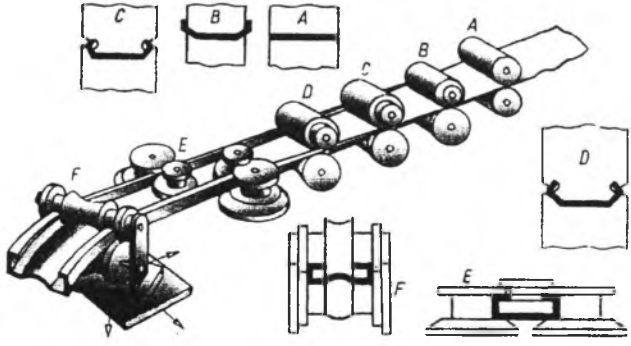
Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono wpływ parametrów procesu profilowania, takich jak kąt i promień gięcia kształtowanej taśmy na gotowy wyrób, jakim jest kształtownik zimnogięty. Pokazano również jedną z metod weryfikacji zaprojektowanego procesu profilowania.

THE EFFECTS OF FORMING PARAMETERS IN THE ROLL FORMING ON QUALITY OF COLD ROLL FORMING SHAPES

Summary. The paper presents the effects of forming parameters i.e. angle and radius of bend, of steel sheet on cold roll forming shape. The paper shows also veryfication of forming proces with help of one of many known methods.

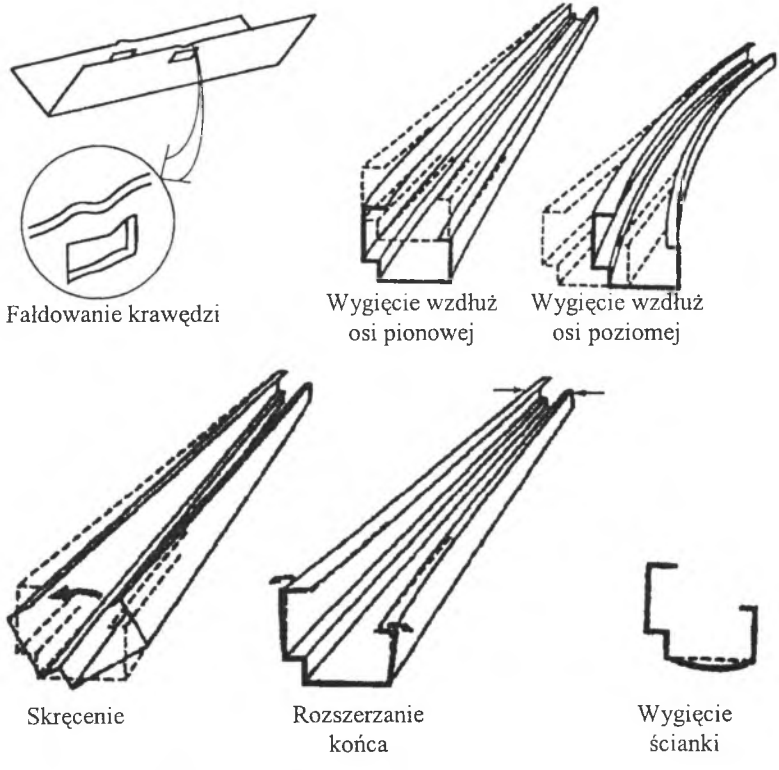
1. WSTĘP

Proces profilowania taśm na zimno z użyciem rolek polega na ciągłym kształtowaniu pasma pomiędzy kolejnymi parami rolek – sekcjami, dla uzyskania wymaganego przekroju (rys.1)[1-5]. Nieprawidłowe dobranie parametrów profilowania może prowadzić do powstawania wad kształtu, np. wygięcie, skręcenie itp. (rys. 2).



