

Fałdowanie kołnierza oraz sposoby jego zapobiegania

Fałdowanie kołnierza wytłoczki w czasie ciągnięcia jest pewną formą plastycznego wyboczenia blachy, zachodzącego pod wpływem ściskających naprężeń obwodowych, wówczas gdy grubość blachy g jest mała w porównaniu ze średnicą D odkształcanego krążka.

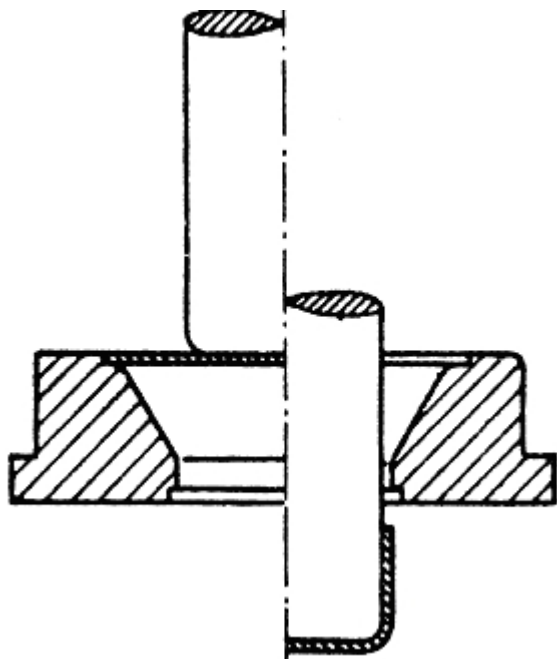
Przy tłoczeniu blach o grubości $g > 0,02$ fałdowanie nie występuje i wtedy można stosować wytłaczanie swobodne za pomocą pierścieni ciągowych o zarysie pokazanym na rys. 6.4.

W przypadku gdy $g < 0,015$, konieczne jest stosowanie specjalnych środków w celu niedopuszczenia do powstawania fałd.

Najprostszym sposobem zapobiegania fałdowaniu się płaskiego kołnierza jest zastosowanie dodatkowego pierścienia dociskającego blachę do powierzchni pierścienia ciągowego z pewną siłą F_{doc} , a więc prowadzenie wytłaczania z dociskaczem (rys. 6.1).

Dla $0,015 < g < 0,02$ o wyborze sposobu tłoczenia decyduje przede wszystkim wartość współczynnika wytłaczania m_1 i w pewnym stopniu rodzaj materiału. Fałdowanie następuje tym łatwiej im mniejszy jest współczynnik oraz im bardziej miękki materiał.

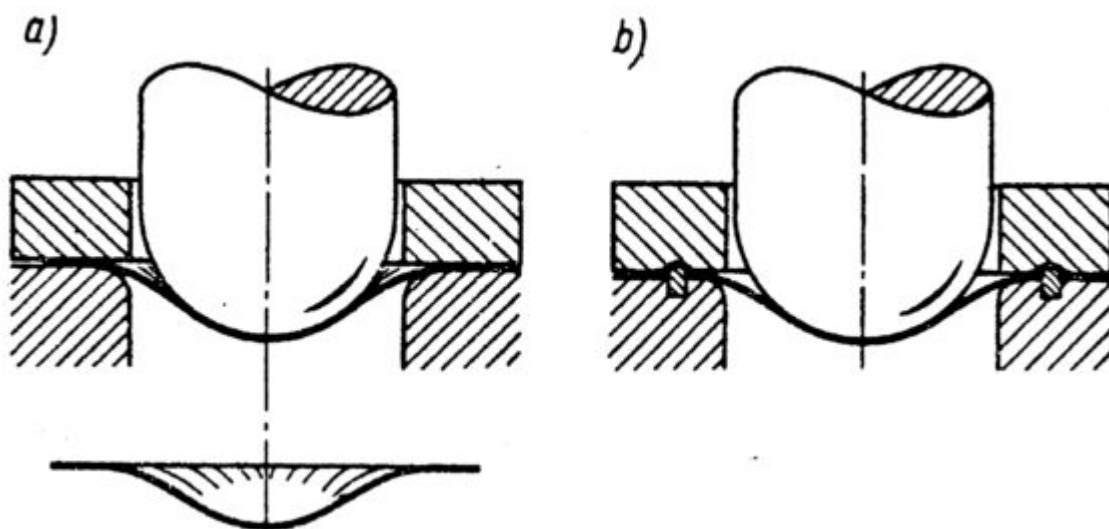
Siła wywierana przez dociskacz nie może być zbyt mała, ponieważ nie spełnia on swego zadania, z drugiej zaś strony nie może być zbyt duża, gdyż prowadzi to do nadmiernego wzrostu siły tłoczenia i pęknięcia wytłoczki.