Rys. 1. Schemat profilowania na zimno [1]
Fig. 1. Scheme of cold roll forming proces [1]

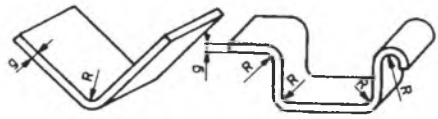
Większość produkowanych obecnie kształtowników zimnogiętych jest stosowana na konstrukcje budowlane oraz ram samochodów. Są one lżejsze w porównaniu z kształtownikami gorąco walcowanymi, bardziej wytrzymałe i łatwiejsze w montażu. W zaawansowanych technologiach profilowania już w fazie produkcji wykonuje się na długości kształtownika system otworów montażowych. System ten pozwala na bardzo łatwe kojarzenie różnych rodzajów przekrojów poprzecznych kształtowników. Spowodowało to większe zainteresowanie tym materiałem konstrukcyjnym i doprowadziło w USA do wzrostu nowo budowanych domów o konstrukcji stalowej. Jednak dotychczasowa praktyka wskazuje, że bez przeszkód w konstrukcjach ram samochodowych, budowlanych i innych, mogą być stosowane kształtowniki pozbawione wad kształtu.



Rys. 2. Wady kształtu profili kształtowników [3,7]
Fig. 2. Defects of cold roll forming shapes [3,7]

2. PROMIEŃ GIĘCIA

Projektując proces profilowania należy pamiętać, że w zależności od grubości taśmy należy zastosować odpowiedni promień gięcia. Grubość materiału wsadowego niejako determinuje minimalny, dopuszczalny promień gięcia, po przekroczeniu którego może nastąpić lokalna utrata stateczności profilowanej taśmy. Zjawisko to może doprowadzić do inicjacji naprężeń, które spowodują powstawanie wad kształtu gotowego wyrobu oraz w skrajnej sytuacji do pęknięcia taśmy.



Rys. 3. Minimalny promień gięcia
Fig. 3. Minimal radius of bend

Minimalny promień gięcia można wyznaczyć ze wzoru (1):

$$R = Ug \tag{1}$$

gdzie: g – grubość giętego materiału;

U – współczynnik materiałowy (tabl.1).

Tablica 1

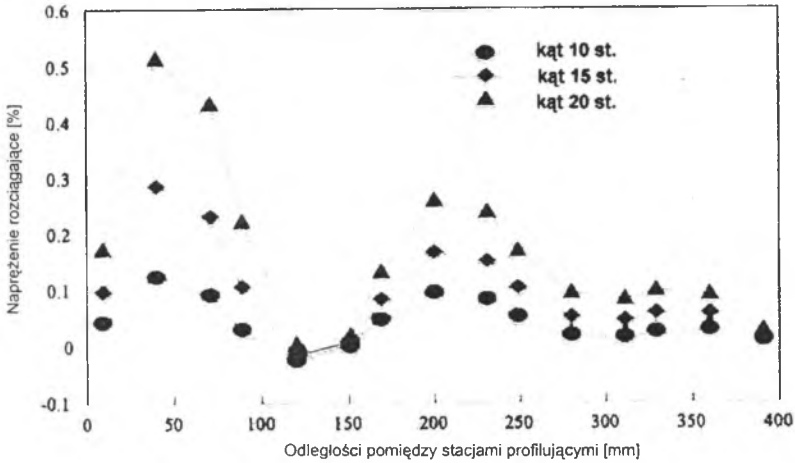
Wartości współczynnika U dla wybranych materiałów

Materiał	Kierunek gięcia					
	prostopadle do kierunku walcowania			równolegle do kierunku walcowania		
	kąt gięcia			kąt gięcia		
	45°	90°	180°	45°	90°	180°
Stal 08X, 10	0,3	0,5	0,8	0,8	1,0	1,5
Stal 15, 20	0,5	0,8	1,3	1,3	1,6	2,5
Stal 25, 30	0,8	1,2	2,0	2,0	2,5	4,0
Stal 40, 50	1,2	1,8	3,0	3,0	3,6	6,0
Stal 30HGSA	1,5	2,5	4,0	4,0	5,0	8,0
Stal nierdzewna	2,5	4,0	6,5	6,5	8,0	10,0
Mosiądz miękki	0,3	0,45	0,8	0,8	1,0	1,5
Mosiądz półtwardy	0,5	0,75	1,2	1,2	1,5	2,5
Miedź	0,25	0,4	0,7	0,7	0,8	1,5
Aluminium	0,35	0,5	1,0	1,0	1,2	2,0
Duraluminium	1,5	2,5	4,0	4,0	5,0	8,0

Jak można zauważyć w tablicy 1, dla materiałów kruchych i twardych minimalny promień gięcia jest wielokrotnie większy od ich grubości (np. stal 30HGSA), natomiast dla materiałów plastycznych promień może być nawet mniejszy od grubości wsadu (np. stal 10).

3. KĄT GIĘCIA

Podobnie jak promień, tak i prawidłowy kąt gięcia odgrywa ważną rolę w procesie profilowania na zimno. Wpływ wielkości zadanego kąta kształtowania do inicjującego się w materiale naprężenia rozciągającego przedstawia rys. 4. Można zauważyć, że wzrost kąta gięcia z 10° do 20° w pierwszej sekcji profilującej niesie za sobą prawie pięciokrotny wzrost naprężenia rozciągającego na krawędzi materiału. W skrajnych przypadkach, gdy naprężenie rozciągające przekroczy granicę sprężystości, powstają na krawędzi materiału pofałdowania, które kwalifikują kształtownik jako złom. Jednym z rozwiązań takiego przypadku jest dołożenie stacji profilującej i zmniejszenie przyrostu kąta gięcia na poszczególnych sekcjach profilujących.

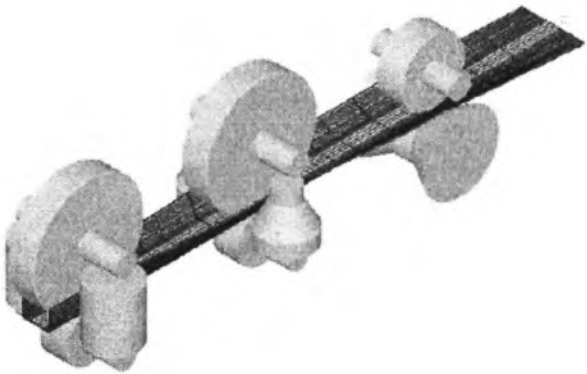


Rys. 4. Wpływ kąta gięcia na przyrost naprężenia rozciągającego
Fig. 4. Influence of the bend angle increment on the edge longitudinal strain distribution

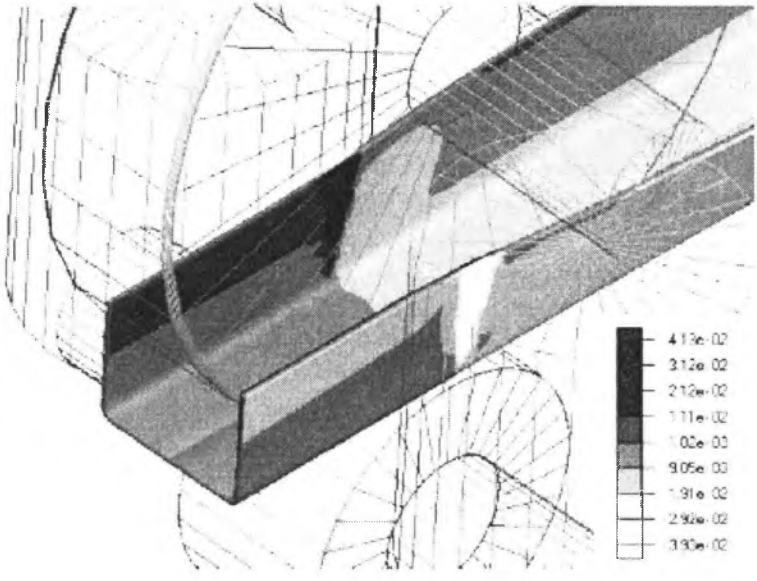
4. WERYFIKACJA ZAPROJEKTOWANEGO PROCESU

Opisane w artykule dwa spośród wielu parametrów procesu profilowania na zimno za pomocą rolek powodują powstanie naprężeń, które w przypadku źle dobranych tychże parametrów w znaczący sposób wpływają na jakość geometryczną kształtowników zimnogiętych. Prawidłowy kształt przekroju poprzecznego kształtownika po procesie profilowania jest decydującym czynnikiem stanowiącym o jego przydatności do zastosowania w budowie wszelkich konstrukcji.