Rys.6.4. Wytłaczanie swobodne. [3]

Dociskacz zapobiega tworzenia się fałd jedynie na płaskim kołnierzu wytłoczki. Fałdy mogą jednak powstawać, szczególnie przy tłoczeniu wytłoczek stożkowych, sferycznych itp., również na obszarze między stemplem a pierścieniem ciągowym (rys. 6.5a), a więc poza zasięgiem dociskacza.

W tym przypadku jedynym sposobem ich uniknięcia jest zwiększenie promieniowego naciągu blachy, co pociąga za sobą zmniejszenie obwodowych naprężeń ściskających będących bezpośrednią przyczyną fałd. Aby zwiększyć promieniowe rozciąganie blachy w zagrożonym obszarze, stosować można tak zwane progi ciągowe (rys. 6.5), na których przewija się blacha wysuwając się spod dociskacza.



Rys. 6.5. Wytłaczanie: a) z dociskaczem, b) z dociskaczem i progiem ciągowym. [20]

Luz jako czynnik wpływający na występowanie wad.

Najczęściej spotykane wady wytłoczek to głównie zmiany grubości ścianek oraz niedokładności kształtu takie jak :

- odchylenie ścianki bocznej od kształtu cylindrycznego
- nierówność obrzeża
- wypukłość dna

Wpływ na występowanie wymienionych wad ma głównie wielkość luzu między stemplem a matrycą oraz sprężynowanie ścianki wytłoczki. Jeżeli wytłaczanie jest ostateczną operacją kształtowania a wymagania odnośnie dokładności kształtu są wysokie, to zaleca się prowadzenie procesu, przy wielkości szczeliny. Proces wytłaczania przebiega wówczas przy zmienionym stanie naprężeń gdyż od pewnego momentu w procesie następuje obciskanie ścianki na stemple a następnie jej pocienienie.

Zjawisko to wpływa dodatnio na dokładność kształtu wytłoczki jednak powoduje wzrost siły tłoczenia i przyspiesza zużycie się matrycy. W większość wypadków wielkość szczeliny dobieramy uwzględniając zwiększenie grubości ścianki:

- dla wytłoczek bez kołnierza $s=+T/d$
- dla wytłoczek z kołnierzem $s=+T/D_k$

T- dodatnia tolerancja grubości blachy.

Fałdowanie kołnierza należy rozpatrywać nie tylko jako zjawisko geometryczne, ale przede wszystkim jako problem stateczności cienkościennych elementów poddanych ścisłaniu obwodowemu. W warunkach tłoczenia występuje tu analogia do klasycznego wyboczenia powłok, gdzie krytyczna wartość naprężeń zależy od stosunku grubości blachy do jej wymiarów charakterystycznych. Im cieńsza blacha oraz im większa średnica krążka, tym mniejsza odporność na utratę stateczności i tym większe prawdopodobieństwo powstania fałd.

Mechanizm powstawania fałd polega na lokalnym zaburzeniu równowagi naprężeń w kołnierzu. Początkowo odkształcenie przebiega w sposób osiowo-symetryczny, jednak przy przekroczeniu pewnej wartości naprężeń ściskających materiał zaczyna przemieszczać się w kierunku prostopadłym do powierzchni blachy, tworząc charakterystyczne pofałdowania. Proces ten ma charakter niestabilny i po jego zainicjowaniu rozwija się bardzo szybko, prowadząc do trwałych wad wyrobu.

Zastosowanie dociskacza wprowadza dodatkowy stan naprężeń normalnych, który przeciwdziała powstawaniu fałd poprzez zwiększenie sił tarcia oraz ograniczenie swobody przemieszczeń materiału w kierunku osiowym. W praktyce oznacza to, że materiał jest „przytrzymywany” i zmuszany do bardziej kontrolowanego przepływu do wnętrza matrycy. Jednak skuteczność dociskacza zależy w dużym stopniu od prawidłowego doboru siły F_{doc} , która musi być dostosowana zarówno do właściwości materiału, jak i geometrii wytłoczki.