Jedną z metod weryfikacji zaprojektowanego procesu jest modelowanie w programie COPRA, który wyznacza rozkład naprężeń w materiale [6,7].



Rys.5. Model procesu w programie COPRA [2]
Fig.5. Model of the proces of cold roll forming – programme COPRA [2]



Rys.6. Rozkład naprężenia zastępczego [2]
Fig.6. Distribution of surrogate strain [2]

Przykład zamodelowanego procesu w programie COPRA pokazany jest na rys. 5, natomiast rozkład naprężeń zastępczych, na który wpływ mają między innymi promień i kąt gięcia, na rys. 6. Na podstawie danych otrzymanych z programu możemy w każdej chwili poprawić dowolne parametry procesu. W dowolny sposób można zadawać odległość między poszczególnymi klatkami, zmieniać wielkość rolek, zmieniać grubość materiału, natomiast kąty i promienie gięcia program sam dobiera po wybraniu odpowiedniego urządzenia profilującego.

5. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule parametry procesu profilowania na zimno w znaczący sposób wpływają na jakość geometryczną kształtowników zimnogiętych. Zarówno źle dobrany promień, jak i kąt gięcia powodują powstawanie w materiale naprężeń, które odpowiedzialne są za wady kształtu profili zimnogiętych. Aby naprężenia te nie wpływały niekorzystnie na wyrób, należy poprawnie zaprojektować proces profilowania, a co za tym idzie – poprawnie dobrać kąty gięcia na odpowiednich stacjach oraz obliczyć minimalny promień gięcia dla danego materiału wsadowego. Unikamy tych czynności, gdy posiłkujemy się odpowiednimi programami wspomagającymi proces projektowania. Program za nas dobiera odpowiednie promienie i kąty gięcia i wizualizuje na ekranie monitora wielkość naprężeń w materiale w wybranej klatce profilującej. Korzystanie z tego typu oprogramowania w znacznej mierze przyspiesza proces projektowania oraz gwarantuje otrzymanie odpowiedniej klasy wyrobu, co w obecnej sytuacji rynkowej jest rzeczą najważniejszą.

Literatura

1. Widuch A., Welzel A., Musiol J., Szczeszek H., Holota H., Loranty M.: Kształtowniki stalowe gięte, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1984.
2. Sugmoo H., Seungyoon L., Nakso K.: „A parametric study on forming length in roll forming", Journal of Materials Processing Technology 113, 2001, s. 774 – 778.
3. Hisaki W., Hiroshi O.: „Characteristic features of shape defects occurring in the cold roll forming of pre-notched products", Journal of Materials Processing Technology 80-81, 1998, s. 225 – 231.
4. Zhi-Wu H., Cai L., Wei-Ping L., Lu-Quan R.: „The effects of forming parameters in the roll formingof a chanhel section with an outer edge", Journal of Materials Processing Technology 116, 2001, s. 205 – 210.
5. Dawydow W.I., Masakow M.P.: Gięte kształtowniki cienkościenne wytwarzanie, WNT, Warszawa 1961.
6. Strona internetowa www.roll-design.com
7. Duggal N., Ahmetoglu M.A., Kinzel G.L., Altan T.: „Computer aided simulation of cold roll forming – a computer program for simple section profiles", Journal of Materials Processing Technology 59, 1996, s. 41 – 48.

Recenzent: Dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik

Abstract

Shows in article parameters of cold roll forming process influence on geometrical quality of section. Both bad well-chosen ray as angle of bending cause formation tensions in material, resposible for defects of shape. If we want to design process corectly we should choose one of many programs for designing of cold roll forming process. Program for us mathes suitable rays and angels of bending and size of tensions in material vizualizes on screen of monitor. Usig this type of software in considerable measure accelerates process of designing as well as receipt guarantees suitable classes of article, what in present situation is most important thing.