Zbyt mała siła docisku nie zapewnia stabilizacji kołnierza, przez co fałdowanie może wystąpić mimo zastosowania dociskacza. Z kolei nadmierny docisk powoduje wzrost sił tarcia, co prowadzi do zwiększenia siły tłoczenia oraz ryzyka

pęknięcia materiału, szczególnie w obszarze ścianek bocznych. W skrajnych przypadkach może to również powodować zatarcia materiału na powierzchniach narzędzi, co negatywnie wpływa na jakość powierzchni wyrobu.

W przypadku bardziej złożonych kształtów, takich jak wytłoczki stożkowe czy sferyczne, rozkład naprężeń jest jeszcze bardziej niejednorodny. Obszar pomiędzy stemplem a pierścieniem ciągowym podlega dodatkowym deformacjom, które mogą prowadzić do powstawania fałd niezależnie od działania dociskacza. Wynika to z lokalnego zmniejszenia naprężeń rozciągających w kierunku promieniowym oraz dominacji naprężeń ściskających w kierunku obwodowym.

Zastosowanie progów ciągowych stanowi skuteczne rozwiązanie tego problemu, ponieważ wymuszają one dodatkowe rozciąganie materiału w kierunku promieniowym. Blacha, przechodząc przez próg, ulega lokalnemu odkształceniu, które zwiększa jej napięcie i stabilizuje stan naprężeń. W efekcie zmniejsza się skłonność do powstawania fałd, a proces tłoczenia przebiega w sposób bardziej kontrolowany. Jednocześnie jednak progi ciągowo zwiększają opory procesu, co należy uwzględnić przy doborze parametrów technologicznych.

Przechodząc do zagadnienia luzu między stemplem a matrycą, należy podkreślić jego kluczową rolę w kształtowaniu jakości wyrobu. Luz ten decyduje o warunkach przepływu materiału oraz o końcowej grubości ścianek wytłoczki. Zbyt duży luz prowadzi do braku kontroli nad kształtem, co objawia się odchyleniami od geometrii nominalnej, natomiast zbyt mały luz powoduje intensywne tarcie i może prowadzić do uszkodzeń materiału.

Zjawisko sprężynowania, czyli częściowego powrotu materiału do pierwotnego kształtu po usunięciu obciążenia, dodatkowo komplikuje sytuację. Powoduje ono odchylenia wymiarowe oraz deformacje, takie jak wypukłość dna czy odchylenia ścianek bocznych. Wpływ sprężynowania jest szczególnie widoczny w materiałach o wysokiej granicy sprężystości, gdzie udział

odkształceń sprężystych jest znaczny.

W przypadku stosowania zmniejszonego luzu dochodzi do zjawiska obciskania ścianki na stemplu, co prowadzi do jej kontrolowanego pocienienia. Proces ten poprawia dokładność wymiarową oraz jakość powierzchni, jednak odbywa się kosztem zwiększenia sił działających w układzie narzędziowym. W rezultacie rośnie zużycie narzędzi oraz zapotrzebowanie na energię procesu.

Dobór odpowiedniej wartości szczeliny musi więc uwzględniać kompromis pomiędzy jakością wyrobu a trwałością narzędzi i efektywnością procesu. W praktyce wykorzystuje się zależności uwzględniające tolerancję grubości blachy, co pozwala na zapewnienie odpowiednich warunków odkształcenia dla różnych partii materiału. Różnice pomiędzy wytłoczkami z kołnierzem i bez kołnierza wynikają z odmiennych warunków przepływu materiału oraz rozkładu naprężeń.

Podsumowując, zarówno fałdowanie kołnierza, jak i wady wynikające z nieprawidłowego doboru luzu są bezpośrednio związane z mechaniką odkształcenia plastycznego oraz stabilnością procesu tłoczenia. Ich eliminacja wymaga kompleksowego podejścia obejmującego dobór geometrii narzędzi, parametrów procesu oraz właściwości materiału. Tylko uwzględnienie wszystkich tych czynników pozwala na uzyskanie wyrobów o wysokiej jakości i powtarzalności.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.